



Varianty s důlkováním a sběrné kolektory z 11. 7. Foto Josef Vacek

# Udržitelné technologie pro úsporu vody u širokořádkových plodin

**Souhrn:** Článek hodnotí dvě technologie na úsporu vody. V roce 2016 byly testovány technologie kapkové závlahy a důlkování na pozemcích s písčitolinitou půdou při pěstování brambor (průměrný roční úhrn srážek 690 mm, průměrná roční teplota 7 °C). Byly zjištěny významné úspory vody. Účinek kapkové závlahy a její intenzita se projeví na výnosu brambor. Na závlaze s minimální intenzitou, spouštěné při 15% vlhkosti půdy, se projevily vyšší výnos o 15–19 % oproti variantě bez závlahy. Potenciální úspora vody u technologie důlkování představovala 57 % (3761 litrů z 6551 litrů v období 20. 6. – 2. 9. na 120 m<sup>2</sup>) objemu vody, která byla využita při kapkové závlaze s minimální intenzitou. Technologie důlkování zadržela množství vody, odpovídající 17 % pozorovaných srážek (42 mm z 250 mm v období 9. 5. – 19. 9.). Snížení eroze představovalo 42 kg půdy z plochy 22,5 m<sup>2</sup>. Účinnost důlkování dosahovala více než 85 %. Propojení obou technologií kapkové závlahy a důlkování je vhodné pro dosažení co nejvyšší úspory vody a zásobení vodních zdrojů a snížení jejich čerpání.

**Klíčová slova:** úspora vody, retence, eroze půdy, závlaha, důlkování, výnos

## Sustainable technologies for water conservation of wide-rows crops

**Summary:** The article evaluates two technologies for water conservation. Drip irrigation and tied ridging were tested in field trials on potatoes in sandy-loam soil in 2016 (mean yearly rainfall 690 mm, mean yearly temperature 7 °C). Significant water conservation was achieved. Drip irrigation and its intensity positively affected the yield of potatoes. With variant of low intensity drip irrigation, which was triggered when soil moisture went below 15 %, the yield was 15–19 % higher compared to non-irrigated variant. Potential for water conservation with tied-ridging technology represented 57 % (3761 liters of 6551 liters in time 20.6. – 2.9. on 120 m<sup>2</sup>) of the water, which was used at the low intensity drip irrigation variant. Tied-ridging technology helped retain amount of water, corresponding to 17 % of observed rainfall (42 mm of 250 mm in time 9. 5. – 19. 9.). Mitigation of soil erosion was 42 kg from area 22,5 m<sup>2</sup>. Efficiency of tied-ridging achieved more than 85 %. Combination of both technologies of drip irrigation and tied-ridging is suitable for achieving the highest water retention and mitigation of exploitation of water resources.

**Keywords:** water conservation, retention, soil erosion, irrigation, tied-ridging, basin tillage, crop yield

Hospodaření s vodou se v současnosti stává častěji zmiňovaným tématem v běžném životě každého z nás. V důsledku adaptace na klimatické změny jsme nuceni jako společnost přicházet s novými technologiemi, kterými dokážeme provádět udržitelné vodní hospodářství a zmírňovat extrémní v podobě sucha a povodní. Zemědělství poskytuje možnosti realizace adaptace

na změnu klimatu zejména pomocí technologií zpracování půdy a závlah. Dostatek a nedostatek srážek, stejně tak jako povodně a sucha jsou z hlediska vody dvě strany jedné mince. V roce 2016 byly na Vysočině poblíž Havlíčkova Brodu ve Valečově provedeny pokusy s kapkovou závlahou a technologií důlkování jako možná řešení k zajištění úspor vody a omezení eroze půdy při pěstování

brambor. Z meteorologické stanice v těsné blízkosti pozemků byla zpracována data srážek za období 1986–2016. Cílem pokusů bylo zjistit, jak množství vody ovlivní výnos brambor a jaký vliv má důlkování na úsporu vody a erozi půdy.

