VÝZKUMNÝ ÚSTAV ROSTLINNÉ VÝROBY, v.v.i.
Drnovská 507, 161 06 Praha 6- Ruzyně
tel. + 420 233 022 111, cropscience@vurv.cz , web: www.vurv.cz

Praktická doporučení hospodaření s půdní vláhou (doplňující text pro kalkulačku vláhové potřeby)

pracovní verze

Zpracovali: Ing. Pavel RŮŽEK, CSc. a kol.

srpen 2017

pracovní verze

Praktická doporučení hospodaření s půdní vláhou (doplňující text pro kalkulačku vláhové potřeby)

Obsah

1.	Příčiny zhoršování hospodaření s vodou v půdě a snižování její dostupnosti pro polní plodiny v ČR	**2**
2.	Vhodné plodiny, odrůdy a agrotechnické postupy pro efektivní hospodaření s půdní vláhou a její využití rostlinami	**5**
2.1.	Vhodné plodiny a odrůdy pro efektivnější využití půdní vláhy	5
2.1.1.	Zastoupení jednotlivých plodin v osevních sledech	5
2.1.2.	Efektivnost využití vody rostlinami	6
2.1.3.	Vhodné plodiny a odrůdy polních plodin do oblastí ohrožených suchem	9
2.2.	Vhodné agrotechnické postupy pro efektivní hospodaření s půdní vláhou	14
2.2.1.	Pravidelné hnojení statkovými a organickými hnojivy a regulace postupů urychlujících rozklad organických látek v půdě	14
2.2.2.	Technologie zpracování půdy pro lepší zadržení vody a omezení výparu z půdy	15
2.2.3.	Setí směsí odrůd a druhů polních plodin ((intercropping) pro zvýšení diversity produkce a stability výnosů	27
2.2.4.	Používání minerálních hnojiv s regulovaným uvolňováním živin	29
2.2.5.	Ekologické systémy hospodaření na půdě	32
3.	Návrh konkrétních doporučení v zemědělském podniku	34

Pracovní verze

1. Příčiny zhoršování hospodaření s vodou v půdě a snižování její dostupnosti pro polní plodiny v ČR

- Častější výskyt jarních a letních přísušků a rostoucí podíl vody v intenzivních srážkách v posledních letech; vyšší evapotranspirace a nedostatečná sněhová pokrývka v průběhu zimního období
- Růst výnosů většiny polních plodin bez odpovídajícího nárůstu srážek a pěstování intenzivních druhů a odrůd plodin s vysokým výnosovým potenciálem a větší náročností na dostatek vody v půdě v průběhu vegetace (výraznější negativní vliv přísušků v určitých fázích růstu)
- Vysoký podíl svažitých půd s horší schopností zadržet vodu z intenzivních srážek
- **Postupné zhoršování povrchové struktury půdy a její retenční schopnosti, což může být způsobeno**
  - nevracením organických látek do půdy v kvalitních organických a statkových hnojivech s širším poměrem C:N
  - nízkým zastoupením víceletých pícnin v osevních postupech
  - větší mineralizací organických látek v půdě v důsledku rostoucí teploty půdy, která není kompenzována vyšší návratností organických látek do půdy
  - nedostatečným vápněním a vyplavováním Mg a Ca z horní vrstvy půdy
  - utužením půdy přejezdy těžké techniky
  - intenzivním zpracováním půdy spojeným s její nadměrnou aerací (podpora rozkladu organických látek), poškozováním půdních agregátů (zvyšování pracovní rychlosti strojů, aktivní nástroje na zpracování půdy, opakované „drobení“ větších agregátů u víceřadých strojů s různými pracovními nástroji apod.)
  - méně častým výskytem zim s promrznutím půdy a příznivým vlivem na její strukturu
  - plošnou aplikací vyšších dávek minerálních hnojiv s jednomocnými kationty na povrch půdy (rozplavování agregátů, u NH_4^+ podpora rozkladu organických látek, zhoršení diversity půdních organismů apod.)
- Ztráty vody z půdy při jejím zpracování (opakované přejezdy); nízká variabilita u strojů na zpracování půdy spojená s možností vyloučení nebo omezení činnosti některých pracovních nástrojů (někdy zbytečné opakované provzdušnění půdy spojené se ztrátou vody)

pracovní verze

- Používání nevhodných technologických postupů při zpracování půdy a zakládání porostů zemědělských plodin často importovaných ze zemí a regionů s rozdílnými srážkovými a půdními podmínkami včetně obsahu organických látek v půdě
- Zhoršení podmínek pro činnost makroedafonu v půdě a poškozování biopórů (významný vliv při drenáži a provzdušnění půdy) v důsledku přejezdů těžké techniky, intenzivního kypření (včetně podrývání) a drobení půdy, nedostatečného organického hnojení a nízkého zastoupení pícnin v osevních postupech
- Výběr nevhodných druhů a odrůd pěstovaných plodin s nízkou tolerancí k suchu a kompenzační schopností výnosotvorných prvků, nízká přirozená odolnost k nejvíce rozšířeným chorobám a škůdcům vyžadující vyšší vstupy agrochemikálií
- Špatná struktura a stav porostů pěstovaných plodin s vyšším počtem málo produktivních rostlin (odnoží), které neefektivně odebírají vodu z půdy (vyšší výsevky, nevhodná aplikace dusíkatých hnojiv, morforegulátorů růstu a listových hnojiv, popálení porostu kapalnými hnojivy apod.)
- Napadení kořenů a nadzemních orgánů rostlin zabezpečujících transport vody z půdy chorobami a škůdci, omezený růst kořenů do hloubky v důsledku špatné struktury půdy, nedostatku vzduchu, nízkého pH apod.

V oblastech ohrožených suchem je nutné věnovat větší pozornost péči o půdu a její schopnosti zadržet vodu ze srážek a efektivně s ní hospodařit při omezení ztrát neproduktivním výparem, povrchovým odtokem, erozí apod. Zranitelnost těchto oblastí je dána kombinací půdně-klimatických podmínek stanoviště a mikroklimatických a půdních podmínek konkrétního pozemku nebo i jeho částí, druhu pěstované plodiny a odrůdy a uplatněných agrotechnických opatření. Nerespektování těchto podmínek při pěstování polních plodin vede nutně k vyšší četnosti a intenzitě dopadů stresů. Stejné agrotechnické postupy na půdě s vysokou vodní kapacitou a hloubkou prokořenění ve srovnání s půdou s méně příznivými vlastnostmi, při stejných srážkách (bilanci vody), povedou k rostoucím požadavkům na kompenzace ztrát.

Při řešení problémů s nedostatkem vody při pěstování polních plodin je nutné nejprve využít dostupné metody a postupy (výběr vhodných plodin, odrůd, správná

pracovní verze

struktura porostu, zpracování půdy, organické hnojení, setí do mulče apod.) a teprve při vyčerpání těchto možností přistoupit k náročnějším opatřením jako vybudování závlah, změny ve využití krajiny apod. V příštích letech je nutné věnovat větší pozornost zadržení vody v krajině formou menších nádrží (obnova rybníků, mokřadů, úprava bývalých pískoven, štěrkoven apod. pro zadržení vody po zimě atd.), které by mohly být v době sucha používány pro závlahy. K lepšímu zadržení vody v krajině by mělo přispět také rozdělení velkých honů na menší nebo střídání pásů různých plodin, ale toto opatření nelze provádět paušálně, protože na většině půd dochází k největšímu utužení půd a poškození půdní struktury při otáčení a rozjíždění techniky a u menších pozemků je podíl takto poškozených půd větší.

pracovní verze

2. Vhodné plodiny, odrůdy a agrotechnické postupy pro efektivní hospodaření s půdní vláhou a její využití rostlinami

2.1. Vhodné plodiny a odrůdy pro efektivnější využití půdní vláhy

Vzhledem ke skutečnosti, že v současné době jsou zejména z ekonomických důvodů stále více uplatňovány osevní sledy tržních plodin než pravidelné osevní postupy (příloha 1), zařazují se v sušších oblastech plodiny, které se lépe přizpůsobí suchému a teplému počasí. S nepříznivými vláhovými podmínkami se zpravidla lépe vypořádají ozimé plodiny než jarní, což potvrdily také výnosy dosažené v roce 2015. V ročnících 2014 a 2015 výnosy pšenice ozimé dosáhly rekordních hodnot, přestože se v obou letech vyskytovala epizoda sucha. Meteorologické sucho se však nekrylo s kritickými etapami vývoje pšenice citlivými na poškození suchem. Mírná zima 2014/2015 umožnila rychlé zahájení vegetačního období, což přispělo k dosažení vysokých výnosů. Je však třeba si uvědomit, že s časným zahájením vegetace sílí účinek takzvaného transpiračního výparu, což vede k větším ztrátám vody z půdy.

