

# Základní koncepce protipovodňových opatření v krajině

V souvislosti s vysokou četností výskytu extrémů hydrometeorologické a hydrologické povahy, které se dostávají v posledních zhruba 20 letech, se stále častěji hovoří o nezbytnosti trvale uplatňovat preventivní protipovodňová opatření, a stejně tak se uvažuje o možných příčinách nápadně zvýšeného výskytu těchto nepříznivých hydrologických situací (viz také článek na str. 116–119 tohoto čísla Živy). Současná zemědělská krajina naléhavě vyžaduje výrazná biotechnická doplnění o krajinné prvky a útvary, které budou podporovat vsakování (infiltraci) a vtoky (influxi) vody do půdního prostředí a současně omezovat vznik vodní eroze půdy, zlepšovat biodiverzitu a celkový kulturně přírodní ráz krajiny.

## Zvýšená frekvence povodňových situací v dnešní době

Úvodem si stručně připomeňme několik těchto událostí z posledního období, silně vybočujících z normálu:

- Moravské povodně z červencových (prokopských) dešťů, 5.–16. července 1997 (zničeno 1 495 rodinných domů a 18 526 domů silně poškozeno, evakuováno bylo 80 tisíc osob, v kolonci ztrát největších figuruje 54 lidských obětí, došlo k zaplavení více než 50 tisíc ha zemědělské půdy, zahynulo 300 tisíc kusů hospodářských zvířat, celkové škody byly vyčísleny na 63 miliard Kč).

- Východočeské povodně ze silných přívalových magdalenských dešťů ve dnech kolem 23. července 1998 (postižena oblast ca 100 km<sup>2</sup> a zaplaveny tři desítky obcí, došlo k evakuaci 800 osob, 6 lidí utonulo, povodňové škody přesáhly 2 miliardy Kč).

- Mimořádné povodně v povodí Vltavy a Labe ze 7.–17. srpna 2002 (těžce zasáhly asi 800 obcí ležících na řekách a říčkách především jižních a západních Čech, ale i jinde, napáchaly mimořádně vysoké škody také v Praze; v některých místech ČR byly zaznamenány nejvyšší vodní stavy ze všech dosud registrovaných velkých vod; počet evakuovaných osob dosáhl 225 tisíc

a celkové škody 73 miliard Kč; zahynulo 17 osob).

- Jarní povodně z tání neobvykle vysoké sněhové pokrývky 28. března až 10. dubna 2006 (vyskytly se zejména na Dyji, Nežárce, Moravě, Labi a na Ohři; v některých místech byly zaznamenány vůbec nejvyšší dosud registrované vodní stavy, např. na Nežárce v Jindřichově Hradci; způsobily mimořádná poškození zemědělské půdy vodní erozí, zahynulo 9 lidí a škody činily 5,6 miliardy Kč).

- Svatojánské povodně z přívalových dešťů ve dnech 24. června až 1. července 2009 (evakuováno ca 19 tisíc lidí, zahynulo 15 osob a povodňové škody dosáhly 8,6 miliardy Kč).

- Srpnové petrské povodně v r. 2010 (je uváděno 7 lidských obětí; celková částka škod převýšila 8 miliard Kč).

- Červencové magdalenské povodně r. 2011 (postiženy byly především některé oblasti na Liberecku, Plzeňsku a Olomoucku, kde zaznamenané kulminační povodňové průtoky odpovídaly až 50leté vodě).

- Povodně r. 2013 ve dnech 29. května až 5. června, 10.–12. června a 24.–27. června (zasáhly 970 obcí v ČR, došlo k evakuaci 26 438 osob, vyžádaly si 15 lidských životů a způsobily škody přes 10 miliard Kč).

- Extrémní hydrologické situace r. 2014 byly zaznamenávány již od 4. dubna (Huslenky na Vsetínsku), dále na počátku druhé poloviny května na severu Moravy, v jižním Polsku a především na Slovensku (katastroficky se projevíly v Srbsku a v sousední Bosně). Mimořádné výskyt bouřek, vydatných přívalových dešťů a bleskových povodní se dostavovaly dále v pozdních jarních a v letních měsících r. 2014.