## Materiál

Pokusné pozemky (N 49°38'16", E 15°29'20") se nacházely na Vysočině

u Havlíčkova Brodu v těsné blízkosti vedle sebe ve výšce 450 m n. m. na písčitolinité půdě. Průměrná roční teplota pro oblast je 7 °C a roční úhrn srážek činí 690 mm.

Na pokusu se závlahami byly porovnávány výnosy odrůdy Monika a Jolana na variantách bez závlahy a s různou intenzitou kapkové závlahy. Odrůdy byly založeny ve třech řádcích a výnos byl stanovován ze





Zaplňené rezervovány z 22. 6.

Foto Josef Vacek



Zapřavovač hadic

Foto Daniel Vejchar

čtyř opakování. Celková délka pozemku byla 53 m a šířka tří řádků byla 2,25 m. Kapkovou závlahu představoval systém od firmy AGROFIM CZECH s. r. o., který je tvořen řídicí jednotkou s čerpadlem a vlhkostním čidlem a hadicemi s kapkovači o rozteči 0,5 m. Instalace hadic je v současnosti na pokusech řešena pomocí funkčního vzorku zapřavovače Výzkumného ústavu zemědělské tech-

niky, v. v. i., Praha (VÚZT). Závlahy se lišily spouštěním čerpadla při vlhkosti půdy 15 %, 20 % a 25 %. Varianty se dále lišily přihnojením dusíkem. Fenologická fáze kvetení u brambor probíhá 50 až 60 dní od sadby, proto spuštění závlahy proběhlo na konci června (20. 6. 2016) a bylo ukončeno na začátku září (2. 9. 2016). Závlahová dávka u jednotlivých intenzit byla vždy pro šest řádků (tři řádky odrůdy Monika na ploše 120 m<sup>2</sup> a tři řádky odrůdy Jolana na ploše 120 m<sup>2</sup>).

Na druhém pokusu se sklonem svahu 5° byla v technologii odkamenění provedena varianta s důlkováním. Pozemek byl 10 m dlouhý a rozteč řádků byla 0,75 m. Důlkováním byly při sázení, provedeném na začátku května, vytvořeny pomocí důlkovacího adaptéru rezervovány s objemem 1,5–2 litry o délce 0,4 m, šířce 0,25 m, hloubce 0,09 m a předhrázím 0,1 m. Rezervovány byly obnoveny 23. 6. protierozní plečkou. Pomocí sběrných kolektorů bylo v průběhu roku ve dvanácti termínech analyzováno množství erodované půdy a odtěklé vody z tří středových brázd s technologií a bez technologie důlkování. Z porovnání plochy tří řádků a mezi nimi dvou středových brázd byl spočítán přepočtový koeficient pozemků (7,96). Z přilehlé meteorologické stanice byly analyzovány srážky.

