**Zpracování půdy a zakládání porostů v podmínkách probíhající klimatické změny- nové technologie a jejich aplikace pro omezení projevů eroze a dalších negativních jevů.**

(komentovaný souhrn abstraktů, cílených na tématiku zpracování půdy, její erozní dopad a změny v technologiích zakládání porostů)

Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů na Zemi. Obecnou a nepříznivou vlastností je její pomalá obnovitelnost. Poškození půdního prostředí různými vlivy bývá patrné i po mnoho desítek (stovek) let od jejího rychlého a snadného poškození mnoha vlivy. Současné období je charakterizováno stoupajícím tlakem na produkční schopnost půdy spolu s leckdy nevhodnými technologickými systémy obhospodařování.

**Projevy eroze- největší nepřítel půd v ČR**

Mezi základní rizika pro snížení kvality zemědělské půdy patří vodní a větrná eroze, úbytek organické hmoty v půdě, omezení biologických aktivit v půdě a její zhutnění (Janeček et al, 2008). Při degradaci zemědělské půdy velmi často dochází ke kombinaci výše zmíněných jevů. Rovněž lze nalézt příčinnou souvislost mezi těmito nežádoucími jevy. Půda degradovaná jedním z těchto jevů ztrácí odolnost vůči dalším rizikům. Při hospodaření na půdě jakýmkoliv systémem by mělo být trvale v popředí zájmu uchování úrodnosti půdy a jejích ekologických funkcí (Hůla& Procházková, 2008).

Správné založení porostů v podzimním období patří mezi rozhodující parametry potenciální vysoké sklizně. Hlavní příčinou snížení výnosů mohou být problémy při zakládání porostů, které vznikají v důsledku nevhodné metody zpracování půdy. V této oblasti nelze úplně zavrhnou žádnou z používaných metod. Každá má své výhody a nevýhody. Volba vhodné metody založení porostu není v současné době závislá jen na vůli každého zemědělce. Nelze opomenout nařízení ochrany zemědělské půdy před vodní erozí (standardy DZES, dříve GAEC), které omezují některé druhy základního zpracování půdy. Tyto změny budou pravděpodobně narůstat s postupujícím rizikem vzniku eroze vzhledem k posunu srážkové činnosti směrem k výskytu velmi prudkých událostí spojených s krátkodobými vysokými úhrny s vysokou intenzitou (Kovář et al., 2017).

Podmínky České republiky jsou charakterizovány vysokou průměrnou svažitostí pozemků. Janeček et al. (2002) uvádí, že až polovina půdy v ČR je ohrožena erozí. Navíc je ČR charakterizována vysokou mírou zornění a největší průměrnou velikostí pozemků v celé EU. Kromě vodní a větrné eroze (která je bohatě a často studována) půdy dochází v podmínkách střední Evropy k poškozování kvality a úrodnosti půdy působením strojů a pracovních operací při zpracování půdy. Pro nežádoucí posun půdních částic při zpracování půdy se používá termín „tillage erosion“. Zvýšený zájem o studium eroze půdy spojené s jejím zpracováním se projevuje v posledních patnácti letech. Výrazný podnět ke studiu eroze zpracováním půdy dal zejména Govers (Govers et al. 1999).

Mezi procesy vodní eroze a eroze zpracováním půdy je vzájemná souvislost, přesto jsou tyto procesy zpravidla studovány odděleně (Wang et al. 2016). Poměrně podrobně byl studován posun půdních částic při primárním zpracování půdy zejména při orbě radličným pluhem a při zpracování půdy talířovými a radličkovými kypřiči. Méně experimentálních výsledků je k dispozici o přemísťování půdních částic stroji při sekundárním zpracování půdy (Li et al. 2007). Dále podle Li et al. (2007) je eroze zpracováním půdy dána konstrukcí pracovních nástrojů a jejich uspořádáním ve stroji, důležitá je geometrie pracovních nástrojů. Dále lze nalézt ovlivnění rychlostí stroje, způsobem uchycení k tažnému prostředku a v neposlední řadě i chování řidiče.