Menší tolerance jarních plodin k suchu vyplývá také z častých agrotechnických chyb, jejichž důsledkem jsou nevyrovnané porosty s mělkým kořenovým systémem v důsledku utužení nevyzrálé půdy po přejezdech techniky, aplikace vyšších dávek živin do horní vrstvy půdy (zejména u kukuřice), nedostatku vzduchu v půdě při zhoršení její povrchové struktury (nedostatečné vápnění, organické hnojení, aplikace hnojiv s jednomocnými kationy na povrch půdy atd.). Tolerantnější k suchu jsou také plodiny a odrůdy, které dokáží v průběhu vegetace lépe korigovat výpadky jednotlivých výnosotvorných prvků (např. obilniny a kompenzační typy odrůd).

2.1.1. Zastoupení jednotlivých plodin v osevních sledech

Zastoupení plodin určuje mimo jiné vyčerpání a potřebu vody pro obnovení půdní zásoby na podzim a v průběhu zimy. Na půdách s dostatečnou vodní kapacitou (většina našich půd) je potřeba zvažovat spotřebu vody předplodinou nebo meziplodinou a potřebu vody pro následnou plodinu. Především druhy, které mají vysokou spotřebu vody i v pozdním létě a počátkem podzimu (cukrovka, jeteloviny, kukuřice, čirok, travní porost, přezimující nebo později vymrzající meziplodina) vyčerpávají zásobu vody i z hlubokých vrstev půdy, jejíž doplnění je zvláště v posledních letech s teplými a suchými zimami nedostatečné. Naopak např. pod

pracovní verze

porostem řepky se v důsledku časného opadu listů a omezenému čerpání vody z půdy začíná obnovovat zásoba vody v půdě již v průběhu zrání, zatímco např. pod ozimou pšenicí je vyčerpání vody hlubší a zdravý porost odčerpává vodu i v období dozrávání. Půdy v sušších oblastech jsou náchylnější k vyčerpání zásoby vody v důsledku nerovnoměrných srážek v posledních letech a dopady sucha jsou i z tohoto důvodu větší. Zařazení meziplodin do osevního postupu (sledu) závisí především na půdně-klimatických podmínkách konkrétního stanoviště, vypočítané vodní bilanci pro pěstované plodiny a na ekonomických a organizačních možnostech zemědělského podniku. I když se při založení porostů meziplodin uplatňují minimalizační technologie, dochází v suchých letech k odčerpání zásoby vody z půdy, což se může projevit poklesem výnosů následných plodin. Z dosažených víceletých výsledků vyplynulo, že jistota odpovídajících výnosů meziplodin v sušší kukuřičné a řepařské oblasti je jen 30-45 %, také v bramborářské oblasti se jistota získané produkce meziplodin v posledních letech snížila na 50-65 %. Jeteloviny jsou naopak schopné pro svůj růst využít půdní vláhu z hlubšího půdního profilu 2-3 m, ovšem zejména ve srážkově podnormálních letech výrazněji vysušují půdu pro následné plodiny.

Pro výpočet dostupné zásoby a bilance vody pro zvolenou plodinu, pozemek a ročník byl vytvořen program "Zásoba vody v kořenové zóně" (Haberle a kol., 2015) http://svt.pi.gin.cz/vuzt/koreny.php.

2.1.2. **Efektivnost využití vody rostlinami** (WUE)

Plodiny se mohou značně lišit výší produkce, kterou jsou schopny dosáhnout při určitém množství dostupné vody. Vztah výnosu a dodávky vody ve srážkách (popř. ze závlahy) v průběhu vegetace spolu se zásobou vody v půdě ze srážek z předchozího období je určen tzv. efektivností využití vody (water use efficiency – WUE). Hodnota WUE představuje pro danou plodinu množství biomasy nebo hospodářského výnosu, vyprodukovaného na jednotku množství vody spotřebované porostem evaporací a transpirací. Obecně udávanou jednotkou je v tomto případě kg/mm.ha a vyšší hodnoty znamenají lepší hospodaření s vodou (Tab. 1). Efektivnost využití vody může být případně vyjádřena jako obrácená hodnota, tzv. transpirační koeficient, který udává spotřebu vody na jednotku výnosu, např. v l/kg. V oblastech sucha jsou žádoucí plodiny s co nejnižší hodnotou transpiračního koeficientu.

pracovní verze

Efektivnost využití vody rostlinami (WUE) je největší v případě menší dostupnosti vody, ale dochází současně již k redukci výnosů. Např. v pokusu s odrůdami ozimé pšenice stresovanými nedostatkem vody v Praze-Ruzyni v letech 2013-15 spotřeboval na vytvoření 1 kg zrna porost ozimé pšenice od jarní regenerace do zralosti 250 - 400 litrů vody, zatímco při dostatku vody 500 - 600 l/kg zrna. Obecně, s rostoucí dodávkou vody nejdříve efekt roste (eliminace silného stresu), ale postupně klesá, podobně jako u jiných zdrojů.

Rozdíly v efektivnosti využití vody mezi geneticky blízkými odrůdami plodin nebudou zřejmě dostatečné pro zásadní přínos k toleranci k suchu, podstatnější bude systémové řešení vycházející z vlastností odrůdy a odpovídající odrůdové agrotechniky. Rozdíly v potřebě vody a v efektivnosti jejího využití rostlinami jsou významnější mezi jednotlivými druhy polních plodin, stanovišti a ročníky. Například i údaje z našich podmínek ukazují, že čirok má o 1/4 až 1/3 nižší potřebu vody na produkci 1 kg sušiny v průběhu vegetace než kukuřice. V suchých oblastech by přednostně měly být pěstovány plodiny s efektivním využitím vody, tedy s co nejvyšší hodnotou WUE. Vyšší WUE mají druhy s C4 metabolismem, pro české zemědělství jsou významné především kukuřice a čirok, případně bér vlašský nebo proso.

Pracovní verze

Tab. 1 Hodnoty WUE (v kg/mm.ha) pro vybrané plodiny (různé zdroje)

Plodina	WUE (transpirace)	Evapotranspirace zavlažované/bez závlahy
kukuřice	30 -37	11–32 / 6–23
čirok	20 – 30	3–22 / 5–21
bér	17	- / 1-12
pšenice	20 – 22	6–17 / 5–10
soja	8 -9	6–9 / 6–10
slunečnice	7 -9	4–9 / 3–5
řepka	12 -15	-/ 1–8
bobovité zrniny	9 -20	3–8 / 2–16

Souhrn opatření, která zvyšují WUE (při udržení vysokého výnosu)

1. Vyloučení faktorů, které omezují realizaci výnosového potenciálu, především poškození chorobami a škůdci a deficit živin
2. Optimální intenzita hnojení vzhledem k potenciálu stanoviště a ročníkovým podmínkám - nadměrné hnojení dusíkem zvyšuje neúměrně listovou plochu a

biomasu, zvyšuje spotřebu vody, alokace látek je méně efektivní z hlediska výnosotvorných prvků, a tím redukuje WUE.

3. Přesné setí a vytvoření vyrovnaných porostů s optimální strukturou, rychlé zakrytí povrchu půdy včetně meziřadí u širokořádkových plodin
4. Časnější výsev (v některých oblastech a ročnících možná rizika většího napadení virózami a škůdci, popř. poškození vývojově pokročilých ozimů a jařin nízkými teplotami)
5. Ověřování fyziologicky aktivních látek (např. antitranspiranty), antistresových látek apod.
6. Z hlediska kritických fází vývoje jednotlivých plodin a fází důležitých pro jednotlivé výnosotvorné prvky je hlavním cílem zachovat vysoký potenciál (sink) pro další období, například velmi nízký počet klasů ani s kompenzací počtu zrn v klasu a HTS neumožní využít potenciál porostu a stanoviště při dostatku vody v dalších fázích růstu.