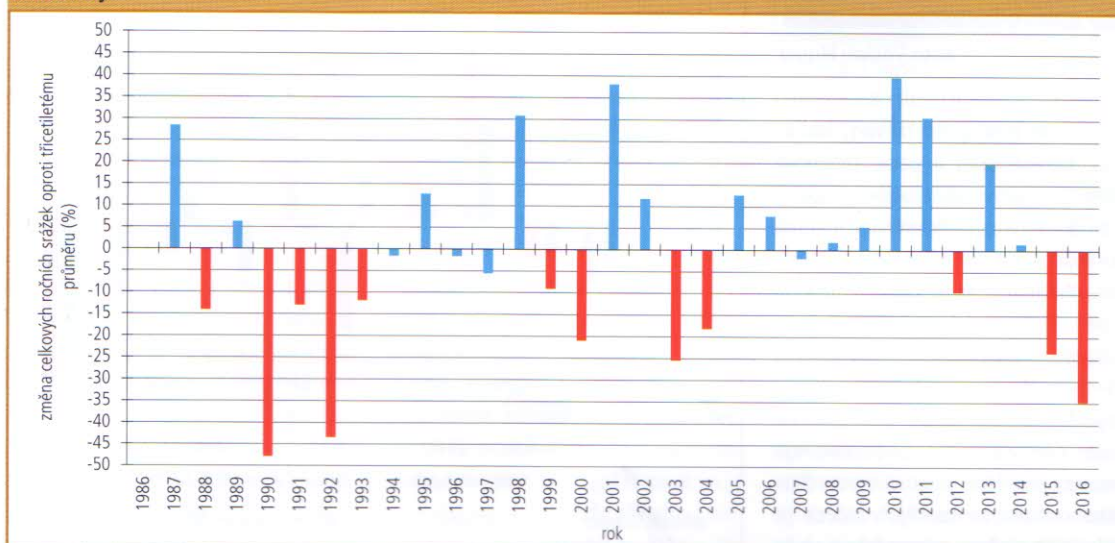
### Výsledky

Při pohledu na analýzu srážek za posledních třicet let lze konstatovat, že se nyní pravděpodobně nachází-

Tab. 1 – Porovnání výnosů jednotlivých variant a spotřeba vody na pokusu se závlahou

| Odrůda | Výnos (t/ha)                                     |                   |                 |                   |
|--------|--|-------------------|-----------------|-------------------|
|        | bez závlahy                                      | minimální závlaha | střední závlaha | maximální závlaha |
| Monika | 63,2   | 75,1              | 84              | 94,3              |
|        | nárůst výnosu (%)                                | 18,8              | 32,9            | 49,2              |
|        | spotřeba vody na ploše 120 m <sup>2</sup> (litr) | 6 551             | 11 865          | 19 449            |
| Jolana | 65,9   | 75,8              | 80,6            | 97,2              |
|        | nárůst výnosu (%)                                | 15,0              | 22,3            | 47,5              |
|        | spotřeba vody na ploše 120 m <sup>2</sup> (litr) | 6 551             | 11 865          | 19 449            |

Graf 1 – Změna srážek 1. květen až 30. září (%) oproti třicetiletému průměru 1986–2015 (407 mm), červeně jsou označeny suché roky







Tab. 2 – Bilance úhrnu srážek a povrchového odtoku při použití technologie důlkování

| Úhrn srážek  | Před obnovou rezervoárů |            |              |           |            | Po obnově rezervoárů (23. 6.) |               |            |            |            |           |               |
|--|-------------------------|------------|--------------|-----------|------------|-------------------------------|---------------|------------|------------|------------|-----------|---------------|
|  | 75,5 mm                 |            |              |           |            | 174,2 mm                      |               |            |            |            |           |               |
| Úhrn srážek (mm/m <sup>2</sup> )   | 18,3                    | 11,5       | 10,7         | 27,1      | 7,9        | 23,9                          | 56,0          | 15,0       | 20,2       | 20,4       | 23,5      | 15,2          |
| Maximální denní úhrn srážek (mm/den)   | 12,1                    | 9,3        | 7,2          | 18,2      | 6,0        | 16,9                          | 31,6          | 15,0       | 12,2       | 20,4       | 13,2      | 5,7           |
| Maximální intenzita srážek (mm/15 min)   | 5,8                     | 7,0        | 1,0          | 5,1       | 1,0        | 2,0                           | 2,0           | 2,5        | 6,0        | 6,4        | 2,5       | 2,5           |
| Číslo a doba odběru  | I.                      | II.        | III.         | IV.       | V.         | VI.                           | VII.          | VIII.      | IX.        | X.         | XI.       | XII.          |
|  | 9.–16. 5.               | 17.–30. 5. | 31. 5.–5. 6. | 6.–15. 6. | 16.–21. 6. | 22.–27. 6.                    | 28. 6.–14. 7. | 15.–24. 7. | 25.–29. 7. | 30.–31. 7. | 1.–22. 8. | 23. 8.–19. 9. |
| Objem srážek na dopadovou plochu 22,5 m <sup>2</sup> (litr)                          | 412                     | 259        | 241          | 610       | 178        | 538                           | 1 260         | 338        | 455        | 459        | 529       | 342           |
| <b>Středová brázda – 3 x 0,75 m x 10 m</b>   |                         |            |              |           |            |                               |               |            |            |            |           |               |
| Povrchový odtok (litr)   | 68,1                    | 51,8       | 24,1         | 165,6     | 9,7        | 110,2                         | 263,8         | 82,0       | 122,7      | 121,6      | 64,3      | 19,4          |
| Podíl povrchového odtoku na srážkách (%)   | 16,5                    | 20,0       | 10,0         | 27,2      | 5,5        | 20,5                          | 20,9          | 24,3       | 27,0       | 26,5       | 12,2      | 5,7           |
| <b>Středová brázda s rezervoárem – 3 x 0,75 m x 10 m</b>                             |                         |            |              |           |            |                               |               |            |            |            |           |               |
| Povrchový odtok (litr)   | 10,2                    | 10,0       | 5,0          | 63,8      | 3,3        | 10,0                          | 17,7          | 3,8        | 6,8        | 7,4        | 10,4      | 4,2           |
| Podíl povrchového odtoku na srážkách (%)   | 2,5                     | 3,9        | 2,1          | 10,5      | 1,8        | 1,9                           | 1,4           | 1,1        | 1,5        | 1,6        | 2,0       | 1,2           |
| <b>Ušetřená voda</b>   |                         |            |              |           |            |                               |               |            |            |            |           |               |
| Množství neodteklé vody na mm srážek (mm/m <sup>2</sup> )                            | 2,6                     | 1,9        | 0,8          | 4,5       | 0,3        | 4,5                           | 10,9          | 3,5        | 5,2        | 5,1        | 2,4       | 0,7           |
| Potenciální ušetřené množství vody na pozemku se závlahou (litr/120 m <sup>2</sup> ) | 308                     | 222        | 102          | 541       | 34         | 532                           | 1 307         | 415        | 615        | 606        | 286       | 81            |