Většina těchto studií je zaměřena na primární zpracování půdy. Přitom některé operace sekundárního zpracování půdy mají větší erozivní působení než primární zpracování půdy. Závažnost eroze způsobované zpracováním půdy dokládá Lobb a Kachanoski. (1999). V podmínkách provincie Ontario v Kanadě způsobuje eroze zpracováním půdy nejméně 70% celkové ztráty půdy v místech terénních vyvýšenin. Podmínky ČR jsou samozřejmě odlišné, přesto eroze zpracováním půdy je důležitý faktor, který je třeba dále zkoumat. Rizikem sekundárního zpracování půdy z hlediska nežádoucího přemísťování půdních částic je to, že půda je v době její předseťové přípravy zpravidla snadno sypatelná, půdní částice se posunují nejen ve směru jízdy stroje, ale vlivem gravitace i ve směru se svahu dolů. Dalším rizikem je opakování zásahů předseťové přípravy půdy v krátkém časovém úseku. K nežádoucímu postupnému posunu půdních částic se svahu dolů proto dochází i při jízdách strojů pro předseťovou přípravu půdy ve směru vrstevnic, což je všeobecně doporučováno. Právě pro opakované přejezdy při předseťové přípravě půdy při různé svažitosti pozemků a při různém směru jízd strojů na svazích je nedostatek výsledků exaktních měření.

V běžně dostupných studiích je hodnocen zejména posun částic ve směru zpracování. Příčný přesun patří mezi dosud málo zkoumané jevy. Provedená měření ukazují vliv velikosti příčného svahu na směr posunu částic při sekundárním zpracování půdy (Novák et al., 2018). Nebyl přímo prokázán vliv násobných přejezdů. Rovněž nebyl zaznamenán vliv příčného svahu na průměrnou délku přesunu částic. Studium jevů příčného přesunu je teprve v začátku. Je třeba dále zkoumat účinek dalších strojů a technologií zpracování půdy. Je vidět, že i doporučované konturové obhospodařování svahů může mít dopad na posun částic ve směru ze svahu dolů. Příčný přesun a jeho účinek bude vždy samozřejmě menší než posun podélný, tj. ve směru zpracování půdy.

**Zpracování půdy**

Zpracování půdy bylo odedávna spojeno se snahou člověka o vytvoření co nejlepších podmínek pro růst požadovaných rostlin. V minulosti bylo zpracování půdy limitováno materiálovými možnostmi dané doby a rovněž využitím pouze lidské nebo zvířecí síly. Během vývoje zpracování půdy je patrná snaha o zvyšování jeho intenzity.

Teprve v několika poslední desetiletí je vidět snaha o optimalizaci zpracování půdy z hlediska potřeby rostlin, zachování úrodnosti půdy a také v neposlední řadě spotřeby energie. Rovněž je patrný důraz i na protierozní účinky zpracování půdy. Z tohoto důvodu se začaly vyvíjet nové technologie zpracování půdy a spolu s tím i stroje pro toto zpracování. Aktuálně dochází v podmínkách ČR ke změně přístupu ke zpracování půdy s ohledem na využití zásoby půdní vody i pro období beze srážek.

Zpracování půdy je popisováno jako mechanický zásah do půdy nebo promíchání půdy za účelem vytvoření co nejlepších podmínek pro růst a výživu rostlin. Rozrušuje agregáty, kompaktnost, půdní strukturu a mění velikost, distribuci i strukturu pórů, a tím tvoří žádoucí prostředí pro pohyb vzduchu a vody (Titi et al, 2002).

Postupy zpracování půdy lze obecně rozdělit podle intenzity, hloubky a způsobu kypření. V současné době jsou dvě základní technologie zpracování půdy, technologie s orbou (konvenční, tradiční zpracování) a technologie bez orby (minimalizační).

Technologie bez orby pro podmínky České republiky lze členit na:

- minimalizace s kypřením půdy do zvolené, zpravidla malé hloubky,

- půdoochranné zpracování, kde zůstává nejméně 30 % povrchu půdy po zasetí pokryto zbytky předplodiny nebo meziplodiny,

- přímé setí – setí do nezpracované půdy (Hůla et al. 2010).

Technologie bez orby jsou dlouhodobě v největší míře využívány v USA. Půdoochranné zpracování půdy zde bývá dále děleno na několik způsobů. Nejčastěji se hovoří o pěti typech půdoochranných technologií (Brady a Weil, 1999).

No-till (direct-drilling, zero-tillage) – půda je zpracovávána pouze při setí, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů.

Ridge-till (zpracování půdy s vytvořením hrůbků) – do hrůbků o výšce 100–150 mm jsou vysety širokořádkové plodiny, například kukuřice, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací. Vytvořené hrůbky mohou zůstat na pozemku i několik sezón, v jiném případě jsou každoročně obnovovány. Významná část rostlinných zbytků zůstává po zasetí na povrchu půdy.

