



„Česká technologická
platforma rostlinných biotechnologií –
Rostliny
pro budoucnost“

STRATEGICKÁ VÝZKUMNÁ AGENDA

vytvořená v rámci SPOLUPRÁCE – Technologické platformy,
Výzval. v rámci žádosti č. 5.1 SPTP02/001

Aktualizovaná verze 3. pro
OP PIK – Spolupráce - Platformy 3. Výzva

ÚVOD

Během průmyslové revoluce vyšlo najevo, že dřevo není vhodným zdrojem energie zejména pro průmyslovou výrobu a tavení železa. Přechod na uhlí trval několik let a podobně ani přechod na ropu neprobíhal plynule. Je tedy reálná předpokládat, že změna výroby energie a materiálu a využívání obnovitelných zdrojů bude provázena mnoha neúspěchy, překážkami technickými i politickými. Předchozí změny se dnes mohou zdát méně komplikované (Philip, 2018), v současné době společnost čelí limitům kapacit (Egenolf and Bringezu, 2019), změnám klimatu a vyšší angažovanosti společnosti. Globální populace roste, příjmy rostou a světová ekonomika se neustále rozšiřuje, nároky na biologické zdroje, jídlo a energie se neustále zvyšují. Do roku 2030 bude nutné vyprodukovat o 50% více potravin a energie, spolu s 30% více čerstvé vody (Guardian, 2016). Vzniká tedy silný apel na politickou reprezentaci pro to, aby podnikla kroky vboji změna klimatu postupným ukončením využívání fosilních zdrojů při výrobě materiálů a energie a nahradit je obnovitelnými zdroji (Bell et al., 2018). **Ukončení závislosti na fosilních palivech na situaci, kdy zemědělství bude nejen poskytovat potravinovou bezpečnost, ale také biomasu jako obnovitelnou surovinu pro průmysl je základem Evropské integrované bioekonomiky (Lokko et al., 2018), jedná se tedy o transformaci na biologicky udržitelné, udržitelné hospodářství - „Průmysl 5.0“ - kde biologizace je hlavním principem bioekonomiky (Schutte, 2018). Lewandowsky (2018) očekává, že bioekonomika pomůže prosadit principy udržitelného rozvoje a nabídne řešení, jak řešit globální výzvy související se změnou klimatu, vyčerpáváním přírodních zdrojů a úbytku ekosystému, Viaggi (2018) hovoří o nutnosti budování společné vize, jak by mělo být nakládáno s biologickými zdroji.**



Moderní společnost je charakterizována rostoucími požadavky na kvalitu života a menší společenskou přijatelností rizik jakéhokoli druhu. Současně je společnost čím dál komplikovanější, což vytváří nová rizika, a to jak zevnitř společnosti (zejména demografická obměna, ztráta sociální koheze a hrozící selhání infrastruktury včetně zásobování), tak i zvenčí (mezinárodní terorismus, migrace, epidemie, přírodní a technologické katastrofy). Koncept udržitelnosti životavnosti jako reakce na nově vznikající rizika byl definován jako „způsob rozvoje, který uspokojuje potřeby přítomnosti, aniž by oslaboval možnosti budoucích generací naplňovat jejich vlastní potřeby“. Klade důraz na výzkum a technické inovace jako cestu k rozvoji, který zajistí vyšší kvalitu života a zároveň bude méně energeticky a surovinově náročný.

Koncepce ekosystémových služeb pak zahrnuje služby, jež nám dnes ekosystémy poskytují jakoby zdarma či automaticky: jde o služby zásobovací (produkce potravin, dřeva nebo vody), regulační (regulace klimatu, povodní, chorob, kvality vody a zneškodňování odpadů), kulturní (rekreace, estetické požitky duchovní naplnění) a podpůrné (tvorba půdy, opylování a koloběh živin).

Celosvětově dochází k rozvoji biotechnologického průmyslu i šlechtitelských technologií zaměřených na minimalizaci environmentálních rizik (např. selekce genotypů užitkových rostlin rezistentních vůči imisím i ekologickým stresům) a na optimalizaci funkce velkoplošných ekosystémů. Tyto trendy jsou v souladu se změnami evropského zemědělství, které předpokládají snižování energetických vstupů a respektování jeho krajinotvorné, půdoochranné a odohospodářské funkce bez ohrožení jeho funkce produkční. Prohloubení a rozšíření poznatků vedoucích k produkci širokého sortimentu kvalitních a bezpečných potravin a vytvoření předpokladů pro zdravou výživu obyvatelstva, představuje lokální i globální hlediskou prioritní oblast výzkumu. Podpora moderních (bio)technologií vedoucích k produkci nutričně hodnotných, atraktivních a současně zdravotně nezávadných potravin zákonitě vyúsťuje v jejich konkurenceschopnosti, jak na domácím trhu, tak v zahraničí.

V globalizujícím se světě není nadále možné, aby jednotlivé státy investovaly do udržitelného rozvoje jen prostřednictvím péče o své vlastní území. Udržitelný rozvoj bude čím dál tím více záviset natom, do jaké míry se podaří omezit hrozivou nerovnováhu mezi jednotlivými zeměmi a regiony. Klíčovou roli v tom hrají a budou hrát nikoli přímé finanční a materiální transfery a pomoci, ale zejména transfer znalostí. S rostoucí hospodářskou výkonností ČR rostou její možnosti zúčastnit se těchto transferů; na druhé straně realistické zhodnocení možností ČR musí vést k vytipování několikamílo oblastí (jak geografických, tak především věcných), kam rozvojovou pomoc zaměřit.