Důlkovací adaptér na sazeči

Foto Václav Mayer

me v cyklu, kdy se celorepublikově nebo lokálně vyskytují významné deficity srážek. Ve vegetační sezóně se tyto deficity mohou ještě více prohlubovat (graf 1). Detailní pohled na průběh sezóny květen až září za posledních pět let (2012–2016) nám ukazuje na odlišné poklesy nebo nárůsty srážek během měsíců v porovnání s dlouhodobým průměrem srážek v jednotlivých měsících (graf 2). Při deficitech srážek lze významně snížit vliv na vegetaci kapkovou závlahou. Kapková závlaha přináší

výrazné snížení spotřeby vody závlahou, minimalizaci výparu, možnost přihnojení přímo do závlahové dávky a zvýšení výnosu. Porovnání výnosů potvrdilo významný vzrůst výnosu při aplikaci kapkové závlahy (graf 3 a tab. 1). U závlahy s minimální intenzitou představoval nárůst výnosu 15–19 %.

Zajištění zdrojů vody pro závlahy může představovat v budoucnu významný problém. Snižování povrchového odtoku ze spadlých srážek je důležitým prvkem pro zadržení vody

v krajině a zajištění zásobení podzemních a povrchových vod.

V průběhu roku se vyskytují srážkové události, při kterých dochází k povrchovému odtoku srážek a k erozi půdy. I v sušších ročních se pohybuje četnost těchto srážek od 4 do 12 událostí za rok (graf 4). Vyšší četnost těchto srážek je v období květen až září (graf 5). Za erozní srážku je považován srážkový úhrn 12,5 mm/den nebo 6 mm/15 min (Středová a kol. 2014).

V roce 2016 se vyskytly erozně nebezpečné srážky (graf 6). Rezervoáry ve středové brázdě zadržely významné množství vody, která na kontrolní variantě odtékla pryč z pozemku (tab. 2).

Většina erodované půdy byla u varianty s důlkováním splavována do rezervoárů, kde se následně usazovala, a tím docházelo ke snížení retenčního objemu rezervoáru. Proto byly po třetinu vegetační sezóny rezervoáry obnoveny a opětovně zvýšen jejich

Graf 2 – Změna srážek (%) v průběhu jednotlivých měsíců vegetační sezóny během let 2012–2016