Pracovní verze

Spotřeba vody za dobu růstu – plodinový koeficient

Plodiny se odlišují v celkové potřebě vody (transpirací), v závislosti na délce vegetační doby, délce doby od zapojení porostu a doby udržení zelené listové plochy a dalších zelených částí. Tyto ukazatele se při výpočtu potřeby vody vyjadřují plodinovým koeficientem, který vyjadřuje potřebu vody vzhledem k potenciální evapotranspiraci (Tab. 2). Násobek délky růstu a plodinového koeficientu (integrál) udává potenciální nejvyšší možnou spotřebu vody, v našich podmínkách je u polních plodin většinou nižší, protože dostupnost vody není po celou dobu růstu optimální. Plodiny s kratší dobou růstu, podobnou délkou fáze vysoké hodnoty plodinového koeficientu, a při dosažení stejného výnosu mají menší potřebu vody. Dlouhou dobu růstu při vysoké spotřebě vody má cukrovka, kukuřice, čirok, slunečnice.

Tab. 2: Porovnání hospodaření s vodou u vybraných plodin (Bláha a kol., 2017)

Plodina (typ fotosyntézy)	**Spotřeba vody (l/kg sušiny)**	**Období citlivosti na nedostatek vody**	**Citlivost na nedostatek vody**
Čirok (C4)	280–310	kvetení a doba tvorby výnosu	Nízká
Kukuřice (C4)	351	kvetení a nalévání zrna	Průměrná až vysoká
Řepka (C3)	450–500	jarní intenzivní růst, týden po	Průměrná

		kvetení do plné zralosti	
Pšenice (C3)	488	doba před kvetením	Nízká až průměrná

2.1.3. Vhodné plodiny a odrůdy polních plodin do oblastí ohrožených suchem

Mezi perspektivní plodiny s nízkou potřebou vody na jednotku produkce patří **čirok**, který se v současné době v ČR pěstuje na několika stovkách ha pro využití v bioplynových stanicích, v menší míře také jako meziplodina. Čirok je možné vysévat v užších řádcích a jeho pěstování nepodporuje tolik vodní erozi půdy jako širokořádkové plodiny včetně kukuřice. Čirok však nepříznivě reaguje na nedostatek vody v půdě a nízké teploty v době klíčení. Po vytvoření kořenového systému dokáže velmi dobře s vodou hospodařit. Bylo prokázáno, že v obdobích sucha rostliny čiroku pozastavily svůj růst a opětovně začaly vegetovat až po deštích.

Další plodinou, která je známa pro svoji suchovzdornost je **bér vlašský.** Obě plodiny patří k pozdně setým obilninám a jejich agrotechnika je obdobná jako u kukuřice. Obilky obou plodin neobsahují lepek a jsou tak vhodnou alternativou pro stále více se zvyšující poptávku po bezlepkových potravinách. Na pracovišti VURV, v.v.i. vznikly výběrem z genetických zdrojů tři odrůdy – registrovaná odrůda čiroku RUZROK a právně chráněné odrůdy béru RUBERIT a RUCEREUS. Obě odrůdy jsou vhodné pro produkci biomasy, ale mají potenciál i pro potravinářský průmysl a krmivářství, a to zejména do oblastí, kde pěstování kukuřice ohrožuje kvalitu půdy, zvyšuje riziko eroze a vyplavování živin z půdy. Zařazení čiroku do osevních postupů je třeba posoudit s ohledem na místní podmínky. Výhodou je celková nižší spotřeba vody a schopnost pozastavit růst v období suché epizody a pak opět vegetovat po deštích. Čirok však pro jeho požadavek na vyšší teploty není vhodný do vyšších poloh.

Ve výše položených oblastech může být perspektivní návrat k žitu - tradiční plodině s tolerancí k horším ekologickým podmínkám. **Žito** bylo do počátku tohoto století nejrozšířenější obilninou v Čechách. Z agronomického hlediska se u žita vysoce cení tolerantnost k horším ekologickým podmínkám, dále zimovzdornost, mrazuvzdornost, nenáročnost na předplodinu, fytosanitární účinek a snášenlivost ke kyselým půdám. Rovněž suchovzdornost je významnou vlastností žita, kdy i při malých srážkách v období měsíců května a června může žito přinést na písčitých půdách vyšší výnosy než pšenice. Žito navíc patří k obilním druhům poměrně

Pracovní verze

zdravým, s menším výskytem chorob a škůdců. Pro pěstování v sušších oblastech zvláště na pískách lze doporučit také **triticale**, které by mohlo nahradit v méně příznivých oblastech pšenici. Odrůdy mají geneticky fixovaný vysoký výnosový potenciál, jsou tolerantnější k horším pěstitelským podmínkám než pšenice a mají dobrý zdravotní stav. Ve šlechtění triticale byl dosažen v posledních letech šlechtitelský pokrok u takových vlastností jako jsou: výnosnost, zimovzdornost, ranost ve zrání, plnost zrna i suchovzdornost.

Mezi méně náročné maloobjemové obilniny patří i proso a pseudoobilniny – pohanka a laskavec. Tyto plodiny nacházejí často uplatnění v ekologickém zemědělství. V podmínkách sucha může být problémem jejich jarní forma.

Proso je rostlinou typu C4 a umí velmi dobře hospodařit s vodou. Hodnota transpiračního koeficientu se uvádí kolem 300 (pšenice 500 – 600). V pokusech vykázalo proso o více než 20 % vyšší efektivnost ve využití vody ve srovnání s kukuřicí. Proso se vyznačuje malými nároky na půdu, vysokou přizpůsobivostí podmínkám prostředí a krátkou vegetační dobou (cca 90 dní). V osevních postupech proto bývá často využíváno jako doběrná plodina.

Pohanka je rozšířená jako minoritní plodina po celém světě a používá se obdobně jako obiloviny. Nachází uplatnění i jako podzimní strnisková meziplodina. Pohanka nemá ve srovnání s ostatními obilninami příliš mohutný kořenový systém, ale významná je jeho fyziologická aktivita přijímání živin. Intenzita činnosti kořenového systému je až 12krát vyšší než u pšenice. Kořeny pohanky vylučují organické kyseliny - mravenčí, octovou, citrónovou a šťavelovou, pomocí kterých přijímají živiny, zejména fosfor, z těžko dostupných forem. Na druhou stranu tato vlastnost může vést k většímu příjmu těžkých kovů, zejména kadmia, arzenu a rtuti. Pohanka je poměrně náročná na vláhu, protože má velkou listovou plochu a vysoký transpirační koeficient (500-700), ale dokáže s ní velmi efektivně hospodařit.

Laskavec (amarant) je jednoletá dvouděložná bylina s typem fotosyntézy C4 a dokáže efektivněji využít CO_2 v širším spektru podmínek, zejména ve stresových podmínkách nedostatku vláhy nebo při vyšších teplotách. Pěstovanými druhy pro zrno jsou laskavec krvavý (*A. cruentus* L.), laskavec červenoklasý (*A. hypochondriacus* L.) a laskavec ocasatý (*A. caudatus* L.). Existuje i několik dalších druhů, které se pěstují jako listová zelenina. Pro klíčení rostlin a založení kořenů potřebuje amarant půdy dobře zásobené vodou. Po vzejití jsou zrnové formy schopny efektivně hospodařit s vláhou a mohou tak růst i v sušších podmínkách, kde se roční

pracovní verze

srážky pohybují pod 200 mm. Amarant není náročný na půdní podmínky a může se pěstovat na chudších půdách a ve vyšších nadmořských výškách. Po výše jmenovaných plodinách je v ČR poptávka vzhledem k nutriční kvalitě produkce, ale zatím se většina dováží ze států mimo EU (Rusko, Ukrajina, Čína) nebo z Polska.