Přitom je velmi důležité, aby programy a projekty české zahraniční rozvojové pomoci vycházely z podrobné znalosti lokálních podmínek, byly environmentálně citlivé, sociálně únosné a ekonomicky životaschopné, tedy dlouhodobě udržitelné. Prioritou je podpora potravinové soběstačnosti a rozvoj relevantních (bio)technologií a agrotechniky, stejně jako ochrana ekosystémů vesměs unikátních z globálního hlediska. V obou oblastech je zásadní příprava příslušných specialistů a podpora oborového výzkumu v rozvojových zemích.

Rozvoj zemědělství venkovského prostoru je dlouhodobá priorita EU; hlavní směry rozvoje zemědělství venkovského prostoru mají těžiště v ochraně přírodních zdrojů (ochrana půdy, vody, biologické rozmanitosti, řízení a zajištění funkčnosti vodních zdrojů), v ekologickém obhospodařování krajiny, v ochraně životního prostředí ve venkovských oblastech, v celém systému obhospodařování půdy a v postupech šetrných k životnímu prostředí, včetně ošetřování travních porostů. Důraz je kladen na vypracování systémů směřujících k zachování a rozvoji zemědělských a lesnických systémů s vysokou přírodní hodnotou v oblasti tradičních zemědělských krajín. Jedním z hlavních cílů rozvoje zemědělství je a bude zmírňování klimatických změn.

Od roku 2012 je možné pozorovat rychlejší změny klimatu, které se tak stávají naléhavým problémem, který je potřeba řešit. Lidské aktivity, výroba, spotřeba kladou stále větší tlak na půdy, oceány, vodu, ovzduší, biologickou rozmanitost, klima a další přírodní zdroje. Ztráta biodiverzity, snížení úrodnosti půdy se ukazují být stejně závažné jako klimatická změna. Vyčerpávání neobnovitelných zdrojů a současná potřeba výživy narůstajícího počtu obyvatel ukazují, jak je důležitá dlouhodobá udržitelnost, respektování omezených zdrojů planety Země a snaha o maximální zvyšování efektivity jejich využívání. S tím souvisí také recyklace zdrojů a živin, využívání odpadu a cirkulární ekonomika.

Na tyto problémy reaguje Evropská strategie pro bioekonomiku, která byla vytvořena v roce 2012; v roce 2017 proběhla revize této strategie včetně revize akčního plánu. Hlavní cílem strategie je začít efektivněji využívat obnovitelných zdrojů pro průmyslové účely a zároveň zajistit ochranu životního prostředí (EC, 2018). **Strategie zdůrazňuje, že bioekonomiku je možné pojmout jako propojení těchto pěti oblastí: zajištění bezpečnosti potravin, řízení, snížení závislosti na neobnovitelných zdrojích, zmírňování a přizpůsobování se změně klimatu a vytváření pracovních míst konkurenceschopnosti EU.** Hlavní zásadou Evropské strategie bioekonomiky je vyvážit sociální, environmentální a ekonomické zisky udržitelným využíváním obnovitelných zdrojů, ochranou a obnovou biologické rozmanitosti, ekosystémů a přírodního kapitálu půdy a vody. Akční plán obsahuje soubor konkrétních opatření, jak strategické cíle naplnit.

Strategie mobilizuje veřejné a soukromé investice (např. Společné podniky průmyslového odvětví biologického průmyslu (tzv. Bio-based Industries Joint Undertaking, EC, 2015) s téměř 1 miliardou EUR. Evropská komise (ES) se zavazuje prosazovat tyto hlavní zásady v rámci nové strategie bioekonomiky: propojení se stakeholdery, realizace politik založených na prokazatelné evidenci a zpracování dlouhodobé vize a inovační agendy, která je nezbytná pro posuzování dlouhodobých dopadů.

Poptávka po bioproduktech (paliva, chemikálie atd.) celosvětově roste a odhaduje se, že poptávka v EU vzroste s 50 miliard tržní hodnoty do roku 2030. Poptávka by měla být uspokojena udržitelným způsobem výrobou v EU a využitím 100MT dosud nevyužité biomasy.

EU investovala více než 100 milionů nových technologií, jako jsou syntetické biologie nebo metabolické inženýrství a zkoumá příležitosti začlenit tyto technologie do bioekonomiky. Radikální inovace mohou umožnit například vývoj nových energeticky a nákladově efektivních procesů pro EU; využití CO₂ emitovaného z průmyslových závodů a jeho přeměnu na chemické výrobky. Výzkum, vývoj a inovace mohou změnit dnešní biologický odpad na zítřejší produkty. Například komunálního biologického odpadu měst - Stockholm, Lublaň a Porto začínají zkoumat potenciál přeměny biologického odpadu nejen do energie a kompost, ale také na chemikálií s vyšší hodnotou. Město Amsterdam zveřejnilo předpoklad, jak vysoká hodnota recyklace organických zbytků ve městě bude hlavním prvkem městské oběhové ekonomiky, vytváření pracovních míst, ekonomické růst a zároveň úspor emisí CO₂. Tento trend budou

velmi pravděpodobně následovat další města, podpora pilotních příkladů je zakomponovaná do nové Evropské strategie.

Návrh budoucích výzkumných řešení by měl reflektovat současnou situaci nejen v agrárním sektoru aměl by být vizí pro rozvoj tohoto sektoru do budoucích let při respektování vazeb agrárního sektoru naoblast životního prostředí. Agrární sektor musí být vnímán jako nedílná součást agroekosystému ajako jeden zhlavních udržovatelů a správců krajiny. Bez optimálního nastavení postupů vagrárním sektoru bude nutně docházet kdegradaci všech ekosystémových funkcí. Výzkumné směry musí reflektovat všechny vazby mezi přirozenou alidskou činností utvářenou biodiverzitou amusí se snažit tyto vazby optimalizovat. Veškerá lidská činnost vtéto oblasti musí také reflektovat tyto změny především v oblasti klimatu, musí studovat tyto vlivy nafungování agroekosystému amusí dávat ve svých výzkumných výstupech návody, jak předcházet či vhorším případě, jak eliminovat tyto vlivy.