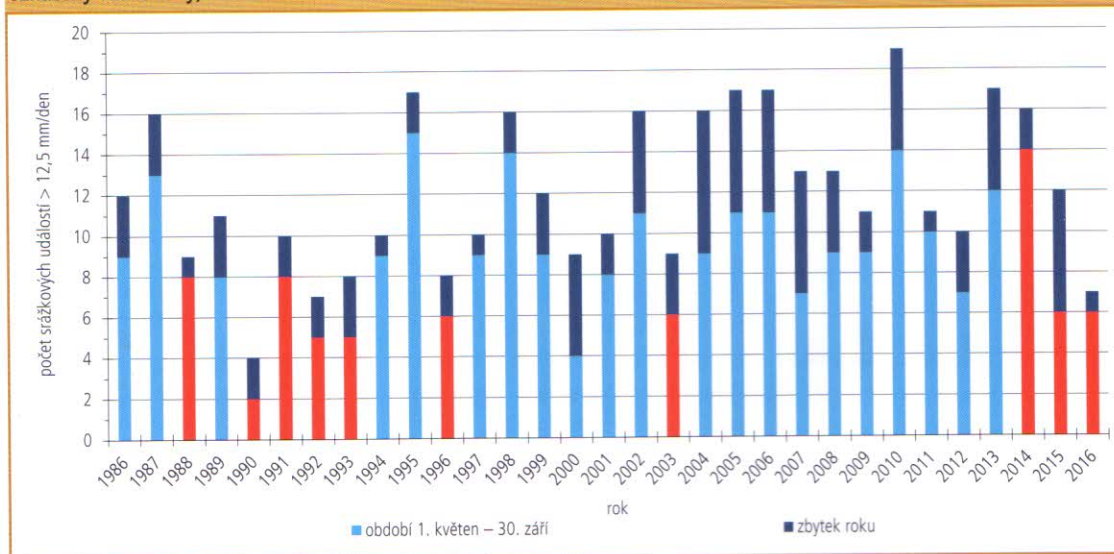




Graf 3 – Výnosy odrůd (t/ha) Jolana a Monika a vliv různé intenzity závlahy a hnojení dusíkem (A – 120 kg N/ha před výsadbou, B – 60 kg N/ha před výsadbou + 60 kg N/ha během vegetace)



Graf 4 – Počet srážkových událostí větších 12,5 mm/den a podíl období květen až září v letech 1986–2016 (červeně označeny suché roky)



objem. Po obnově rezervoárů bylo mezi VI. a XI. odběrem (23. 6. – 23. 8.) zadrženo 3762 litrů vody. Toto množství vody odpovídalo při přepočtu na stejně velkou plochu 57 % spotřebované vody na variantě s minimální intenzitou závlahy (tab. 1 a 2). Celkové množství vody, která v důsledku zadrženi rezervoáry neodtekla, představovalo 17 % ze spadlých srážek v pozorovaném období (42 mm z 250 mm v období 9. 5. – 19. 9.). Snížení eroze představovalo 42 kg půdy z plochy 22,5 m<sup>2</sup> (2,3 kg x 44,5 kg). Účinnost technologie důlkování byla více než 90 %. Při srážkách do 6 mm

u důlkování docházelo k povrchovému odtoku do 2 %. Rezervoáry snižovaly intenzitu povrchového odtoku při vyšších srážkách oproti variantě bez důlkování (tab. 2).

### Diskuse

Pořízení závlah záleží na jejich rentabilitě. Zavadiel, Doležal a Vacek (2005) uvádí rentabilitu od výnosu 40 t/ha. Autoři zmiňují závlahu postřikem jako méně nákladnou, ale zároveň dodávají očekávanou vyšší spotřebu vody. Schock a kol. (2013) poukazují na vyšší spotřebu vody závlahou postřikem nežli kapkovou závlahou. Ve

studii z Thajska Keeratiuraie (2013) naměřil na různých plodinách (sójové boby, salát, kapusta) o 50 % nižší spotřebu vody u kapkové závlahy. Dvojnásobnou úsporu vody a zvýšení výnosu o 50 % u kapkové závlahy oproti závlaze postřikem dosáhl na pokusech s paprikou na jižní Moravě Pilař (2013). Snížení spotřeby vody zvyšuje výrazně rentabilitu kapkové závlahy a snižuje čerpání vodních zdrojů pro závlahu. Technologie důlkování podporuje zásobení vodních zdrojů. Jako účinné opatření na snížení povrchového odtoku a eroze půdy z pozemku uvádí důlkování