## „Malé pluviály“

Charakteristickým rysem klimatu našeho území je střídání delších období relativního povodňového klidu s kratšími, několik desetiletí trvajících obdobími zvýšené srážkové činnosti, která v hydrologickém režimu toků podmiňuje častější výskyt povodňových situací. Významná šetření fluktuálních změn tohoto typu pro různé zeměpisné šířky uskutečnili již v druhé polovině 20. stol. američtí klimatologové J. W. King a W. O. Roberts. Tato fluktuace výskytu velkých vod v našich přírodních podmínkách je výrazně patrná např. z Historického přehledu největších povodní tohoto tisíciletí (např. Vašků 2009). Tak třeba zatímco v 13. stol. bylo v hodnotícím profilu Děčín zaznamenáno maximálních průtoků (odpovídajících 10leté vodě a vyšších) celkem 7, v 15. stol. pět a v 17. stol. 6, v 16. stol. jich bylo 17 a v 19. stol. 15.

Tyto specifické intervaly s vystupňovanou srážkovou činností se nazývají malé pluviály (z latinského pluvialis – deštivý). Právě v období malých pluvialů se u nás počet povodňových situací v hydrologickém

1 Pro statky a chalupy našich historických vesnic v okolí řek a říček je příznačné, že stojí v bezpečné vzdálenosti od úrovně záplavové čáry těch největších N-letých vod. Pokud zde byly v současnosti zaznamenány nějaké povodňové škody, došlo k nim pouze na rekreačním chatovém objektu „povodňovou pamětí“ neovlivněného místního „Pražáka“.





režimu vodních toků zvyšuje o 100 i více procent oproti jejich průměrné dlouhodobé frekvenci výskytu. Lze říci, že jen dvě generace z devíti mohou prožívat srážkově nadnormální období a periody povodňového neklidu, příznačné právě pro malé pluvialy. K těmto generacím nyní pravděpodobně náležíme i my. Je to zavazující. Především je nutné, abychom nastolili účelná pravidla pro dlouhodobá protipovodňová opatření v krajině a dokázali je také předat následujícím generacím. Abychom dostatečně pevně podchytili naši současnou „povodňovou zkušenost“, když jsme zcela prohospodařili někdejší evidentně existující „povodňovou paměť“ našich předků (viz obr. 1).

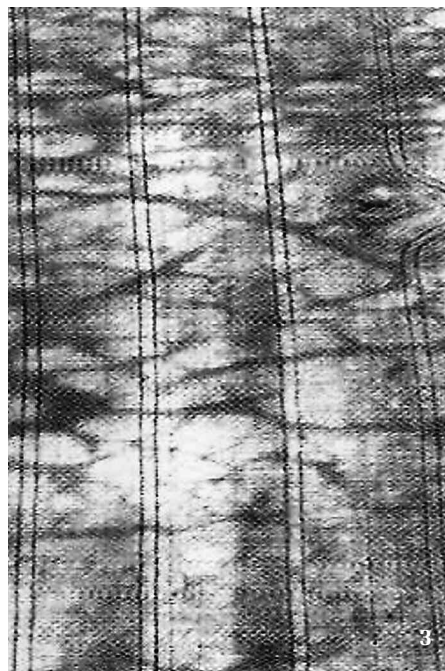
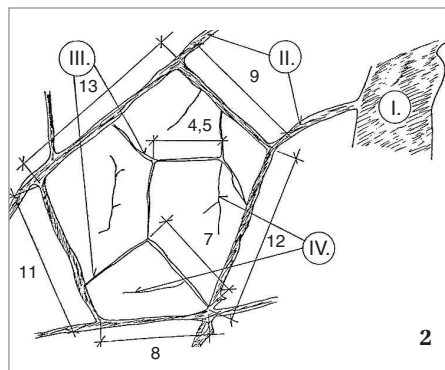
Zaznamenáno máme pět malých pluvialů. Je archeologicky prokázanou skutečností, že raně středověká sídliště ležela v těsné blízkosti řek a říček (např. velkomoravské sídelní jednotky a hradiště). Velkomoravský malý pluvial se dostavil po staletích relativního povodňového klidu a vedl počátkem 10. stol. k zániku hlavních blatných hradisek Velkomoravské říše (pro nedostatečné množství přesných historiografických dat zde podrobnější vymezení neuvádíme). Následovaly čtyři malé pluvialy v obdobích: 1078–1118 (malý pluvial I), 1310–54 (II), 1560–1600 (III), 1763–1805 (IV). Předpokládá se, že na konci 20. stol., které bylo téměř celé dobou povodňového klidu, začal v r. 1995 další malý pluvial (V).