Rostlinné biotechnologie významně přispívají ke zvyšování bezpečnosti potravin a výživy. Podle studie HFFA Research (2016) se od roku 2000 v EU významně zlepšilo zásobování potravin pro 160 mil. lidí. Právě díky inovacím v oblasti šlechtění a biotechnologií vzrostlo za posledních 15 let pěstování pšenice v EU o více než 22 milionů tun. Toto množství představuje 64 chlebů pro každého člověka v EU. **Šlechtitelský program zajistil, že zemědělci každoročně vypěstují dalších 10 milionů tun brambor, tedy množství, která přesahuje roční produkci brambor z celého Polska.** Bez rozvoje šlechtění a biotechnologií by ceny zemědělských komodit byly v průměru o 3 až 10% vyšší, než je tomu v současné době. Tím by se EU stala čistým dovozcem ve všech hlavních plodinách na orné půdě, včetně těch, které jsou nyní vyváženy - brambory , pšenice a jiných obilovin.

Při koncipování bude nutně docházet k překryvům sněkterými dalšími směry. Změny rozšíření organismů včetně ekologicky klíčových druhů, např. opylovačů, ale i škůdců apatogenů, vliv různých změn navymírání organismů, vliv znečišťování, eutrofizace adepozice dusíku, šíření nepůvodních ainvazních druhů, genetická eroze, to je jen několik příkladů oblastí, kde dochází kprolínání mezi jednotlivými studijními směry.

Citlivou záležitostí, i s politickými konotacemi, je odhad rozsahu askladby využívání energetických plodin ainvestic do technologií jejich zpracování. To je do značné míry závislé i nazásadovosti koncepce EU. Nestabilní světová situace natruhu potravinářských i nepotravinářských rostlinných produktů pak vede kpotřebě udržovat značnou míru soběstačnosti u základních plodin anadruhé straně schopnosti adekvátně reagovat naotevírající se exportní možnosti, druhovou/odrůdovou skladbou i kvalitou. Reálná možnost projevů klimatických změn pak akcentuje vývoj nových genotypů odolných (tolerantních) vůči stresům, zejména suchu i ke změnám spektraasezónního výskytu patogenních činitelů.

Samostatným problémem značné společenské důležitosti je zapojení, agrárního sektoru do managementu krajiny, tvorby aochrany životního prostředí. Jde o konceptuální přístupy napříč institucemi, smezioborovým přístupem aširokou metodickou základnou.

Šlechtění plodin v zemědělském v EU od přelomu tisíciletí vytvořilo v zemědělském sektoru dodatečný přínos sociálního zabezpečení ve výši téměř 9 miliard EUR a přidalo více než 14 miliard EUR do HDP EU. Rostlinná výroba zajišťuje zaměstnanost a zvyšuje příjmy zemědělců a zemědělských zaměstnanců. Přibližně 7 000 EUR v průměru, tj. 30% ročního příjmu zemědělského zemědělce v EU, bylo generováno rostlinnou výrobou.. Kromě toho bylo vytvořeno téměř 70 000 pracovních míst za posledních 15 let (HFFA, 2015). Rostlinná výroba přináší nejen pozitivní hospodářské a sociální dopady, ale má také významné environmentální dopady. Pomáhá šetřit vzácné půdní zdroje po celém světě generováním vyšších výnosů na jednotku plochy. To zlepšuje obchodní bilanci EU v oblasti zemědělství. Bez rostlinné výroby za posledních 15 let by se EU stala čistým dovozcem všech hlavních plodin. Rostlinná produkce v EU zajišťuje snížení emisí CO₂ tím, že pomáhá zabránit negativním změnám ve využívání půdy a rovněž přispívá k vytváření biologické rozmanitosti.

Šlechtění rostlin ze své podstaty těží z nárůstu vědomostí a metod, které se objevily v poslední době na poli molekulární biologie, genetiky a bioinformatické analýzy dat. **S ohledem na současný politický a odmítavý postoj ke genetické modifikaci a k cílené genetické editaci hospodářsky významných organismů, zůstávají šlechtitelům k dispozici ze široké škály metod pouze procesy náhodné mutagenese a metody, které těží z analýzy stávající genetické variability. Proto je nutné tyto metody maximálně efektivně využívat a dále rozvíjet tak, aby bylo možné řešit stále náročnější požadavky spojené s klimatickými změnami, civilizačními chorobami a výzvami oběhového hospodářství a bioekonomiky.** Pěstitelé a šlechtitelé v EU čelí regulačnímu rámci, proto je nutné je podporovat vývojem nových odrůd a nových agrotechnologických postupů, které budou v souladu s legislativními podmínkami EU.

Úvahy o budoucích výzkumných směrech zahrnují vývoj nových genotypů domácích plodin s dietetickými vlastnostmi s ohledem na specifikované skupiny konzumentů (odpovídá současným trendům EU), dále vývoj nových genotypů domácích plodin tolerantních vůči stresům, zejména suchu a se zvýšenou mírou rezistence vůči fytopatogenům, a vývoj nových genotypů domácích plodin se sníženými nároky na agrochemické akultivační zásahy (s nižšími energetickými vstupy při respektování požadavku vysokých výnosů). Důležitým směrem je také výběr a vývoj nových genotypů pro hromadění biomasy na zemědělské půdě s bioenergetickým využitím jak přímým spalováním či zplynováním, tak výrobou biopaliv (otázka proporcí využívání bylinné dřevnaté suché masy, obilovin a olejnin, které určí i akcenty vývoje rozsahu příslušných technologií a velikost produkčních jednotek) a vývoj ekonomicky efektivních i ekologicky šetrných systémů a technologií produkce surovin z rostlin na zemědělské půdě pro nepotravinářské využití.