v meziřadí brambor Gordon a kol. (2011). Na pozemcích o délce 25 m a sklonu 3–5° dosáhl redukcí o 75 % u odtoku a o 89 % u eroze. Důlky byly jeden metr dlouhé s objemem 5,25 litru. Retenční objem byl na konci sezóny o třetinu menší. Olivier a kol. (2011) prováděli studie na pozemcích o délce 30 m s délkou hrázek 1,6 m a uvádí velký vliv na snížení účinnosti technologie díky extrémní srážce. Do srpnové přívalové srážky (106. den) s úhrnem 40 mm kvantifikovali odtok nižší o 85 % a po ní pouze o 10–20 %. Autoři dosáhli na pokusech za 120 dní celkově o 50 % nižší odtok hrázkovačem oproti konvenční technologii. Vejchar a kol. (2017) uvádí o 40 % vyšší erozi půdy a povrchový odtok v kolejových stopách traktoru oproti brázdě mezi koly traktoru. Důlkováním v kolejových stopách dospěli k redukcí 40 % u povrchového odtoku a 70 % u eroze půdy. Po obnovení rezervoárů po třetinu sezóny se účinnost zvýšila na 87 % a 96 %.

Eroze půdy zanášá vodní nádrže a snižuje jejich zásobní prostor. Mikšíková (2013) uvádí zmenšení retenčního prostoru 14 ha Jezuitského rybníka na Vysočině o 25 % za 15 let. Objem sedimentů z okolních pozemků činil 140 000 m<sup>3</sup>. Podobné objemy za 32 let uvádí Krása a kol. (2005) na 94 ha vodní nádrži Vrchlice na Kutnohorsku.

### Závěr

Spojení úsporných technologií kapkové závlahy a technologie důlkování představuje při pěstování širokořádkových plodin zajímavý směr. Technologiemi lze zajistit udržitelný výnos plodin při deficitu srážek a zároveň podpořit zásobování povrchových a podpovrchových vod v dlouhodobém měřítku.

Funkční závlahové systémy v České republice zaujímají 1,8 % orné půdy. Inventarizaci závlahových systémů provádí postupně Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v Praze-Zbraslavi, který spravuje mapový Informační systém melioračních staveb. V budoucnu lze očekávat vzrůst podílu závlahových systémů, které umožní překlenout období sucha, avšak problémem bude zajištění zdroje vody pro závlahu.





Protierozní plečka Kovo Novák

Foto Jan Novák

Technologie důlkování snižuje množství povrchového odtoku, podporuje zvýšení objemu zdrojů vody pro závlahu, zvyšuje zadržení vody v krajině a oddaluje aplikaci závlahové dávky. Plodiny pěstované v řádcích s velkou roztečí jsou nejnáchylnější k erozi půdy a představují 17 % osevních ploch v České republice. Technologií důlkování můžeme výrazně snížit erozi půdy, která zanáší vodní nádrže a redukuje objem vody, která je využitelná pro závlahu. Kapkovou závlahou můžeme využít tuto vodu co nejefektivněji a snížit významně spotřebu vody, která je využívána pro závlahu. U důlkovací technologie by se neměly opomíjet stopy kol traktoru, v kterých je množství povrchového odtoku vody a eroze půdy vyšší oproti variantě mezi koly. Technologie kapkové závlahy a důlkování jsou jedním z řešení, jak podpořit udržitelnost vodních zdrojů pro pěstování plodin v zemědělství, zajistit zvýšený výnos v období s deficitem srážek a zvyšovat zadržení vody v krajině. \*

Výsledky uvedené v článku vznikly v rámci institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj VÚZT, v. v. i., RO0616, podpory výzkumného projektu TAČR TA02020123 a projektu MZe ČR NAZV QJ1610020. Oponentský posudek vypracoval prof. Ing. Josef Hůla, CSc., z České zemědělské univerzity v Praze.