Musíme si ovšem uvědomit, že každý malý pluvial není souvisle stejnorodým srážkově nadnormálním časovým úsekem. Tak např. v malém pluvialu IV se střídala kratší vlhká (1763–71, 1777–79, 1785–88 a 1795–1804) a suchá období (1772–76, 1780–84 a 1789–94).

Pluvialová hypotéza byla poprvé publikována v r. 1997 (viz např. Vesmír 1997, 9: 512–515 a 519) a vzbudila značný ohlas, zejména u zahraničních odborníků. Reagoval na ni např. Dirk Verschuren z univerzity v belgickém Gentu, který pracoval na podobné problematice. Snažil se dát do souvislosti šíření pouští v Sahelu s proměnami podnebí za posledních tisíc let. Délku suchých a vlhkých období, jež panovala ve východní části tropické Afriky, určoval z kolísání hladiny keňského jezera Naivasha u Nairobi. Je dosti překvapivé, že vymezení takto stanovených suchých sahelských období do velké míry koresponduje právě s našimi malými pluvialy.

### Influkčně infiltrační schopnost půdy

K základním hydropedologickým a vodohospodářským půdním charakteristikám – tedy k nejdůležitějším výchozím parametrům krajinného inženýrství (vedle hydraulické vodivosti půdního prostředí, efektivní drenážní pórovitosti, plné vodní kapacity, akumulární vodní kapacity, bodu vadnutí atd.) patří influkčně infiltrační schopnost půdy. Představuje údaj nezbytný pro stanovení schopnosti půdy přijímat srážkovou, tavnou (ze sněhu a ledu) nebo závlahovou vodu. Je tedy základním výchozím parametrem např. pro řešení výpočtu limitní délky pozemku, navrhování zasakovacích pásů a průleहů (mělká povrchová zařízení se zatavnou humusovou vrstvou), určení limitní hodnoty zadržo-



vání při závlaze postřikem, návrhu řady protierozních opatření, testování funkční schopnosti drénů a při projektování četných druhů protipovodňových opatření v krajině.

Influkčně infiltrační schopnost půdy definujeme jako nejvyšší možnou rychlost pronikání vody do půdního prostředí všemi existujícími dutinami, bez ohledu na jejich původ, velikost a tvar, která je dosažena bez tlakové výšky na povrchu terénu. Představuje výsledek dvou hydraulicky diametrálně odlišných procesů: influkce – vtoku do půdního prostředí (kdy rychlost proudění vody je proporcionální k mocninnému vyjádření hydraulického spádu) a infiltrace – vsakování vody do půdy.

Při měření influkčně infiltrační schopnosti půdy je nutno dodržovat některá zcela specifická opatření a postupy. Jako vhodný způsob se osvědčilo měření pomocí dvourámového měrného zařízení ze stavitelných dílů, což umožňuje značné přizpůsobení tvaru měřeného objektu (mez, zasakovací průleह, poloha na záchytném drénu, měření v porostech dřevin apod.) a také vnitřní situaci na měřené ploše (tvaru dřevin v zasakovacích pásech apod.). Mimořádný význam má určení velikosti minimální reprezentativní měrné plochy, která se podle našich stanovení pohybuje až kolem 4 m<sup>2</sup>.