Vhodné odrůdy pěstovaných plodin lze doporučit na základě víceletých výsledků zkoušení odrůd pro registraci podle metodik ÚKZÚZ na stanovištích s nízkými srážkami a vyššími teplotami (např. Branišovice, Chrlice, Jaroměřice nad Rok., Lednice, Znojmo, Žabčice, Žatec atd.) a na základě dalších odrůdových pokusů prováděných na sušších stanovištích např. MENDELU, VÚRV, v.v.i., šlechtitelskými stanicemi apod. Zjišťování suchovzdornosti odrůd polních plodin v našich půdně-klimatických podmínkách je velmi obtížné, neboť sucho se může projevit v různých fázích vývoje rostlin. Suchovzdorné odrůdy je možné vybírat přímo z oblastí, kde se sucho vyskytuje pravidelně a odrůdy zde registrované musí vykazovat toleranci k suchu (např. u ozimé pšenice odrůda Pannonia NS ze Srbska nebo MV Beres z Maďarska), ale problémem těchto odrůd je často nižší výnosová úroveň, popř. i horší zdravotní stav. Tuto skutečnost je třeba brát v úvahu při doporučování odrůd do suchých oblastí. Autoři z USA Tack a kol. (Global Change Biology, 2016) uvádějí, že příliš časný přechod k pěstování odrůd s vyšší úrovní odolnosti k suchu (v době, kdy klimatické změny ještě nejsou příliš velké), je pro pěstitele ekonomicky náročný. Důvodem je právě nízká výnosová úroveň odrůd s odolností k suchu, takže vysoce výkonné odrůdy i při ztrátách způsobených suchem dají vyšší výnos.

Na základě výsledků odrůdových pokusů VÚRV,v.v.i., MENDELU, ÚKZÚZ a konzultace se šlechtiteli lze mezi odrůdy ozimé pšenice tolerantnější k suchu zařadit následující: Annie, Dagmar, Dulina, Fakir, Forhand, Gordian, Julie, Lavantus, Rumor, Tobak, Virriato. Na základě pokusů, které simulovaly působení sucha pomocí desikantů, dosáhly nejvyšších výnosů odrůdy Tobak, Fakir, Patras, Zeppelin, Dulina a JB Asano. U odrůd ozimé pšenice se na poklesu výnosu podílí i stav rostlin po zimě. U méně zimovzdorných odrůd poškozených mrazivou zimou pak při následné epizodě sucha dochází k většímu poškození (např. v ročnících 2002/2003 a 2011/2012).

Vhodnější jsou odrůdy s dobrým zdravotním stavem, které je možné pěstovat při nižší intenzitě vstupů. Obecně platí, že poškození suchem zhoršuje průběh houbových i virových chorob (epidemie rzí, virózy – WDV i BYDV). Při výběru

pracovní verze

vhodných odrůd obilnin je třeba také věnovat pozornost, zejména při bezorebném zpracování půdy, chorobám pat stébel a kořenů, které mohou významně omezit příjem a transport vody z půdy do nadzemních částí rostlin. Nejvýznamnější chorobou je pravý stéblolam *(Oculimacula yallundae*, *O. acuformis*, dříve *Pseudocercosporella herpotrichoides)*, který napadá báze stébel ozimé pšenice, ječmene, ovsa, žita a triticale. Ochranná opatření zahrnují výběr odolnějších odrůd (především s genem *Pch1* – u ozimé pšenice odrůdy Annie, Beduin, Bonanza, Hermann, Manager, Pankratz, Partner, Princeps a Rebell*)*, vhodný osevní postup - dobrou předplodinou je řepka, okopaniny, bob, oves, nevhodné jsou obilniny. Podzimní infekci snižuje pozdější termín setí. Chemická ochrana je účinná, když je provedena včas, nejlépe v růstové fázi BBCH 30–32 (počátek sloupkování až do vzniku 2. kolénka). Citlivost na široce využívané fungicidní účinné látky se však mění a již i na našem území se můžeme setkat s rezistencí k účinným látkám. Na napadení bází se mohou podílet i další patogeny (*Fusarium, Rhizoctonia cerealis*). Černání kořenů a báze stébel obilnin působí *Gaeumannomyces graminis.* Ve všech případech ochranná opatření zahrnují rozšíření osevních postupů a kvalitní zpracování půdy.

Výběr vhodných polních plodin a odrůd do oblastí ohrožených suchem – shrnutí

- Plodiny a odrůdy, které dokáží v průběhu vegetace lépe korigovat výpadky jednotlivých výnosotvorných prvků (např. kompenzační typy odrůd u obilnin)
- Větší uplatnění plodin s nižší potřebou vody na produkci 1 kg sušiny (např. čirok, bér, proso, obecně C_4 rostliny)
- Výběr druhů a odrůd polních plodin s vyšší tolerancí k suchu a dobrým zdravotním stavem, které je možné pěstovat při nižší intenzitě vstupů (např. žito, triticale, pohanka)
- Větší zaměření na zdravotní stav orgánů rostlin zabezpečujících transport vody (kořeny, paty stébel apod.)
- Snížením běžně používaných výsevků a přesným setím dosáhnout optimální struktury porostu se silnými rostlinami odolnějšími k suchu
- Větší pozornost věnovat provenienci osiva, energii klíčení, hloubce setí a stanovení výsevku ve vztahu k termínu setí a cílené struktuře porostu

pracovní verze

- Setí směsí odrůd, popř. druhů polních plodin (intercropping) pro zvýšení stability výnosů a diversity produkce
- Pěstování plodin s nižšími výnosy a nižší potřebou vody (např. některé minoritní plodiny, plodiny pěstované v ekologickém systému hospodaření s vyšší přidanou hodnotou produkce)

Vhodné odrůdy ozimé pšenice do oblastí ohrožených suchem:

- Současný systém schvalování a doporučování odrůd v ČR znevýhodňuje méně výnosné odrůdy s odolností k suchu
- Vzhledem k předpokládaným změnám klimatu bude nutné šlechtit speciální odrůdy do sucha pro naše podmínky, které budou uplatněny v suchých oblastech zejména při setí směsí odrůd
- Požadavky na odrůdy pro suché oblasti:
  - Kvalitní osivo z oblasti bez stresů – nutná znalost provenience osiva, velmi dobrá klíčivost a vysoká energie klíčení
  - Kompenzační typy odrůd s nižší odnožovací schopností, vysokým počtem zrn v klasu a průměrnou HTZ
  - Menší atraktivnost pro přenašeče viróz (např. křísek polní)
  - Dobrá zimovzdornost a odolnost vyjarování spojená s rychlou jarní regenerací rostlin
  - Nevyžaduje vyšší dávku morforegulátoru růstu (např. do 1,2 l přípravků s CCC v BBCH 30)
  - Dobrý zdravotní stav, dostačující jedno fungicidní ošetření ve fázi BBCH 39 – 61 bez výraznějšího „green efektu“
  - Menší plocha horních listů a případná regulace metabolismu při vysokých teplotách snižováním aktivní plochy listů, vosková vrstva na povrchu listů
  - Vysoká objemová hmotnost zrna

pracovní verze

2. 2. Vhodné agrotechnické postupy pro efektivní hospodaření s půdní vláhou

Při hospodaření na půdě v oblastech ohrožených suchem je třeba uplatňovat agrotechnické postupy zlepšující schopnost půdy zadržet vodu ze srážek a efektivně ji využít pro růst rostlin.

2.2.1. Pravidelné hnojení statkovými a organickými hnojivy a regulace postupů urychlujících rozklad organických látek v půdě

Pro zlepšení struktury půdy a její retenční schopnosti je nutné pravidelné hnojení kvalitními statkovými (organickými) hnojivy s vyšším podílem C:N a jejich důkladné zapravení do půdy z důvodu rychlejšího rozkladu organických látek při umístění hnojiv do povrchové vrstvy půdy (např. radličkovými nebo diskovými podmítači), a to zejména v teplém letním období. Při vyšší teplotě a nižší vlhkosti půdy a intenzivní mineralizaci půdní organické hmoty může docházet ke ztrátám uhlíku ve formě emisí CO_2 a k následnému poklesu úrodnosti půdy a zhoršení její struktury. Na obr.1 je zachyceno měření emisí CO_2 při různých technologiích zakládání porostů řepky ozimé. Z našich výsledků vyplývá, že aplikace statkových a organických hnojiv s amoniakální formou dusíku a kypření půdy v letním období přispívá ke zvýšení ztrát C formou emisí oxidu uhličitého.