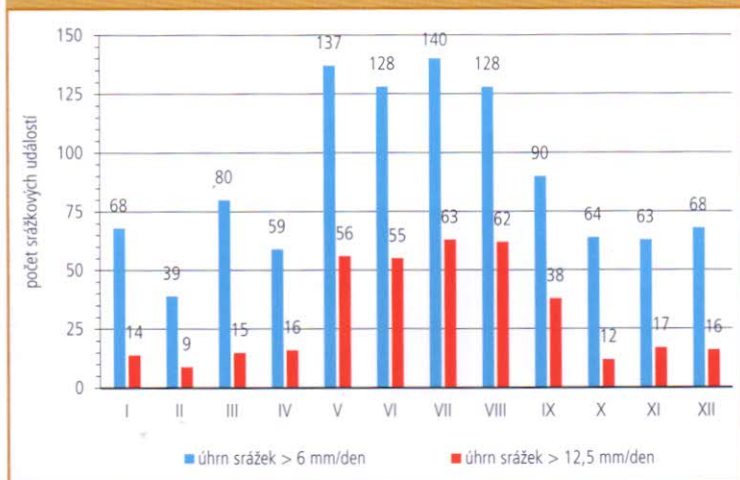


Mgr. Martin Stehlík,  
Ing. Václav Mayer, CSc.,  
Ing. Daniel Vejchar,  
Výzkumný ústav zemědělské techniky,  
v. v. i., Praha,  
Ing. Josef Vacek, CSc.,  
Ing. Pavel Kasal, Ph.D.,  
Výzkumný ústav Bramborářský, s. r. o.,  
Havlíčkův Brod

## Použitá literatura:

- 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 field in Prince Edward Island. *Agricultural Water Management*, no. 98 (12), p. 1782-1788, ISSN 0378-3774.
- KEERATIURAI P., 2013: Comparison of drip and sprinkler irrigation system for the cultivation plants vertically. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, no.11 (8), ISSN 1990-6145, 5 p.
- KRÁSA J., DOSTÁL T., ROMPAEY A., VASKA J., VRÁNA K., 2005: Reservoirs siltation measurements and sediment transport assessment in the Czech Republic, the Vrchlice catchment study. *Catena*, no. 64 (2-3), p. 348-362, ISSN 0341-8162.
- MYKŠÍKOVÁ K., 2013: Bilance sedimentů v malých vodních nádržích, Diplomová práce, České Vysoké učení Technické, Praha, 134 s.
- OLIVIER C., GOFFART J.-P., BAETS D., FONDER N., BATHÉLEMY J.-P., LOGNAY G., XANTHOULIS D., 2011: Tied ridging in the furrows of potato culture. Experiment realized from cooperation with Bayer CropScience (Huldenberg 2011), *Brochure du Centre Pilote Pomme de terre-FIWAP*, no. 9.5, 7 p.
- PILÁŘ T., 2013: Srovnání dvou systémů závlahy a hnojení papriky roční, Bakalářská práce, Mendelova univerzita, Brno, 92 s.
- SCHOCK C. C., WANG F., FLOCK R., ELDREDGE E., PEREIRA A., KLAUZER J., 2013: Drip Irrigation Guide for Potatoes, Oregon State University, 8. p.
- STŘEDOVIÁ H., ŠTĚPÁNEK P., KRÁSA J., NOVOTNÝ I., 2014: Stanovení faktorů erozní účinnosti deště v éře automatizovaného měření srážek. *Úroda*, roč. 62, č. 12, vědecká příloha, 429-432. ISSN 0139-6013.
- VEJCHAR D., STEHLÍK M., MAYER V., 2017: Influence of tied ridging technology on the rate of surface runoff and erosion in potato cultivation. *Agronomy Research*, no. 15, ISSN 1406-894X, 10 p.
- ZAVADIL J., DOLEŽAL F., VACEK J., 2005: *Ekonomika závlahy brambor, Bramborářství*, roč. 2005, č. 5, s.10-16, ISSN 1211-2429.

Graf 5 – Počet erozních srážkových událostí podle měsíců v období 1986–2016



Graf 6 – Průběh srážek v roce 2016 ve Valečově (nad sloupcem uvedena intenzita srážek za 15 min)