Uváděné cíle představují i podněty pro různé úrovně řešení. Vzhledem k tomu, že bude ve zvýšené míře vystupovat potřeba adaptace plodin k lokálním klimatickým podmínkám a že budou využívány nové hospodářské rostliny (energetické rostliny), bude třeba úroveň základního výzkumu doplnit poznatky o fyziologických mechanismech tolerance vůči ekologickým stresům a tolerance/rezistence vůči

patogenům

i o výživě významných domácích plodin. Bude také nezbytné získat základní poznatky o biologii introdukovaných druhů. Je samozřejmé, že vtěchto oblastech, zejména při získávání molekulárních markerů areprezentativních genů, je namístě zahraniční spolupráce. Převod získaných genových materiálů pro šlechtitelské účely přesto vyžaduje kvalifikovanou asistenci. Vuváděné problematice bude nezbytně využíváno GM technik aměly by být zahájeny práce natransformaci plodin vhospodářsky významných znacích. Těžiště získávání nových hospodářských genotypů je záležitostí šlechtitelů, kteří mohou využít sekvenování genomů hospodářských plodin, nanichž se již domácí výzkum podílí (pšenice) ajež by měl být dále rozšířen. Zásadním investičním atecnologickým problémem je zpracování bioenergetického rostlinného materiálu. Jeho řešení, objemy, finální produkty je ve významné míře závislé napolitických rozhodnutích. Způsob řešení krajinných (ekologických) dopadů agrárních ekosystémů je natolik komplexní ainterdisciplinární, že se jím natomto místě nezabýváme, zvláštní pozornost musí být zaměřenanapedologickou problematiku.

Základní charakteristikou budoucího vývoje je používání moderních metod apřístupů (např. molekulární biologie, bioinformatika, genomikaatd.). Systematický výzkum vtéto oblasti přináší aještě velmi dlouho bude přinášet mimořádné množství poznatků o základních procesech vbuňkách aživých organismech, které jsou zcelanepostradatelné nejen pro porozumění životním dějům, ale také pro pochopení příčin nejružnějších onemocnění či biologických procesů svýznamnými ekonomickými dopady. Výsledky se celosvětově uplatňují stále více, ato v obrovském rozsahu (nejružnější produkty biotechnologického průmyslu vnejširším slovasmyslu).

VČR existuje řadatýmů slušné evropské úrovni, působících ve výzkumných ústavech vsoukromé i veřejné resortní sféře, naústavech AV, několika univerzitách, resortních výzkumných ústavech avněkolika málo biotechnologických firmách. Tyto skupiny jsou schopné obstát vsoutěži o mezinárodní granty, narovnocenné úrovni spolupracují spartnery znejvyspělejších zemí, publikují vsolidních aněkdy i špičkových světových odborných časopisech ajsou schopné produkovat cenné prakticky aplikovatelné výsledky. Přesto však existují značné personální i materiální rezervy, které by zřejmě bylo možné využít po zavedení žádoucích systémových opatření (organizace výzkumu avzvláště efektivní způsob hodnocení).

Vnejvyspělejších zemích (např. USA, Německo, Nizozemsko, skandinávské země, Švýcarsko, Japonsko, Korea, Singapur) představuje tato oblast výzkumu avývoje jednu znejdynamičtějších, svysokou mírou propojení akademického výzkumu afiremního vývoje. Její úroveň je jedním zdobrych indikátorů celkové vyspělosti dané země. Výsledné high-tech produkty jsou komerčně mimořádně významné ainvestice velkých farmaceutických, potravinářských abiotechnologických firem do této oblasti rychle rostou. Typickým rysem je vtěchto vyspělých zemích velký počet nově vznikajících malých, dynamických biotechnologických firem typu spin-off ajejich dobře fungující napojení nejen naakademický výzkum ale i navelké firmy, které nakonec realizují nejúspěšnější nákladné inovativní výrobky. Je třeba poznamenat, že je tato

oblast kupodivu také navysoké úrovni nakubě ajejímu rozvoji je věnovánavysoká pozornost
vzemích jako Estonsko či Maďarsko.

Metodologie

Členění výzkumu RB dle metodiky SVA vytvořené ETP Plants for the Future

A. ROSTLINY JAKO ZDROJ BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK, ENERGIE A PRODUKTU S VYSOKOU PŘIDANOU HODNOTOU

Rostliny se stanou ve zvýšené míře průmyslovou surovinou (např. biodegradabilní plasty), energetickým zdrojem nahrazujícím fosilní paliva, prostředkem fyto-remediace anebo stradatelnými substráty farmaceutického průmyslu včetně, či především, imunologicky významných bílkovin (molecular farming).

B. UDRŽITELNÁ PRODUKCE ZDRAVOTNĚ NEZÁVADNÝCH A KVALITNÍCH POTRAVIN A KRMIV

Bude vyžadovat zásadních změn kvality primárních produktů (hospodářských plodin) s ohledem na diferencované dietetické požadavky, omezování toxických i antinutričních látek a naopak zvýšení obsahu látek limitujících preventivně výskyt civilizačních chorob.

C. BIODIVERZITA A VLIV ZEMĚDĚLSTVÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Musí být zvýšena tolerance (rezistence) těchto plodin ke stresům spojeným se změnami klimatu (např. odolnost vůči suchu) a sníženy jejich nároky na energetické vstupy a užívání pesticidů (výživa, agrotechnické zásahy).

D. ROSTLINA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Jde jak o ochranu biodiverzity, tak cílené využití rostlin pro dekontaminaci životního prostředí - půdy, vod i ovzduší. Zcelanové dimenze představují nároky na rehabilitaci a restauraci krajiny, kde dochází po intenzivním využití agroekosystémů a defragmentaci krajiny v minulém období k změnám ve skladbě kulturních porostů, k reintrodukcii autochtonních cenóz a novým akcentům na klimatické, hydrologické i rekreační aspekty jejího využití.

E. MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE ROSTLIN

Je zřejmé, že plnění těchto požadavků je na jedné straně spojeno s využitím základního výzkumu, především molekulové genetiky, funkční genomiky, proteomiky i metabolomiky i studií fyziologických, fytopatologických; na druhé straně pak nutně poskytuje široké možnosti pro agronomické využití, šlechtění i rostlinné biotechnologie a jejich využití pro udržitelný rozvoj.

SWOT analýza

Pro formulaci směrů excelentního výzkumu bylo využito zpracovaných SWOT analýz oborových i plodinově zaměřených. Jako příklad uvádíme SWOT analýzu oboru pícninářství, z jejichž

závěrů byly mj. činěny obecnější závěry pro formulaci směrů tematických asměrů excelentního výzkumu.

Příklad: SWOT analýza pícninářského výzkumu a pícninářství avýzkumné priority tohoto oboru

Silné stránky:

- tradice výroby objemných krmiv ve fázi hlavních jetelovin ajetelotravních směsek naorné půdě;
- funkční výzkumná ašlechtitelská základnatvořená především soukromými výzkumnými ústavy ašlechtitelskými stanicemi se schopností pružně reagovat napožadavky uživatelské sféry, sdostatečnou personální vybaveností ačástečně i instrumentální ateknikou; pracoviště jsou nasrovnatelné úrovni spartnerů okolních zemích, mnohé z nich provádějí excelentní aplikovaný výzkum anamnohých šlechtitelských pracovištích vznikají nové odrůdy plně srovnatelné se světem;
- pícní leguminózy jako významný zdroj dusíku vrotaci plodin azdroj proteinů vdietě zvířat;
- pícniny mají nezastupitelnou roli nejen vosevních sledech, ale i v zachování kulturnosti krajiny, různě komponované směsi jsou významných krajino tvorným prvkem;
- významné uplatnění pícnin vrůzných systémech hospodaření (konvenční, ekologický apod.) avrůzných půdně-klimatických podmínkách - velký význam pro méně příznivé oblasti pro zemědělství (LFA);
- druhová arozmanitost mj. přispívající kudrzení neškodlivé entomofauny apícniny jako významného zdroje pro opylovače - široké spektrum druhů, odrůd jetelovin i odrůd hybridů trav zdomáciho šlechtění, přizpůsobených našim půdně-klimatickým podmínkám;
- zvládnutí základních technologických prvků pro produkci píce aosivapři absenci některých vstupů především vmožnostech přímých rostlinolékařských zásahů;
- zvládnutí techniky zlepšování aobnovy trvalých travních porostů (TTP) ajejich využívání pro výrobu siláže asena;
- permanentně se rozvíjející studium metod konzervace pícnin spolu srozvojem kvalitativních analytických metod;
- kvalita pícnin jako začátek potravního řetězce - znalost spektraantinutričních atoxických látek aje nutné převádět do uživatelských aplikací;
- pícniny ameziplodiny jako zdroj organické hmoty vpůdě;
- dostatečně pestrá odrůdová nabídka především tuzemského původu u hlavních pícních druhů, dostatečná nabídka základních osiv jetelovin atrav zvláštního množení acenově dostupného importu, velký výběr směsí pro TTP, ale značně rozdílné kvality zhlediskadruhového zastoupení aodrůdové skladby;

- kontinuální shromažďování planých druhů jetelovin, trav a dalších tzv. komponent květnatých luk jako nových genetických zdrojů pro šlechtění;
- dobré vybavení stroji pro zakládání asklizeň porostů, u TTP i pro přisevy, přesevy a obnovu;
- dobré vybavení podniků prostory ke konzervaci a uložení píce (žlaby, sklady, seníky).

Slabé stránky:

- ne vždy dostatečné instrumentální a technické zázemí pracovišť zabývajících se pícninářským výzkumem a šlechtěním;
- trvalý pokles ploch jetelovin a jejich směsek stravami jako důsledek poklesu stavu skotu v ČR;
- snižující se využití drnového fondu ke krmným účelům a nedořešená problematika dalšího využití biomasy z těchto porostů;
- negativní vliv na úrodnost půdy při poklesu ploch jetelovin jako zlepšujících plodin v osevních postupech;
- snižující se podíl „biologického dusíku“ při výživě polních plodin a jeho náhrada drahým minerálním dusíkem;
- pokles obnov a přisevů i celkového využívání TTP v důsledku poklesu stavu skotu i špatné ekonomické situace zemědělství po poklesu úrovně cen komodit živočišné i rostlinné výroby;
- nedořešené využití travní biomasy z TTP apokračující degradace drnového fondu;
- zvyšující se kyselost drnového fondu a ústup jetelovin v souvislosti s absencí vápnění a výživy základními živinami;
- zhoršování stavu kulturní krajiny při nedostatečném využívání drnového fondu a snížení atraktivnosti krajiny pro turistiku v oblastech s jeho vysokým podílem, management údržby trvalých porostů napůdách uváděných do klidu.

Příležitosti:

- využití výzkumného a šlechtitelského potenciálu ke studiu nových možností využití pícnin;
- hledání alternativ při využívání pícních druhů nejen pro podniky hospodařící bez živočišné výroby;
- rozšířit systém ekologické produkce (mléko, maso), která je lépe oceňována a nemá problémy s odbytem;
- zaměřit se na výrobu osiv domácích odrůd jetelovin a trav a najít uplatnění na trzích EU (včetně ekologických osiv);
- využít pícní plodiny jako meziplodiny a zlepšit podíl organické hmoty v půdě při úbytku statkových hnojiv a celkově tak přispět k ochraně půdy;
- najít využití pro jeteloviny a jetelotrávy v energetice (spalování biomasy, výroba siláže pro bioplyn), aby nedocházelo k dalšímu poklesu podílu víceletých pícnin;
- variabilita ve způsobech výroby krmiv;

- komplexní výzkum naprovozních plochách se zaměřením na technologie ošetřování ploch s co nejnížší energetickou zátěží a s co nejvyšší efektivitou udržení porostů v přijatelném stavu;
- narovnání cen živočišné produkce a další rozvoj skotu, v opačném případě při extenzivní produkci nelze odstranit slabé stránky;
- rozšiřovat plochy jetelovin a trav pro alternativní využití;
- zamezit acidifikaci půd vápenatými a pomocnými hnojivy s vyšším obsahem pH.