Kromě dodání organických látek do půdy je nutné také omezit postupy ve zpracování půdy a hnojení, které podporují jejich rozklad v půdě (omezení intenzivního kypření půdy při vyšších teplotách, ponechání části posklizňových zbytků (sláma, strniště) na povrchu půdy po sklizni plodin s cílem omezit výpar a prohřívání půdy, omezení aplikace hnojiv s jednomocnými kationty (K^+, NH_4^+, Na^+ apod.) na povrch půdy bez zapravení, omezení plošné aplikace dusíkatých hnojiv na povrch půdy v době intenzivních mineralizačních procesů včetně aplikace granulovaných minerálních N-hnojiv na „čerstvou“ slámu bezprostředně po sklizni apod.). **Čím více půdu kypříme (aerace) a intenzivněji zpracováváme, tím více organické hmoty bychom měli při trvale udržitelném hospodaření do půdy vracet.**

pracovní verze

Obr. 1 : Měření emisí CO2 po různém zpracování půdy k řepce (Ruzyně, foto Růžek)

Pracovní verze

2.2.2. Technologie zpracování půdy pro lepší zadržení vody a omezení výparu z půdy

Při zpracování půdy a zakládání porostů zemědělských plodin je nutné minimalizovat utužení a poškození půdy a omezit ztráty vody z půdy (optimalizace přejezdů techniky, slučování agrotechnických opatření s využitím pasivních nástrojů na zpracování půdy, mělká předseťová příprava půdy bez narušení seťového lůžka apod.). Časté chyby vznikají již při určení hloubky zpracování půdy (podmítka, orba, hluboké kypření včetně podrývání). Na obr. 2 je znázorněno určení optimální hloubky zpracování půdy (podmítka, orba apod.) podle její struktury a vlhkosti (testu rýčem). Spodní část pracovního nástroje by neměla končit na utužené nebo nadměrně vlhké vrstvě půdy. Na obr. 3 je povrchová struktura půdy po různé hloubce orby. Po špatně určené hloubce zpracování půdy je často nutná intenzivnější nebo opakovaná předseťová příprava (např. k řepce), při které může docházet ke ztrátě vody a k podpoře rozkladu organických látek v půdě. Také při hlubokém kypření nebo podrývání je často paušálně zvolena hloubka zpracování půdy, popř. i lokální nebo zonální aplikace minerálních hnojiv. Prokypřené zóny v půdním profilu pak mohou na některých půdách urychlovat odtok vody a rozpuštěných živin. Kromě toho dochází při hlubokém kypření půdy k poškození přirozených biopórů po makroedafonu v půdě, které významně a dlouhodobě přispívají k drenáži a provzdušnění spodních

vrstev půdy (obr. 4). Proto je nutné zejména k podrývání, které má dočasný účinek, přistupovat jen ve zdůvodněných případech (např. při utužení půdy po sklizni cukrovky či kukuřice za mokra po přejezdu těžké sklízecí techniky).

Pro lepší zadržení srážkové vody a omezení vodní eroze na svažitých pozemcích je třeba vytvořit na povrchu půdy hrubší strukturu (omezení paušálního válení půdy po zasetí, v případě nutnosti válení rynglovacími válci provádět po vrstevnicích, plečkování porostů cukrovky a kukuřice s vytvořením hrubé povrchové struktury půdy). Zejména po zasetí řepky ozimé je válení rozšířené, přestože při hlubším proschnutí půdy nemá opodstatnění a naopak vytváří riziko tvorby krusty na povrchu půdy po srážkách s nepříznivým vlivem na vzcházení rostlin, provzdušnění půdy a infiltraci vody do půdy. Při válení půdy po spádnici se významně zvyšuje riziko vodní eroze, a to i u většiny půd, kde bylo provedeno tzv. protierozní hluboké kypření nebo podrývání (obr. 5 – 7). Tyto nevhodné agrotechnické postupy je třeba zejména v oblastech s negativní vláhovou bilancí nahradit novými postupy zakládání porostů řepky do širších řádků nejlépe v kombinaci s přesným setím (setí přímo do strniště, do pásů se zpracovanou půdou apod.).

Při pěstování širokořádkových plodin (zejména kukuřice) na svažitých pozemcích lze doporučit pásové zpracování půdy (strip till) s ponecháním části posklizňových zbytků, strniště, mulče po meziplodině apod. v pásech na povrchu půdy a setím do zpracovaných pásů s cílenou podpovrchovou aplikací hnojiv do různých hloubek půdního profilu. Pásové zpracování půdy je rozumnou alternativou k orbě a ve srovnání s technologiemi bez zpracování nebo s mělkým kypřením půdy vytváří příznivější podmínky pro vsakování srážkové vody do prokypřeného pásu, prohřívání a provzdušnění půdy, růst kořenů do hlubších vrstev a využití živin z podpovrchově aplikovaných hnojiv. Čím více je povrch půdy pokryt rostlinnými zbytky a čím mělčí vrstva půdy se zpracovává, tím narůstá význam a zvyšuje se efektivnost lokální a zonální podpovrchové aplikace hnojiv do blízkosti kořenů rostlin. Při určení hloubky uložení minerálních hnojiv bychom měli znát fyzikálně-chemické vlastnosti půdy v místě aplikace hnojiva, protože např. hodnota pH může významně ovlivnit využitelnost fosforu i dalších živin rostlinami. Při rozhodování o plošné nebo lokální aplikaci hnojiv je nutné si uvědomit, že některé živiny jako např. fosfor mají významný vliv také na rozklad posklizňových zbytků a biologickou aktivitu půdy.

Při zakládání porostů kukuřice, čiroku apod. po jetelovinách, meziplodinách nebo do krycí plodiny je nutné v sušších oblastech věnovat pozornost vláhové

pracovní verze

bilanci, aby nedošlo k omezení růstu hlavní plodiny v důsledku nedostatku vody v půdě. Při zakládání porostů kukuřice a čiroku po ozimém žitu je nutné optimalizovat termín sklizně a zároveň zabránit obrůstání žita v porostu kukuřice (obr. 8).

Inovované postupy při zpracování půdy a hnojení pro lepší hospodaření s vodou a organickou hmotou v půdě - shrnutí

- Pásové zpracování půdy omezuje vodní erozi na svažitých půdách, snižuje ztráty vody výparem, zlepšuje bilanci organických látek v půdě (obr. 9 a 10)
- Setí do hrubé brázdy po orbě se zpracováním úzkého pásku a seťového lůžka omezuje vodní erozi, zlepšuje zadržení vody ze srážek a vláhový režim v půdě (obr. 11 a 12)
- Plečkování cukrovky a kukuřice s vytvořením hrubé povrchové struktury půdy a modulací půdního profilu pro lepší zadržení srážkové vody a omezení eroze, tvorba akumulačních prostorů pro vodu v kořenové zóně rostlin, možné kombinovat s podpovrchovou aplikací hnojiv ke kořenům rostlin do zóny s vyšší a stabilnější vlhkostí půdy (obr. 13 a 14)
- Omezení plošné aplikace minerálních dusíkatých hnojiv a digestátu v letním období včetně vyrovnávací dávky dusíku na slámu (sláma se většinou rozkládá později a aplikovaný dusík podporuje rozklad organických látek z půdy a zvyšuje ztráty C nárůstem emisí CO_2)