Strip-till (zpracování půdy v pásech) – je označení pro technologii, u které se půda zpracovává v úzkých pruzích, do nichž je uloženo osivo, mezi těmito pruhy zůstává půda mechanicky nezasažena, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací.

Mulch till – je technologie, při níž po zpracování půdy zůstane nejméně 30 % rostlinných zbytků na nebo blízko povrchu půdy použitím radličkových, talířových a dlátových nástrojů pro zpracování půdy, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací.

Reduced-till – jiný systém zpracování půdy a setí, který zanechá nejméně 30 % pokryvnost rostlinných zbytků na povrchu půdy.

**Minimalizační a půdoochranné technologie- řešení pro suché roky?**

V současné době lze pozorovat snahy o zmírnění následků vodní eroze na zemědělské půdy. Ty jsou vyjádřeny závaznými pravidly. Zejména na svažitých pozemcích je nutné dodržovat podmínky správné zemědělské praxe v této oblasti (standardy DZES).

Velmi často je popisován příznivý vliv půdoochranných technologií na omezení vodní eroze půdy. Hlavním principem těchto technologií je využití organické hmoty (posklizňové zbytky předplodin, biomasa meziplodin) na povrchu půdy. Hmota pokrývá částečně povrch půdy a snižuje povrchový odtok i smyv zeminy. Rovněž lze využít i zapojený porost na povrchu. U půdoochranného zpracování půdy jde v podstatě o redukované obdělávání zmenšováním počtu pracovních operací, jejich slučováním při současné ochraně povrchu půdy rostlinnými zbytky. Tento systém ochrany půdy se též nazývá „konzervační“. V současné době význam těchto efektů narůstá i v souvislosti s prokázaným nižším odparem vody u půdy, která je pokrytá organickou hmotou. To dokazuje četné studie, které hodnotily fyzikální vlastnosti půdy a další měřitelné údaje- např. Tebrügge et al. (1999) nebo Shipitalo et al. (2000).

Je uváděno, že minimalizační technologie zpracování půdy snížily ztrátu půdy erozí o polovinu až dvě třetiny. Půdoochranné zpracování půdy může zvýšit kapacitu hydraulické vodivosti půdy, a tím i následně infiltraci vody do půdy (Dıaz-Zorita et al., 2002). Z tohoto důvodu může přispívat k snížení povrchového odtoku vody a rizika eroze půdy. Na druhou stranu zpracování půdy s orbou vytváří homogenní vrstvu půdy, která může snížit vsakování vody do půdy.

Při porovnání půdoochranného zpracování půdy s konvenčním se mění půdní struktura, která ovlivňuje schopnost půdy absorbovat a přemísťovat vodu. Z hlediska zpracování půdy mají fyzikální vlastnosti půdy prvořadou úlohu, protože především tyto vlastnosti rozhodují o tom, jakým způsobem je vhodné půdu obdělávat, jakých změn fyzikálních vlastností je třeba dosáhnout, aby fyzikální stav půdy byl pro pěstované rostliny nejpříznivější (Zhang et al., 2014).

Půda se po každém zpracování obvykle nachází v nestabilním nakypřeném stavu. Pórovitost se skokově zvýší a naopak objemová hmotnost klesá v celé zpracovávané vrstvě. Tyto parametry se ovšem budou časem opět měnit k původnímu stavu. Na vině je jak přirozené sesedání půdy, tak působení srážek, vysychání půdy, biologická činnost i další agrotechnické zásahy (Titi et al., 2002).

Změna půdní struktury po zpracování půdy dále přináší změnu hydraulické vodivosti a propustnosti pro vodu, teplo a vzduch. Zde je patrný vliv pórovitosti. Póry se dělí na ty, které vodu zadržují a na póry, jež podporují odtok vody. Intenzita zpracování půdy odráží orientaci půdní struktury, respektive pórů.

**Orba – stále aktuální**

Použití pluhu jako základního nástroje pro zpracování půdy má na našem území velkou tradici. Rovněž můžeme být pyšní na řadu konstrukčních zlepšení používaných dodnes, které vznikly na našem území. Přesto je však historie orby daleko delší.