Měření schopnosti půdy přijímat vodu pomocí malopřeměrových (maloplošných) infiltrametrů je většinou omezené použitelné k praktickým návrhovým účelům.

Totéž platí i pro prosté měření infiltrační schopnosti půdy soustřednými válci (tzv. dvouválcová metoda). Uvedené způsoby měření se hodí pouze pro kontrolu homogenity ztuhlých zemin (např. u homogenních hrází) nebo při měření ve stejnozrných štěrkopiscích apod., nikoli však pro hodnocení naprosté většiny „zdravých“ půd, které tvoří prostorový polydisperzní, oživený a prokořeněný multikavernózní systém, s množstvím preferenčních cest pro vodu (odborně nazývaných pedohydatody, viz dále).

V těch nejprůhodnějších podmínkách byly na našich orných půdách kultivovaných konvenčním způsobem zemědělské výroby naměřeny maximální hodnoty influkčně infiltrační rychlosti v intervalu 0,35–1,00 mm.min<sup>-1</sup>. Naproti tomu na starých protierozních mezích a v dřevino-bylinných útvech s funkcí vsakovacích pásů (např. pod stabilizovanými porosty mezi a dřevino-bylinných pásů s brusnicí borůvkou – *Vaccinium myrtillus* a brusinkou – *V. vitis-idaea*, vyskytující se zde nejčastěji pravděpodobně jako pozůstatek, a deriváty společenstev bučin a smrkových bučin svazu *Luzulo-Fagion*, společenstev acidofilních doubrav a dubobřezových lesů *Genisto germanicae-Quercion* a společenstev borů na lehkých půdách *Dicrano-Pinion*) dosahovala rychlost překvapivě vysokých hodnot 4–9 mm.min<sup>-1</sup>.

### Pedohydatody

Pedohydatody (z řeckého pedon, hydor, hodos – půda, voda, cesta) je souhrnné označení kategorie hydrologicky neúčinnějších pórů v půdně-litologickém prostředí. Rozdělují se na planární (různé praskliny a hydroreologické útvary – pukliny, praskliny a ploché prvky diskontinuity půdního prostředí) a tubulární pedohydatody (dutiny po kořenech rostlin, chodbičky zoogeobiontů – viz dále, a jiné podélné makropóry zpravidla biogenního původu apod.). Současná dělení planárních pedohydatod vycházejí z klasifikace, kterou pro tento typ pórů v r. 1990 vypracovali němečtí vědci G. Hörmann a P. Widmoser, kteří je kategorizovali do skupin I. až IV. řádu (viz obr. 2). Není bez zajímavosti, že rozměrově největší planární pedohydatody I. řádu lze jako spojité polygony dobře vidět i na leteckých snímcích (obr. 3).

Našimi nejdůležitějšími tvůrci, udržovateli a obnovovateli tubulárních pedohydatod jsou zástupci třídy máloštětinatci (*Oligochaeta*), především žížaly, jejichž některé druhy vytvářejí v půdě téměř miniaturní „vodovodní potrubí“. U nás žije asi 40 druhů žížal. Tak např. druh hlubinné žížaly, který nese vědecké jméno *Allolobophora rabei*, dosahuje délky až kolem 0,5 m. Tento druh objevil (a spolu se svým kolegou Lvem Černosvitovem určil a popsal) náš významný biolog, pedolog a pedagog ruského původu Sergej Hrabě (1899 až 1984), který přednášel na Masarykově univerzitě v Brně.