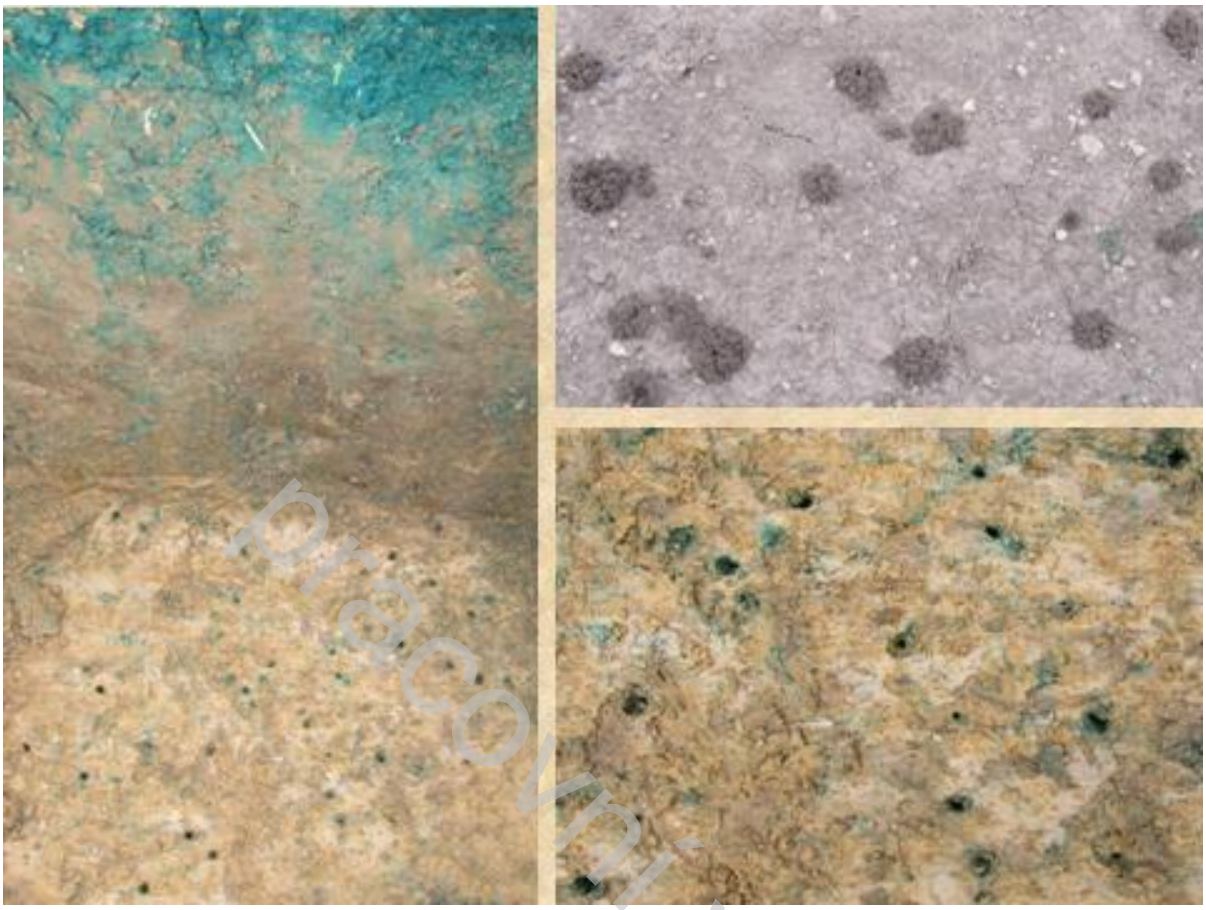
pracovní verze

Obr. 2: Určení optimální hloubky zpracování půdy podle její struktury a vlhkosti (test rýčem, foto Růžek)

pracovní verze

Obr. 3: Povrchová struktura půdy po různé hloubce orby (dole správná, foto Růžek)

Obr. 4: Význam makroedafonu a biopórů při infiltraci vody do půdy, její provzdušnění a zlepšení struktury (foto Růžek)



Obr. 5: Přivalení půdy po zasetí řepky hladkými válci (vytvoření hladké povrchové struktury s rizikem rozplavení půdních agregátů po srážkách, foto Růžek)

pracovní verze

Obr. 6: Poškozená povrchová struktura půdy se zasetou řepkou po srážkách (foto Růžek)

Obr. 7: Povrch půdy s rostlinami řepky po orbě (vlevo přikulení rynglovacími válci po zasetí, vpravo ponechání hrubé povrchové struktury, foto Růžek)

Pracovní verze

Obr. 8 : Riziko setí kukuřice po oz. žitu při nedostatku srážek (foto Růžek)

Pracovní verze

Obr. 9: Pásové zpracování půdy ke kukuřici do výdrolu po obilnině v podzimním (vpravo) a jarním období (foto Růžek)

Obr. 10: Porost kukuřice : Setí do zpracovaných pásů půdy (stript till, foto Růžek)

Obr. 11: Porost kukuřice : Setí do hrubé brázdy po orbě (zpracování úzkých pásků, foto Růžek)

Pracovní verze

Obr. 12: Porost kukuřice v suchém roce 2015: vlevo klasický postup (orba + kompaktor před setím), vpravo setí do hrubé brázdy po orbě (foto Růžek)

Obr. 13: Plečkování cukrovky: hrubá povrchová struktura půdy + modulace „hrůbku“ pod povrchem půdy, který přivádí vodu ke kořenům (foto Růžek)

Obr. 14: Plečkování s aplikací hnojiv: hrubá povrchová struktura půdy (zvýrazněny akumulační prostory pro zadržení vody)

pracovní verze

Zvýšení zadržení vody ze závlah a její efektivní využití rostlinami

- V příštích letech se předpokládá v důsledku změny klimatu větší rozšíření závlah při pěstování zeleniny a brambor. Nejvíce rozšířená dosud je závlaha postřikem, při které dochází ke značným ztrátám vody
- Řešením do budoucna je kapková závlaha, která je zatím vzhledem k vysokým pořizovacím nákladům, u brambor a běžné zeleniny používána v malé míře
- Při závlaze postřikem je třeba změnit tvar záhonů a hrůbků včetně úpravy kolejových brázd, aby nedocházelo k odtoku vody do níže položených míst obr. 15 – 17)
- Na zavlažovaných půdách dochází k vyplavení bazických kationů Ca^{2+} a Mg^{2+} z horní vrstvy půdy, které mají významný vliv na stabilitu organických látek v půdě a půdní strukturu. Při jejich nedostatku dochází k rozplavení agregátů a zhoršení infiltrace vody do půdy
- Na zavlažovaných půdách dochází i přes organické hnojení k postupnému snižování organických látek v půdě a zároveň i poměru C:N. Často jsou

používána nevhodná organická hnojiva s úzkým poměrem C:N, která podporují mineralizační procesy v půdě. Úbytek organických látek vede ke zhoršení půdní struktury a infiltrace závlahové a srážkové vody do půdy

- Ke zhoršení povrchové struktury přispívá také aplikace některých minerálních hnojiv na povrch půdy (obr. 18)

Obr. 15: Vodní eroze při zavlažování zeleniny postřikem záhonů (foto Růžek)

pracovní verze

Obr. 16: Nevhodný tvar hrůbků u brambor pro zadržení vody (foto Růžek)

Obr. 17: Úprava tvaru hrůbků a brázd pro lepší zadržení vody ze srážek a závlahy (foto Růžek)

Pracovní verze

Obr. 18: Zhoršení povrchové struktury půdy po aplikaci minerálních hnojiv na povrch půdy a následné závlaze (foto Růžek)

pracovní verze

2.2.3. Setí směsí odrůd a druhů polních plodin (intercropping) pro zvýšení diversity produkce a stability výnosů

Ve spolupráci s českým výrobcem zemědělské techniky Farmet, a.s. byl vyvinut a v zemědělské praxi ověřen originální secí stroj Falcon (oceněn hlavní cenou na mezinárodním veletrhu TECHAGRO 2014), který dokáže paralelně do lichých a sudých řádků sít 2 odrůdy nebo 2 druhy zemědělských plodin (zejména v ekologickém zemědělství a v systémech low-input) s různými výsevky a různou hloubkou uložení osiva, což přispívá mimo jiné ke stabilizaci výnosů a kvality produkce v suchých oblastech (obr. 19 a 20). Pěstování méně výnosných odrůd s vyšší tolerancí k suchu (např. některé osinaté odrůdy) v kombinaci s výnosnějšími odrůdami se střední tolerancí snižuje rozdíly ve výnosech a kvalitě produkce v jednotlivých letech. Při nejistotě srážek a setí do proschlé půdy s horší strukturou je možné zvolit různou hloubku setí sudými a lichými botkami. Paralelní setí dvou různých výsevků umožňuje optimalizovat strukturu porostů a omezit riziko při

zakládání porostu s nízkým výsevkem (např. u hybridních odrůd ozimé pšenice). S využitím technologie strip-drill se zvyšuje zadržení srážkové vody v půdě a při setí drobnosemenných plodin (např. řepka) je při nižší vlhkosti půdy dosažena výrazně lepší vzcházivost (využívá se tzv. "efekt rosení" v nakypřeném pásku).

Intercropping je simultánní pěstování dvou a více plodin/odrůd na stejném pozemku a ve stejnou dobu, aniž by musely být vysévány nebo sklízeny ve stejnou dobu. Tato praxe je známa zejména z oblastí tropů a subtropů, kde využití kultivace více plodin na jednom pozemku zajišťuje vyšší zisk a výnosovou stabilitu v porovnání s monokulturním pěstováním. Z několika dostupných studií se začíná tato metoda pomalu prosazovat i v EU. Nejrozšířenější je v Dánsku, Velké Británii, Francii, Itálii a Německu. Tato metoda, kdy se na jeden pozemek vysévají různé plodiny/odrůdy metodou row-by-row (střídání řádků), strips (několik řádků – 2-5 řádků jedné plodiny/odrůdy se střídá s 2-5 řádky druhé plodiny (odrůdy) nebo ve směsi (směs plodin/odrůd) má mnoho pozitivních efektů. Dosahuje stabilnějšího výnosu potenciálně lepším využitím zdrojů světla, živin a vody a jiných vlastností vyplývajících ze zvýšené agrobiodiverzity. Dalšími výhodami jsou snížení vyplavování některých živin, redukce výskytu chorob a škůdců a snížený výskyt plevelů.