Orba je vhodnou technologií pro zapravení rostlinných zbytků pod povrch půdy. To je výhodné při zapravování například statkových hnojiv z hlediska emisí, i zeleného hnojení a podobně. Orba má rovněž výrazný regulační efekt vytrvalých plevelů (např. pýr). Dnes tato výhoda není příliš zdůrazňována. Zde je však nutné zmínit možný zákaz používání neselektivních herbicidů na bázi glyfosátu, který by znamenal zcela zásadní změnu přístupu k problematice primárního zpracování půdy. Ne vždy lze zapravení zbytků považovat za výhodné řešení. Orba při konvenčním zpracování utužuje půdu pod zoranou vrstvou, zanikají povrchové kapilární póry, přibývá nerozložených rostlinných zbytků a vzrůstá utužení povrchové vrstvy půdy. Vlivem dlouhodobé kultivace mají konvenčně zpracovávané půdy tendenci zmenšovat objem pórů v ornici, naopak na bezorebně zpracovávaných půdách se objem pórů s časem zvyšuje (Roth et al., 1988).

**Vliv půd nelze pominout!**

Z této problematiky se ovšem nedá vyloučit rozdílné chování různých typů půd. Typické pro těžší půdy je, že půda, která se několik let zpracovává minimalizačním způsobem, měla vyšší pórovitost než půda oraná. Na druhé straně na písčitých půdách nelze často pozorovat rozdíl nebo dokonce i opačný efekt lepších vlastností u oraných ploch.

Častým rizikem u konvenčně obhospodařovaných ploch je vznik půdní krusty. Je to vrstva, která se vytváří vyschnutím dispersní formy půdy na povrchu. Ta vznikla přemístěním zeminy částečným povrchovým odtokem a zejména rozbitím půdních agregátů vlivem kinetické energie dopadajících kapek při srážce. Takto vzniklá vrstva půdy je mnohem hůře prostupná pro vodu i vzcházející rostliny. Tvorba půdní krusty může utěsňovat povrch půdy, který se stává pro vodu méně propustný. Dojde tedy ke skokovému snížení pórovitosti půdy v této oblasti a těsně pod ní.

Závěrem lze tedy říci, že většina studií sice potvrzuje toto tvrzení, avšak snadno lze nalézt i pravý opak, který naopak dokazuje příznivý efekt správně provedené orby na fyzikální vlastnosti půdy (Hanna et al., 1995).

**Orba- erozní příčina?**

Z hlediska protierozní ochrany půdy je orba vnímána většinou rizikově. Největší nebezpečí pro půdu představují nevhodným způsobem založené porosty širokořádkových plodin, zejména v počátečním vývojovém stadiu. Ne vždy toto však platí. Například správně provedené orba (hřebenitost, směr jízd) i na svahu vykazuje vhodné podmínky pro zachytávání vody. Větší riziko představuje půda po provedení předseťové úpravy (hladký povrch). Orba je z pohledu protierozních opatření vnímána jako „konstantní“ operace, což lze považovat za zjednodušení. Patří mezi zpracování půdy, které je velmi kvalitativně náchylné na vhodné podmínky provedení. Mezi tyto podmínky patří zejména směr jízdy, řemeslné provedení, nastavení pluhu a další. Rovněž při orbě nedochází k tak velkému posunu půdních částic ve směru jízdy jako u technologií minimalizačních. V žádném případě nelze souhlasit s názory, že orba poškozuje půdu, erozně ji ohrožuje a podobně. Vždy je třeba zvážit konkrétní podmínky práce. Naopak byl prokázán příznivý efekt orby na problematiku snížení eroze zpracováním půdy, kdy při využití oboustranného pluhu při orbě po vrstevnici dochází k transportu částic z níže položených míst na místa výše (Hůla et al., 2016). Proto nelze souhlasit s jednostranným a zjednodušujícím zařazením orby mezi operace s negativním erozním vlivem. Vždy je třeba chápat celkový pohled, nikoliv dílčí závěry z celé problematiky.

**Hlubší kypření bez obracení půdy**

V souvislosti s nárůstem hmotnosti zemědělské techniky a rovněž často i nevhodnými půdními zásahy lze hovořit o výskytu technogenního zhutnění půdy. To bývá způsobeno mnoha faktory, jako je nevhodné zpracování půdy, špatně zvolený termín pracovních operací a mnoho dalších. Běžné zpracování půdy s hloubkou 15–25 cm nedokáže často tento problém odstranit. To platí jak pro konvenční, tak bezorebné systémy.