### Povrchový a podpovrchový odtok

Existují výrazné rozdíly ve schopnostech přijímání vody u půd obhospodařovaných konvenčním způsobem zemědělské výroby a půd přírodě blízkých stanovišť. V zásadě lze prohlásit, že v České republice zejména





**2 a 3** Pedohydatody souhrnně označují kategorii hydrologicky nejúčinnějších pórů v půdně-litologickém prostředí. Kategorizaci planárních pedohydatod (praskliny, pukliny) do I. až IV. řádu (obr. 2; uvedené rozměry v cm) provedli v r. 1990 němečtí půdní fyzikové G. Hörmann a P. Widmoser. Orig. Z. Vašků

Planární pedohydatody I. řádu jsou jako spojitě polygony dobře viditelné i na leteckých snímcích (3, foto M. Gojda).

**4** Velkoplošné odvodnění zemědělského pozemku drenážním systémem

**5** Inkrustací neboli kornatěním půdy se nazývá vznik ca 0,5–1,0 cm silně stmelené krusty (lidově půdního škraloupu) na povrchu. Jde o agronomicky a z našich hledisek především o vodohospodářsky krajně nepříznivý jev, který výrazně omezuje schopnost půd přijímat vodu.

na středně těžkých a těžších půdách, obhospodařovaných konvenčním zemědělstvím, dochází při výraznějších dešťových srážkách v důsledku kinetické energie dopadajících vodních kapek (hned v prvních okamžicích výskytu srážky) k destrukci a rozplavování půdních agregátů, utěsnění vstupních částí rozhodujících půdních makropórů a tím ke vzniku slité půdní struktury. Toto funkční vyřazení naprosté většiny pedohydatod vede bezprostředně k povrchovému odtoku. Jiným hydrologicky a vodohospodářsky krajně nepříznivým jevem, s nímž se u nás rovněž často setkáme, je inkrustace neboli kornatění půd. Tak se nazývá vznik 0,5 až 1,0 cm silně stmelené krusty na půdním povrchu (viz obr. 5), vyskytující se především u půd s nedostatkem vápníku a u půd se zvýšeným obsahem jednomocných kationtů, především solí sodíku (tzv. fyzikálně-chemická dispergace – rovnoměrné rozptýlení půdních částic při zmenšení přitažlivých sil mezi koloidními částicemi). Dalším rozšiřujícím se nepříznivým stavem, který výrazně zvyšuje povrchový odtok, je vzrůstající rozsah nadměrného technogenního zhutnění půd a půd s nepříznivým zastoupením lamelárních strukturních forem (s agregáty v podobě destiček a lístků, orientovaných v horizontálním směru) – následek pojezdu těžkých mechanizačních a dopravních prostředků.

Není třeba zdůrazňovat, že výše uvedené příčiny výrazného snížení transformace srážkových vod a vod povrchového odtoku na odtok podpovrchový představují zároveň hlavní příčiny vzniku zrychlené vodní eroze půdy, a co více, rovněž základní příčinu velmi nebezpečného dlouhodobého trendu poklesů hladin podzemní vody (tedy i stále častěji zaznamenávaného poklesu vydatnosti až vysychání vesnických studní a jiných mělkých jímacích zařízení).

#### Hydrologické armatury krajiny

Takto souhrnně označujeme přirozené a uměle vytvořené krajinné útvary a úpravy (z latinského armatura – výzbroj, výztuž, zpevnění exponovaných částí, přenesené zařízení nebo příslušenství). Vyznačují se mohutným povrchovým kavernozním pásmem (s výskytem kaveren – dutin; zpravidla s mimořádně vysokým podílem značně stabilních makropórů a pórů, které málo podléhají destrukci, rozplavení a kolmaci – naplavování půdy), vykazujícím vysokou efektivní pórovitost, malé odporové výšky na vtok do půdního prostředí a do makropórů. Disponují tak vysokou schopností distribuce a přenosu vody a vysokými hodnotami infilukčně infiltrační rychlosti. Mezi hydrologické armatury krajiny patří zaskovací dřevino-bylinné pásy a průlehy, široké záchytné a zaskovací meze, selské (agrární) terasy (obr. 6), extenzivní polní sady, živé ploty, přírodní stráně, polní cesty s doprovodnou zelení a záchytnými a zaskovacími příkopy, dráhy občasně soustředěného povrchového odtoku stabilizované zatravněním nebo zalesněním, tlumivé retardační rozlivy, mokřady atd.