Rizika a využití silných stránek pro zamezení rizik:

- snižování ploch pícnin je největším rizikem pro budoucí bilanci osevních sledů;
- pícniny se musí stát v nových technologiích pěstování nedílnou součástí osevních sledů i při absenci ŽV spojené se sníženou spotřebou krmného obilí;
- maximální využití tuzemské výzkumné a šlechtitelské základny částečně ekonomicky podporované z neveřejných zdrojů jako záruky verifikace výsledků v tuzemských podmínkách v oblasti výzkumu a v oblasti šlechtění udržení dosavadního standardu v nabídce odrůd;
- dopracováním a permanentní aktualizací nabídnout uživatelům dostatečně erudované nástroje pro zajištění ekonomické a ekologické efektivity pěstování pícnin;
- udržení intenzity produkce jetelovin a ostatních víceletých pícnin na orné půdě;
- obnovu porostů po 2- 3 užitkových letech, zavádění jetelovin do TTP a osilování zastoupení jetelovin (produkce bez dodatkové energie);
- obnovu a údržbu TTP a jejich využití k energetickým účelům a krajinotvorbě.

Tvorba a aktualizace dokumentu

- První verze dokumentu byla vytvořena v letech 2008 – 2011 v rámci realizace projektu ČTPRB podpořeného v prostředků OPPI – Spolupráce – Technologické platformy, Výzva II. SPTP02/001
- První aktualizace proběhla při přípravě projektu do OP PIK – Spolupráce Platformy, Výzva I.
- Druhá aktualizace pak na základě realizace přípravě projektu do OP PIK – Spolupráce Platformy, Výzva I. CZ.01.1.02/0.0/0.0/15_037/0007142
- Třetí aktualizace proběhla při přípravě projektu do OP PIK – Spolupráce Platformy, Výzva III.

A. ROSTLINY JAKO ZDROJ BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK, ENERGIE A PRODUKTŮ S VYSOKOU PŘIDANOU HODNOTOU	17
1. OBECNÁ ČÁST: VÝBĚR, PĚSTOVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ ROSTLIN JAKO OBNOVITELNÉHO ZDROJE SUROVIN PRO PRŮMYSL	19
1.3. Výzkum, vývoj a inovace technologií zpracování rostlinných surovin na produkty s vyšší přidanou hodnotou.....	23
1.4. Vývoj informačních systémů pro nepotravinářskou produkci.....	26
2. SPECIALIZOVANÁ ČÁST: VÝVOJ, VÝROBA A VYUŽITÍ ROZLIČNÝCH PRODUKTŮ NA ZÁKLADĚ ROSTLIN.....	27
2.2. Farmaceutické výrobky	29
2.3. Rostlinné biopesticidy.....	30
2.4. Biopolymery	32
2.5. Rostlinné oleje jako průmyslové suroviny.....	35
2.6. Rostlinná vlákna	37
B. UDRŽITELNÁ PRODUKCE ZDRAVOTNĚ NEZÁVADNÝCH A KVALITNÍCH POTRAVIN A KRMIV.....	39
1.2. Rostlinné suroviny pro produkci výživově bohatších a atraktivnějších potravin.....	40
1.3. Kontinuální zajištění kolekcí genetických zdrojů rostlinných druhů a odrůd jako základny pro další geneticko-šlechtitelské aplikace.....	41
1.4. Diverzita zemědělských plodin a její využití	42
1.5. Optimalizace a racionalizace šlechtitelských postupů, realizace výnosového potenciálu	42
1.6. Využití biotechnologií ve šlechtění, semenářství a kontrole	43
2. PRODUKCE, SLEDOVATELNOST A KONTROLA BEZPEČNOSTI ROSTLINNÝCH SUROVIN PRO PRODUKCI KRMIV A POTRAVIN.....	44
2.1. Redukce toxinů a jiných škodlivých látek (redukce či eliminace mykotoxinů, antinutričních látek, xenobiotik, těžkých kovů apod.)	44
2.2. Studium genetických a fyziologických základů kvality rostlinné produkce.....	45
2.3. Vývoj a využití metod pro screening a predikci nutriční, technologické a hygienické kvality plodin	46
3. ROSTLINNÉ SUROVINY S RŮZNÝMI ZDRAVOTNÍMI BENEFITY A PRO SPECIFICKÉ SKUPINY KONZUMENTŮ.....	46
3.2. Stanovení optimální pěstelské technologie s minimální produkcí odpadů a nízkou potřebou externích vstupů	47
3.3. Vypracování metod vhodné posklizňové úpravy s ohledem na udržení kvality produktu a zátěže životního prostředí.....	47
3.4. Zaručení skladovatelnosti a trvanlivosti surovin bez změny kvality	48