Obr. 19: Směs výnosné odrůdy Tobak s osinatou odrůdou Annie s vysokou kvalitou zrna (foto Růžek)

pracovní verze

Obr. 20: Setí různých výsevků hybridní odrůdy ozimé pšenice ob řádek (1 a 1,4 MKS, snížení nákladů na osivo a stabilizace výnosů zrna při nízkém výsevku, foto Růžek)

Pracovní verze

2.2.4. Používání minerálních hnojiv s regulovaným uvolňováním živin

V teplejších a sušších oblastech a na půdách s vyšší biologickou aktivitou (kromě promyvných půd s písčitým a štěrkovitým podložím) je vhodné aplikovat vyšší dávky dusíku k ozimým plodinám na začátku jarní vegetace rostlin, protože později aplikované dávky vzhledem k častým přísuškům nebo větší imobilizaci N půdní mikroflórou (např. při posklizňových zbytcích na povrchu půdy) mají nižší účinnost. Pro toto hnojení jsou velmi vhodná hnojiva s regulovaným uvolňováním dusíku, jako například UREA^{stabil} = močovina s inhibitorem ureázy, který zpomaluje hydrolýzu močoviny, čímž omezuje ztráty únikem amoniaku a prodlužuje dobu, kdy může být nehydrolyzovaná močovina po srážkách transportována ke kořenům rostlin. Na rozdíl od nitrátového dusíku, který je také dobře pohyblivý v půdě, nerozložená močovina je velmi pomalu přijímána kořeny rostlin, a tak nedochází např. u ozimé pšenice k tvorbě většího počtu odnoží a zahuštění porostu, což může být v suchých oblastech nepříznivé. Při hnojení vyššími dávkami dusíku před setím jarních plodin

(např. kukuřice, cukrovka) s možností zapravení hnojiva do půdy při předseťové přípravě nebo při podpovrchové lokální aplikaci do půdy je vhodné používat hnojiva s dobrou rozpustností a s živinami dobře pohyblivými v půdě, aby nedocházelo k následné vyšší koncentraci živin v povrchové vrstvě půdy, což může mít nepříznivý vliv na růst kořenů do hloubky. Živiny málo pohyblivé v půdním profilu (P, K) musí být aplikovány a zapraveny do půdy již na podzim nebo při jarní aplikaci musí být zapraveny nejlépe do pásků do hlubších vrstev půdy (15 – 25 cm).

Kromě hnojení dusíkem je v oblastech ohrožených suchem nutné věnovat pozornost také draslíku, který významně ovlivňuje hospodaření rostlin s vodou. Z aktuálních výsledků agrochemického zkoušení zemědělských půd (podle zákona o hnojivech) se průměrná zásoba přístupného draslíku v zemědělských půdách České republiky pohybuje na úrovni cca 250 $mg.kg^{-1}$ půdy, což v rámci hodnocení lze zařadit do kategorie „dobré“ zásoby.

Na základě porovnání této průměrné hodnoty České republiky s menšími územními celky (okresy) a současně s přiřazením oblastí, které jsou v rámci klimatické změny nejvíce postiženy suchem je patrné, že v těchto územích se v naprosté většině případů vyskytují spíše zvýšené obsahy draslíku v zemědělské půdě (např. okresy: Znojmo 280 mg, Hodonín 280 mg, Břeclav 307 mg, Vyškov 316 mg, Rakovník 292 mg, Litoměřice 489 mg, atd.). V těchto oblastech je tedy naprosto nezbytné před prováděným hnojením velmi pečlivě posoudit situaci v obsahu přístupných živin v půdě (zejména kationtů). V půdách dobře zásobených anebo i přezásobených živinami s jednomocnými kationty jako draslík při dalším jejich přidáním do půdy formou hnojení (včetně kejdy a digestátu) totiž naopak docházet k nežádoucímu jevu, tzv. peptizaci koloidů, což je v podstatě jev, který způsobuje destrukci půdní struktury a slévavost půdy (zpravidla se vytváří povrchový půdní škraloup). Z hlediska úrodnosti půdy je to jev velmi nežádoucí – následně to má negativní vliv na pěstované plodiny, zejména v raných stádiích růstu. V těchto případech by pak hnojení (zejména draslíkem) mělo efekt naprosto opačný a je nutné situaci velmi pečlivě posoudit.

Používání minerálních hnojiv v oblastech ohrožených suchem - shrnutí

- Současné způsoby aplikace minerálních hnojiv mohou zhoršovat povrchovou strukturu půdy, její retenční schopnost a podporovat rozklad organických látek v půdě (obr. 21)

pracovní verze

- Pomalu rozpustná granulovaná hnojiva a živiny s omezenou pohyblivostí v půdě zůstávají při nízkých srážkách delší dobu na povrchu půdy, což může negativně působit na biologické, chemické a fyzikální procesy v povrchové vrstvě půdy
- Perspektivním řešením je používání hnojiv s regulovaným uvolňováním živin aplikovaných do půdy ke kořenům rostlin nebo na povrch půdy v době, kdy je větší jistota srážek
- Při lokální nebo zonální aplikaci hnojiv do půdy je nutné zabezpečit přívod vody k hnojivům (např. úpravou povrchu půdy nebo vytvořením akumulačních prostorů pro vodu v blízkosti kořenů)
- Věnovat větší pozornost vlivu hnojení N na strukturu porostu a zdravotní stav rostlin, optimalizaci dávek K, P atd. vzhledem ke zvýšení odolnosti ke stresům
- Při optimalizaci hnojení používat variabilní dávky hnojiv na základě výnosových map, dostupnosti vody pro rostliny a výsledků diagnostických metod výživného stavu půd a rostlin
- Při interpretaci výsledků některých metod (např. N-tester) brát v úvahu omezené využití při absenci srážek, kdy zůstávají živiny na povrchu půdy

pracovní verze

Obr. 21: Vliv aplikace minerálních hnojiv na povrchovou strukturu půdy (foto Růžek)

pracovní verze

2.2.5. Ekologické systémy hospodaření na půdě

Ekologické zemědělství je významnou, šetrnou a inovativní oblastí přispívající k trvale udržitelnému rozvoji zemědělsky využívané krajiny. Vzhledem k zpravidla nižším výnosům pěstovaných plodin než v konvenčním zemědělství je nižší spotřeba vody z půdy. Ekologické zemědělství je svojí podstatou založeno na širokých osevních postupech tak, aby se postupně zvyšovala půdní úrodnost, obsah organické hmoty a s tím spojená retenční schopnost půdy a krajiny. V posledních 10 letech se poptávka po bioproduktech a biopotravinách neustále zvyšuje. V rozloze ekologicky obhospodařovaných ploch patří ČR mezi dvacet zemí světa s největší výměrou a mezi deset s nejvyšším podílem EZ na celkové zemědělské ploše.

V rámci EU se dlouhodobě drží na čtvrtém místě s celkovou výměrou EZ 13 % (2015). EZ se rozvíjí zejména v rámci LFA, kde 50 % oblastí je v EZ. To souvisí s užitím půdy, kdy 83 % půdy je v TTP. S tím souvisí nedostatečná produkce biopotravin z důvodu nedostatku orné půdy v EZ. Poptávka po bioprodukci se potom řeší dovozem a to zejména z Číny a z jiných států mimo EU, ačkoliv je možné tyto plodiny v ČR pěstovat (proso, pohanka, amarant, apod.) a existuje pro ně odbyt.

pracovní verze

3. Návrh konkrétních doporučení v zemědělském podniku (Generel vodního hospodářství krajiny ČR)

Operativní agrotechnická opatření pro zlepšení hospodaření s vodou v půdě a její efektivní využití rostlinami

Požadované změny v agrotechnice jsou shrnuty v tabulce a budou vyžadovat preciznější a operativnější přístupy s využitím diagnostických metod pro zjištění výživného a zdravotního stavu rostlin a s regulací vstupů na základě aplikačních map. Výrazně vyšší roli musí hrát operativní optimalizace vstupů a využívání přístupů precizního zemědělství i s ohledem na výraznou proměnlivost podmínek v rámci jednotlivých honů. Optimalizace dávek minerálních (zejména dusíkatých) hnojiv přispěje k omezení rozkladu organických látek v půdě, zlepšení povrchové struktury půdy, zvýšení diversity půdních organismů včetně vyšší aktivity nesymbiotických fixátorů dusíku (např. Azotobacter). V následující tabulce je u jednotlivých plodin popsán současný stav a navrženy doporučené změny ve zpracování půdy a hnojení při minimálních požadavcích na investice (1) a při nákupu nových strojů a zařízení (2).