Nadměrně zhutnělá vrstva bývá často k nalezení pod obvyklou hloubkou zpracování půdy. Výskyt zhutnělé vrstvy potom znesnadňuje infiltraci vody do půdy, naopak zabraňuje kapilaritě spodní vody a v některých případech brání i růstu kořenového systému rostlin. To je vidět zejména u hlouběji kořenících rostlin (v podmínkách ČR často řepka). Jednou z možností nápravy tohoto problému je použití hloubkového kypření. Používají se různé druhy kypřičů, které zpracovávají půdu do hloubky 30 až 50 cm bez vynášení zeminy z hlubších vrstev k povrchu půdy. Je zbytečné snažit se o maximální hloubku kypření za všech podmínek. K identifikaci půdního zhutnění je možné využít např. přenosný penetrometr. Kypření je nutné provádět na hloubku o něco vyšší než je hloubka zhutnělé vrstvy.

Intenzita kypření je dána typem kypřicích radlic, pracovní rychlostí a vybavením kypřiče drobícím zařízením. Dlátové kypřiče se šikmými slupicemi opatřenými ostřím kypří půdu podpovrchově s minimálním narušením povrchu půdy a ponecháním zbytků na povrchu ornice.

Pro tento způsob kypření se používají mimo jiné kypřiče se šikmo postavenými slupicemi, které zabraňují vzniku výraznější rýhy při kypření půdy. Při kypření se zvedá celý odříznutý blok zeminy, rozlamuje se a drobí. Při zpětném pohybu se proces narušení půdního monolitu od povrchu půdy do hloubky kypření dokončuje (Novák et al., 2015).

Je třeba si uvědomit, že hloubkové kypření je velice energeticky náročný proces a je nutné jej provádět pouze za optimálních vlhkostních podmínek. V případě práce při vysoké půdní vlhkosti nemusí dojít k požadované nápravě, ale naopak zhoršení půdních podmínek.

**Vertikální zpracování půdy**

V poslední době dochází k poměrně častému použití strojů, které půdu zpracovávají v celém profilu a zároveň upravují i povrch. Bývají často označovány jako dlátové pluhy, i když jejich práce se od klasických radličných pluhů liší (Hůla et al., 2010).

Tyto stroje mohou být zajímavou alternativou pro základní zpracování půdy. Částečně kombinují vlastnosti klasických pluhů a kypřičů. V oblasti výskytu zhutnělých půd lze použití těchto strojů doporučit i vzhledem k faktu, že většinou půdu zpracovávají hlouběji než klasické radličné pluhy. Oproti klasickým radličným pluhům dochází i k zanechání části rostlinných zbytků na povrchu.

V poslední době je patrné i rozšiřování strojů, které využívají několik druhů pracovních orgánů. Ty půdu zpracovávají s různou intenzitou na různou hloubku. Často se jedná o poměrně hluboké kypření, ale zároveň i úpravu povrchu například pro setí. To bývá někdy označováno jako „vertikální“ zpracování půdy. Výhodou tohoto postupu může být požadované zpracování jedním přejezdem a rovněž příznivý vliv na půdní strukturu zejména při využití hlubšího prokypření. Je tedy dosaženo obdobného efektu jako u několika technologií zpracování půdy. Lze však konstatovat, že může dojít zejména k úspoře půdní vláhy vlivem zkrácení technologických intervalů, což je požadovaný stav.

**Závěr**

I přes úvahy o úplném vytlačení orby bezorebným zpracováním půdy jednoznačně platí, že orba má stálé místo u základního zpracování půdy. V oblasti pluhů neustále dochází k dílčím zlepšením jejich konstrukce. Ty se týkají podmínek práce pluhů, možnosti nastavení, více automatizovaných funkcí a v neposlední řadě i geometrie a kvalitativních parametrů opotřebitelných dílů. O volbě vhodné technologie samozřejmě musí každý zemědělec rozhodnout sám na základě svých zkušeností a zejména lokálních podmínek hospodaření. V oblasti bezorebných technologií je patrný postupný nárůst hloubky zpracování půdy (často i hlouběji než orba). Snahou je také omezování počtu přejezdů po pozemku. Stroje jsou čím dál častěji osazovány pracovními nástroji pro zpracování různých vrstev půdy.