3.5.	Kvalita rostlinných produktů.....	48
3.5.1	Studium genetických a fyziologických základů kvality rostlinné produkce	48
3.5.2.	Vývoj využití metod pro screening a predikci nutriční, technologické a hygienické kvality plodin	48
4.	VYSOCE KVALITNÍ KRMIVA.....	49
4.3.	Snížení obsahu toxických alkaloidů, jako produktů činnosti endofytních hub, v pícech trav sloužících pro výrobu sena, senáže a siláže	50
4.4.	Studium pícninářsky významných i okrajově využívaných druhů se zaměřením na obsah mikroprvků důležitých pro výživu zvířat.....	51
C.	BIODIVERZITA A VLIV ZEMĚDĚLSTVÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	52
1.1.1.	Identifikace klíčových faktorů ovlivňující výnos produkce a stabilitu u produkčních rostlin	54
1.2.	Identifikace klíčových faktorů ovlivňující výnos produkce a stabilitu u neprodukčních rostlin.....	55
1.3.	Sledování kvality rostlinných produktů.....	55
1.3.1.	Podpora zvyšování kvality rostlinných produktů.....	56
2.	OPTIMALIZACE DOPADŮ ZEMĚDĚLSTVÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	57
2.1.1.	Snížení vstupů toxických a rizikových látek do půdy.....	58
2.1.2.	Ochrana půdního fondu.....	58
2.2.	Návrh managementu vodních zdrojů při zachování dostupnosti a kvality vod	59
2.2.1.	Ochrana povrchových a podzemních vod	59
2.2.2.	Šetrné hospodaření s vodními zdroji a zvýšení retenční schopnosti krajiny.....	60
2.3.	Ochrana ovzduší.....	60
2.3.1.	Návrh metod vedoucích ke snížení emisí skleníkových plynů ze zemědělské výroby	60
2.3.2.	Vývoj efektivních technologií vazby uhlíku z atmosféry na biomasu	61
2.4.	Ochrana krajinného rázu a biodiverzity	61
2.4.1.	Sledování změn ekosystémové diverzity a heterogenity.....	62
2.4.2.	Ochrana krajinného rázu a biodiverzity	63
2.4.3.	Podpora přínosu historického a ekologického zemědělství.....	63
3.	PODPORA ZVÝŠOVÁNÍ BIODIVERZITY	64
3.1.1.	Monitoring změn vegetace v závislosti na míře antropického zatížení stanoviště	67
3.1.2.	Studium genetické a druhové diverzity u ohrožených rostlin.....	67
3.1.3.	Sledování genetické diverzity dřevin ČR v evropském kontextu	68
3.2.	Výzkum biodiverzity ve vztahu k zemědělství	69
3.2.1.	Zjišťování vlivu změn v uspořádání zemědělské krajiny a efektu různých typů zemědělské činnosti na biodiverzitu otevřené krajiny	70
3.3.	Výzkum biodiverzity ve vztahu k lesnictví.....	70
3.3.1.	Srovnání vlivu intenzity obhospodařování v lesích na biodiverzitu	71

3.3.2. Zjišťování vlivu odběru biomasy na úbytek biodiverzity v lesních ekosystémech	71
D. ROSTLINA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	73
1.2. Geneticky podmíněná odolnost ke stresovým faktorům a nové metodické postupy pro její využití.....	76
1.2.1. Studium využití geneticky podmíněné odolnosti k závažným abiotickým stresům	76
1.2.2. Výzkum zdrojů a mechanismů tolerance rostlin k abiotickým stresům a jejich využití ve šlechtění a v systémech pěstování	76
1.2.3. Studium geneticky podmíněné odolnosti k závažným biotickým stresům, výběr a tvorba donorů využitelných ve šlechtitelském procesu	76
1.2.4. Zlepšení odolnosti plodin ke stresům s využitím nových biotechnologických metod	76
1.3. Výzkum, vývoj a inovace technologií produkce cenově přijatelných rostlinných surovin na základě pěstování nových druhů a odrůd nepotravinářských a víceúčelových plodin.....	77
2. VÝVOJ ROSTLIN SUPRAVENÝMI VLASTNOSTI PŘÍJMU XENOBIOTIK, Tedy se zvýšenou AKUMULACÍ (DEGRADACÍ) ČI NAOPAK SPOLEZNÝM PŘÍJMEM	79
2.2. Dekontaminace odpadních vod	80
2.3. Dekontaminace vzduchu	81
3. VÝVOJ ROSTLIN UMOŽŇUJÍCÍ EFEKTIVNÍ VYUŽITÍ ZMĚN ZPŮSOBENÝCH ZMĚNOU KLIMATU (VYŠŠÍ TEPLoty, VYŠŠÍ KONCENTRACE CO₂).....	82
3.1.1. Analýza diverzity výrobních procesů zemědělských plodin pod vlivem přírodních klimatických změn	83
3.2. Výzkum rostlinných genetických zdrojů	84
E. MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE ROSTLIN: ZÁKLAD PRO JEJICH CÍLENÉ ZLEPŠOVÁNÍ.....	85
1.1. Resekvenace genomu významných kulturních a příbuzných druhů.....	91
1.2. Výzkum transkriptomu a regulace genové exprese.....	92
2. ANALÝZA TRANSKRIPTOMU	92
3. VÝZKUM PROTEOMU A INTERAKCE MEZI PROTEINY	94
4. BIOMARKERY: ŠLECHTĚNÍ POMOCÍ MARKERU	95

A. ROSTLINY JAKO ZDROJ BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK, ENERGIE A PRODUKTŮ S VYSOKOU PŘIDANOU HODNOTOU

Úvod

Pěstování, zpracování avyužití plodin pro energetické atechnické účely je klíčovou otázkou udržitelného rozvoje rostlinné výroby amá velký ekologický význam projevující se v omezení skleníkového efektu, v úspoře neobnovitelných zdrojů surovin aenergie, ve snížení prašnosti v ovzduší, ve zvýšení protierozní odolnosti půd av omezení zaplevelenosti území. Další příznivý efekt spočívá ve vzniku nových pracovních příležitostí av makroekonomických přínosech, což je jeden z klíčových aspektů zemědělské politiky EU. Technické využití biomasy podporuje rozvoj ekologicky příznivých technologií aumožňuje vznik nových produktů, které neškodí životnímu prostředí.