Tab. 3: Doporučené změny ve zpracování půdy a hnojení

Plodina	**Popis současného stavu a navržených změn**
pšenice ozimá	Většina porostů zakládána po ozimé řepce (600 ha) – nyní většinou 2× disky + hlubší kypření Vario do 15-20 cm + následné hnojení 2 q NPK před setím. Na jaře hnojeno 250 kg LAD·ha^{-1} + 150 l DAM + 100 l DAM·ha^{-1}. 1. Ověřit mulčování strniště horizontálním mulčovačem po sklizni řepky a v případě vlhké povrchové vrstvy půdy nechat vzejít výdrol bez podmítky a zapravit disky již vzrostlý výdrol. Zpracování půdy omezit na 2 operace, před setím zpravidla nemá význam dodávat v hnojivech dusík, protože po ozimé řepce je dostatek rostlinami využitelného dusíku v půdě. Hnojení dusíkatými hnojivy směrovat i ve vyšších dávkách do začátku jarní vegetace (před ozimou řepkou aplikovat k ozimé pšenici vyšší dávky N včetně přihnojení na začátku metání 60 kg N·ha^{-1}). Při nevyužití dusíku v případě následného přísušku je zbytkový dusík využit rostlinami ozimé řepky – lepší stav porostu na podzim. 2. Setí do půdy s mulčem na povrchu, setí směsí kompenzačních odrůd, z toho 1 odrůda tolerantní k suchu. Variabilní regulace vstupů (minerální hnojiva, pesticidy) na základě aplikačních map integrujících zjištěná data o půdě a stavu porostu (dostupnost vody pro rostliny, výnosové mapy, DPZ, výživný stav půdy a rostlin apod.). V místech s nízkou

pracovní verze

	dostupností vody pro rostliny v době přísušků (např. štěrkovité nebo mělké půdy) významně omezit intenzitu vstupů. Při pořizování postřikovače možnost instalace aplikačních trubic ve vzdálenosti 25 cm pro pozdní přihnojení porostů kapalným hnojivem DAM – významné omezení rizika popálení porostu.
kukuřice na siláž	Kukuřice následuje po jarním ječmeni nebo ozimé pšenici. Po sklizni je provedena mělká podmítka, před zimou je aplikován hnůj, který je zaorán. Na jaře následuje smyk + brány, hnojení Alzon (225 kg·ha^{-1}), při setí 100 kg Polydap·ha^{-1}. 1. Na svažitých pozemcích lze doporučit setí kukuřice do půdy s hrubou povrchovou strukturou, setí spolu s krycí plodinou s nízkým odběrem vody nebo aplikaci hnoje již k předplodině nebo meziplodině a setí kukuřice do strniště, mulče z posklizňových zbytků předplodiny, ošetřeného výdrolu nebo meziplodiny. Dusíkaté minerální hnojivo Alzon s inhibitorem nitrifikace používat jen na mělkých promyvných půdách. Vzhledem k omezení tvorby nitrátů zůstává N koncentrován na povrchu nebo v horní vrstvě půdy, což může mít v některých letech (2015) nepříznivý vliv na růst kořenů do hlubších vrstev půdy. Doporučuje se místo hnojiva Alzon použít močovinu se zapravením do půdy nebo hnojivo UREA^{stabil}, obsahující inhibitor ureázy, který omezuje ztráty N únikem amoniaku a vytváří vhodné podmínky pro pohyb nehydrolyzované močoviny v půdě. Při setí je lepší v sušších oblastech aplikovat menší dávku hnojiva Polydap (20-50 kg·ha^{-1}) v kombinaci s močovinou nebo UREA^{stabil} pro podporu počátečního růstu rostlin. Jestliže není příjem fosforu z půdy rostlinami omezen (např. karbonátové půdy, nízká nebo vysoká hodnota pH, nízká zásoba P v půdě), je lepší aplikovat fosforečná hnojiva před podzimní orbou a při setí použít jen nízkou startovací dávku P spolu s N, popř. dalšími živinami. 2. Pro zvýšení infiltrace srážkové vody do půdy a omezení eroze lze doporučit pásové zpracování půdy (strip till) s vertikální zonální aplikací hnojiv a plečkování porostu kukuřice plečkou, která vytváří na povrchu půdy hrubou strukturu a zároveň umožňuje aplikovat minerální hnojiva ke kořenům rostlin. Také je možné doporučit setí kukuřice společně s krycí plodinou do meziřádků nebo po meziplodině, ale v těchto případech je třeba vyhodnotit bilanci vody.
cukrová řepa	Cukrová řepa následuje většinou po ozimé pšenici. Po sklizni je provedena mělká podmítka, před zimou je aplikován hnůj, který je zaorán. Na jaře následuje smyk + brány, hnojení 300 kg NPK a 100 kg Alzon·ha^{-1}, předseťová příprava půdy kompaktorem. 1. U orby se doporučuje použít kypřící dláta za kolem traktoru jedoucím v brázdě nebo při kompaktním utužení podorniční vrstvy půdy podrývák. Obdobně jako u kukuřice je třeba volit hnojiva s formami živin, která jsou dobře pohyblivá v půdním profilu nebo jsou zapravena do hlubších vrstev půdy (při

pracovní verze

	hlubokém kypření, orbě apod.). Dávku dusíku korigovat na základě zásoby N_{min} v půdě do hloubky 0,9 m. V sušších oblastech se doporučuje dusík k cukrové řepě aplikovat s dostatečným odstupem před setím v dobře rozpustných hnojivech s nitrátovou nebo močovinovou formou dusíku, které jsou dobře pohyblivé v půdním profilu. 2. Plečkování porostu cukrové řepy plečkou, která vytváří na povrchu půdy hrubou strukturu a zároveň umožňuje aplikovat kapalná dusíkatá minerální hnojiva ke kořenům rostlin.
jarní ječmen	Jarní ječmen následuje po cukrovce nebo ozimé pšenici. Po cukrovce jsou po sklizni použity disky a před zimou podrývák do hloubky 35 cm. Na jaře je hnojeno 200 kg NPK a následuje předseťová příprava kompaktorem. Ve 3 listech přihnojeno 100 l DAM. 1. Hloubku podrývání je třeba určit podle skutečné hloubky utužené vrstvy půdy. Pro upřesnění jarního hnojení N je nutné zjistit zásobu N_{min} v půdě. Do kapalného hnojiva DAM je vhodné přidat inhibitor ureázy (Stabiluren).
ozimá řepka	Po sklizni ozimé pšenice podmítka disky s následnou orbou nebo při pozdější sklizni přímo orba. Před setím 200 kg NPK·ha^{-1}, zapraveno kompaktorem, na jaře 300 kg DASA·ha^{-1}, 150 a 100 l DAM·ha^{-1}. Při hnojení hnojivem DASA na vlhkou půdu po zimě může docházet ke zhoršení povrchové struktury půdy a snížení její infiltrační schopnosti 1. Po sklizni ozimé pšenice přikulit podmítku pro podporu vzejití výdrolu. Ověřit založení porostu řepky s přesným setím při vzdálenosti řádků 37,5 cm (např. secím strojem Kinze). Používat osivo s větší HTS, a to zejména při setí za sucha. Aplikaci hnojiva DASA (SA) na půdách s horší půdní strukturou pokud možno provést až v časném 2. přihnojení, kdy již bývá lepší struktura půdy, popř. nahradit jiným hnojivem (např. močovina se sírou). 2. Přesné setí na vzdálenost řádků 37,5 cm s následným plečkováním a vytvořením hrubé struktury na povrchu půdy (působí protierozně do zapojení porostu) a s možností přihnojení kapalnými minerálními hnojivy ke kořenům rostlin.

pracovní verze