Snahou každého zpracování by mělo být zajištění optimálních podmínek pro růst plodin při zachování kvality půdy a zabránění její degradace. Nelze opomenout ani soudobé změny v podmínkách hospodaření. Celkový úhrn srážek sice může být dlouhodobě podobný, avšak jejich rozložení a lokálnost mohou dosahovat obrovské variability. Do popředí se tam mohou dostávat systémy lépe pracující s využitím kapilární vody a naopak umožňující rychlé vsáknutí vody do hlubších vrstev půdy během výskytu intenzivních srážek.

V neposlední řadě je třeba zmínit i problematiku změn v oblasti používání pesticidů. Stoupající důraz na udržitelnost technologií časem pravděpodobně povede k zákazu některých účinných látek. V oblasti zpracování půdy to pak naopak může znamenat opětovný zájem o technologie, které otáčí půdní profil, stejně jako o systémy mechanické likvidace plevelů na orné půdě. Neznámých faktorů je tedy celá řada, avšak soudobé poznatky dávají poměrně dobré odpovědi na aplikaci těchto systémů nejen v podmínkách ČR.

**Použitá literatura:**

1. Brady, N. C., & Weil, R. R. (1999). Soil organic matter. The nature and properties of soils. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 446-490.
2. Dıaz-Zorita, M., Perfect, E., & Grove, J. H. (2002). Disruptive methods for assessing soil structure. Soil and Tillage Research, 64(1-2), 3-22.
3. Govers, G., Lobb, D. A., & Quine, T. A. (1999). Tillage erosion and translocation: emergence of a new paradigm in soil erosion research. Soil & Tillage Research.
4. Hanna, H. M., Melvin, S. W., & Pope, R. O. (1995). Tillage implement operational effects on residue cover. Applied Engineering in Agriculture, 11(2), 205.
5. Hůla, J., & Procházková, B. (2008). Minimalizace zpracování půdy. Profi Press.
6. Hůla, J. (2010). Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika. Výzkumný ústav zemědělské techniky.
7. Hůla, J., & Novák, P. (2016). Translocation of soil particles during primary soil tillage. Agronomy Research, 14(2), 392-399.
8. Janeček, M. (2002). Ochrana zemědělské půdy před erozí. 1. vyd. Praha: ISV, 2002. 201 s.
9. Janeček, M. (2008). Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita.
10. Kovář, S., Mašek, J., & Novák, P. (2017). Comparison of tillage systems in terms of water infiltration into the soil during the autumn season.
11. Li, S., Lobb, D. A., & Lindstrom, M. J. (2007). Tillage translocation and tillage erosion in cereal-based production in Manitoba, Canada. Soil and Tillage Research, 94(1), 164-182.
12. Lobb, D. A., & Kachanoski, R. G. (1999). Modelling tillage erosion in the topographically complex landscapes of southwestern Ontario, Canada. Soil and Tillage Research, 51(3-4), 261-277.
13. Novak, P., Masek, J., Benes, L., & Kumhalova, J. (2015). Evaluation of qualitative parameters of selected soil tillage machines for loosening soil without turning. Engineering for Rural Development, 2015, 16-21.
14. Novák, P., & Josef, H. (2018). Translocation of soil particles during secondary soil tillage along contour lines. Water, 10(5), 568.
15. Roth, C. H., Meyer, B., Frede, H. G., & Derpsch, R. (1988). Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Parana, Brazil. Soil and tillage research, 11(1), 81-91.
16. Shipitalo, M. J., Dick, W. A., & Edwards, W. M. (2000). Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. Soil and tillage research, 53(3-4), 167-183.
17. Tebrügge, F., & Düring, R. A. (1999). Reducing tillage intensity—a review of results from a long-term study in Germany. Soil and tillage research, 53(1), 15-28.
18. Titi, A. (2002). Soil tillage in agroecosystems. CRC press USA, 202 p..
19. Wang, Y., Zhang, J. H., Zhang, Z. H., & Jia, L. Z. (2016). Impact of tillage erosion on water erosion in a hilly landscape. Science of the Total Environment, 551, 522-532.
20. Zhang, G., Liu, G., Zhang, P., & Yi, L. (2014). Influence of vegetation parameters on runoff and sediment characteristics in patterned Artemisia capillaris plots. Journal of Arid Land, 6(3), 352-360.

**Zpracoval:** Ing. Petr Novák, Ph.D, Česká zemědělská univerzita v Praze, novakpetr@tf.czu.cz