Podstatný podíl našich půd, především na polních stanovištích obhospodařovaných konvenčními způsoby zemědělské výroby, je vlastně artefaktem. Půdy jsou zde pravidelně ovlivňovány nejen základními agrotechnickými operacemi (současně ovšem většinou už bez jakýchkoli racionálních osevnických postupů, jimiž se hospodářně využívá půdní úrodnosti, také se však výrazně zlepšují fyzikální a biologické půdní vlastnosti), ale především hnojením minerálními hnojivy, včetně neživinných toxických reziduí hnojiv a jiných xenobiotik (např. herbicidy, fungicidy, baktericidy, insekticidy, nematocidy, desikanty, morforegulátory), zhutňováním těžkými

mechanizačními a dopravními prostředky – což vede k výraznému ovlivnění genetických půdních procesů, zhoršení fyzikálních vlastností, k tvorbě půdního škraloupu, rozplavování struktury, utěsnění vstupních půdních pórů, které jsou rozhodující pro příjem vody půdou a krajinou a hlavně velice nepříznivě působí na složení a početnost půdní flóry a fauny. S tím úzce souvisí často zcela nedostatečná míra přeměny povrchového odtoku na odtok podpovrchový.

Naopak hydrologické armatury krajiny se od polních stanovišť odlišují především přítomností horizontů nadložního humusu a zejména jeho příznivými formami, mohutným prokořeněním povrchových půdních horizontů, silným drenizujícím efektem kořenového systému některých druhů dřevin a bylin, zasahujících i do větších hloubek půdně-litologického prostředí, bohatou druhovou diverzitou společenstev půdních organismů a početným zastoupením pedohydatod, především tubulárních. V důsledku toho se půdy těchto útvarů vyznačují dobrou schopností distribuce a tranzitu vody, jak už bylo zmíněno. Hydrologické armatury tvoří základní účinné prvky stabilizace krajiny a snižování extrémů v krajině přeměňováním povrchového odtoku vody na podpovrchový a posilováním akumulací, retenční a drenážní schopnosti krajiny.

#### *Bos cornu capitur*

Zásadní naléhavý požadavek logistiky a koncepce protipovodňových opatření zní: neřešit pouze koncovku srážkového odtokového procesu! Tradičním střeoevropským inženýrským směrem, který se komplexně zabývá problematikou získávání základních podkladů pro plánování, přípravu, projektování a realizaci úprav a staveb v krajině, je kulturně-technické (neboli krajinné) inženýrství. Většina našich světově proslulých kulturně-technických inženýrů 19. stol. vystudovala tento obor ještě v Poppelsdorfu (univerzitní městečko, dnes součást Bonnu), od školního roku 1883/84 se tento směr vyučoval také ve Vídni a od r. 1891 rovněž na zemědělsko-technickém oddělení České vysoké školy technické v Praze. Mezi kulturně-technické inženýry patřil např. autor světově proslulé dvou-svazkové publikace z počátku 20. stol.



Kulturně-technické vodní stavitelství (Kulturtechnischer Wasserbau), přednosta Moravské zemědělsko-technické kanceláře v Brně a později profesor Vysoké školy zemědělské ve Vídni Adolf Friedrich, a Josef Kopecký, zakladatel vědeckého československého půdoznalství a posléze ředitel Státního výzkumného ústavu agropedologického a bioklimatologického v Praze.

Ze zcela praktických hledisek je významné, že právě metodami kulturně-technického inženýrství lze v naší krajině (bezobsažně deteriorizované – se zhoršenou kvalitou prostředí využíváním přírodních zdrojů – a simplifikované hospodářsko-technickými úpravami pozemků a projekty souhrnných pozemkových úprav, které provázely jednotlivé etapy kolektivizace zemědělství) uskutečňovat návrh optimálního nejúčinnějšího terénního rozmístění všech uvedených hydrologicky účinných objektů, opatření a úprav (tedy hydrologických armatur krajiny) a rovněž je s požadovanou bezpečností dimenzovat.

Hlavní zásadou navrhování těchto strukturálních krajinných opatření přitom musí být jejich realizace ve směru od rozvodnic až do údolních poloh, od pozemků v horních partiích povodí až po dolní profily toků a jejich ústí. V tomto schématu by výstavba retenčních nádrží měla představovat až poslední prvek protipovodňových opatření. Přehradby by neměly být navrhovány jako jediná nebo první možnost, ale v případě potřeby prvek závěrečný – jako výsledek hydrologického dopočtu. Obrazně řečeno, jde tedy o to chovat se podle latinského rčení *Bos cornu capitur* (Býk se chytá za rohy). Znamená to, že musíme řešit problémy od míst, kde vznikají.

Důležité rovněž je, že z pozic krajinného inženýrství lze právě v podmínkách



středoevropské mírně teplé a mírně vlhké podnební oblasti takto zmírnit, nebo i zcela eliminovat řadu nepříznivých důsledků potenciálních globálních klimatických změn. Tyto koncepce se ostatně nesou v duchu někdejších myšlenek silně vlastenecky smýšlejícího biologa a pozoruhodného filozofa přírodních věd Vladimíra Úlehly (1888–1947). Svěho času jsem byl dosti překvapen, když jsem se seznamoval s teorií vodopropustných půdních kontejnerů vyslovenou americkým půdním fyzikem R. J. Hanksem, že s obdobnými kognitivními zásadami „vodních jímek v půdě a vodních vodivých drah“ vystoupil zhruba o 40 let dříve právě V. Úlehla.

Použitá literatura uvedena na webu Živy.

**6** Zvláštním případem historických zemědělských úprav svažitých pozemků jsou selské (agrární) terasy. Skládají se z kaskádovitě uspořádaných terasových svahů a z rovinatých (nebo mírně ukloněných) terasových plošin. V naprosté většině případů vznikaly dlouhodobým jednosměrným naoráváním exponovaných svažitých pozemků (zejména v blízkosti vsí, nebo i na vzdálenějších plochách, které byly určeny pro pěstování speciálních kultur) oradly – používaly se např. háky, percáky, nákolesníky, rádlá či plužice. Snímky Z. Vašků, pokud není uvedeno jinak

Tomáš Středa, Anna Heřmanská

## Šlechtění na větší kořenový systém přináší efektivnější využití vody a živin



Pozitivní účinky závlah, minerálních hnojiv a agrochemikálií na výnosy zemědělských plodin vedly po „zelené revoluci“ (v druhé polovině 20. stol.) k nadužívání těchto intenzifikačních opatření. S ohledem na související ekonomické a environmentální dopady není však další růst intenzifikace dlouhodobě udržitelný. Novým trendem v rostlinné produkci se stalo dosažení „většího výnosu na kapku“ (anglicky *more crop per drop*). Strategie se zavádí zejména v souvislosti se stále cennější a dražší vodou, když i v podmínkách středoevropského klimatu stoupá počet období s výskytem sucha, včetně sucha agronomického (nedostatek vody v půdě pro zemědělské plodiny ovlivněný předchozím nebo déletrvajícím meteorologickým suchem, viz Živa 2014, 1: 2–3). S uvedenými vlivy se musejí vyrovnat nové odrůdy kulturních plodin a jejich šlechtitelé. A to vše v době, kdy na Zemi ročně přibude 77 milionů lidí.

Odolnost rostlinných druhů k suchu je často spjata s odlišným způsobem utváření kořenového systému, jeho kvantitativními i kvalitativními znaky. Mnozí biologové, fyziologové a šlechtitelé zabývající se výzkumem kořenové soustavy rostlin ji považují dokonce za klíč k druhé „zelené revoluci“ (např. J. Lynch v časopise *Nature*, 2010). Kořenový systém většiny polních plodin, někdy také nazývaný skrytou