Klíčovým faktorem úspěšného rozvoje pěstování avyužití nepotravinářských plodin je cena„zelených“ surovin azískaných konečných produktů včetně energie. V současné době je totiž poptávkapo „zelených“ produktech, zejména po biopalivech abioenergii v podmínkách EU způsobenapředevším daňovými úlevami nebo dotacemi, což není z dlouhodobého hlediskaekonomicky udržitelé. Produkce avyužití „zelených“ produktů v Evropě se může vyplatit, pokud budou vyšlechtěny apěstovány vysokoprodukční nepotravinářské rostliny, které poskytne zemědělský výzkum. Ty by měly být dobře uzpůsobeny regionálně klimatickým podmínkám aposkytovat možnost pěstování zaméně intenzivních zemědělských vstupů, kterých lze dosáhnout zvýšením účinnosti ve využití vody, živin, prostředků naochranu rostlin azefektivnění celkové energetické bilance rostlinné výroby.

Největší potenciál co do objemu produkce avyužití zemědělské biomasy má produkce různých forem biogenních paliv apohonných hmot. První generace paliv odvozených z biomasy, která se v současné době vyrábí, se může přímo přidávat do fosilních paliv jako přísadaavýsledný produkt je použitelný jako palivo pro dopravu. Výchozí suroviny jsou buď cukry, nebo škroby, které se fermentací přemění nabioetanol, nebo rostlinné oleje, akteré jsou pak přeměněny nabionaftu. První generace takto využívaných rostlin jsou plodiny jako řepkačikukuřice, jejichž primární využití je krmivářské nebo potravinářské. Proto ani výnos biomasy, ani vstupní požadavky u těchto plodin většinou nejsou optimalizovány pro produkci biopaliv. Co víc, čistá energetická bilance tj. podíl výstupu ke vstupu energie u biopaliv první generace není vůbec optimální

av některých případech dosahuje dokonce záporných hodnot.

Druhá generace energetických plodin bude přímo přizpůsobenapro výrobu biopaliv, ato nazákladě optimalizace výnosů alátkového složení biomasy zaúčelem zvýšení výtěžnosti

energie. Proto je nutné definovat klíčové biologické procesy, zvýšit účinnost využití živin a vody, aby této optimalizace bylo dosaženo. Obecně se uvažuje, že druhá generace energetických plodin bude produkovat hlavně suroviny na lignocelulózové bázi, které následně budou přeměněny pomocí nových sacharifikačních a fermentačních technologií na bioetanol anebo vyšší alkoholy.

Další důležitou výzvou pro výzkum je rozvoj efektivních technologií pro zpracování zemědělské biomasy na produkty s vyšší přidanou hodnotou, především na „zelené“ chemikálie, biopaliva, biogenní pohonné hmoty a biohnojiva, případně další produkty, a to vícestupňovým zpracováním v tzv. biorafinériích. Také technologie na zpracování zbytkové biomasy, bioodpadů nebo společného zpracování bioodpadů a biomasy by měly být rozvíjeny tak, aby byly ekologicky přijatelné a ekonomicky výhodné a trvale udržitelné.

Zlepšené odrůdy energetických plodin se budou používat například pro spalování nebo pro konverzi na biopaliva, což zlepší celkovou bilanci používání biomasy. Podíl a druh produkce a využití biomasy jednotlivých rostlin bude záležet například na půdně-klimatických a agroekologických faktorech jednotlivých regionů, což znamená potřebu regionalizace pěstelských technologií pro jednotlivé plodiny. Udržitelná produkce biomasy musí také reflektovat nároky na zdravé životní prostředí a být akceptovatelná pro veřejné mínění. Přestože environmentální vliv rostlin první generace je významný, rostliny druhé generace by měly mít menší dopad na životní prostředí, zejména na hlediska využití hnojiv a vody a na zachování biodiverzity. Stejně tak se očekává lepší ekonomická návratnost.

Vysokoprodukční víceúčelové plodiny budou s největší pravděpodobností nejenom výsledkem selekce a šlechtění, ale především uplatnění nových biotechnologií a genového inženýrství. Evidentní úloha potravinářské produkce a průmyslového využití zemědělské biomasy ve snížení klimatických změn by měla usnadnit zlepšení náhledu společnosti na geneticky upravené plodiny a získat podporu veřejného mínění. Konečně je to významný nástroj pro zabezpečení ekonomické konkurenceschopnosti produkce a využití biomasy pro technické a energetické účely, který podpoří celkový rozvoj rostlinné výroby.

Výsledkem výzkumu budou nové poznatky a nové technologie pro výběr nebo stvoření nových plodin

s požadovanými vlastnostmi, dále pro jejich efektivní pěstování za účelem získání cenově přijatelných surovin pro další zpracování na nové výrobky s vyšší přidanou hodnotou zahrnující farmaceutické produkty, speciální chemikálie, enzymy, polymery a vlákna, rostlinné oleje, biodegradabilní plasty, produkty pro stavebnictví, biogenní pohonné hmoty využitelné v dopravě a paliva využitelné v energetice.

Řešení problematiky pěstování a využití rostlin jako obnovitelného zdroje surovin pro průmysl a energetiku musí být komplexní a zahrnovat řetězec nasebe navazujících postupů od výběru a získání vhodných plodin přes vývoj a ověření vhodných technologických postupů pro jejich pěstování až po komplexní technologie jejich zpracování.

Pro tyto účely je nutno v podmínkách ČR rovněž jako ostatních států EU vyřešit následující základní cíle aplikovaného výzkumu:

- selekcí a šlechtěním rovněž jako aplikací moderních biotechnologických postupů včetně genetických modifikací získat nové odrůdy nepotravinářských avíceúčelových plodin vhodných pro pěstování v měnících se klimatických podmínkách ČR a EU za účelem udržitelné produkce cenově přijatelných obnovitelných rostlinných surovin pro průmysl a energetiku;
- vyvíjet a ověřovat nové ekonomicky efektivní a ekologicky přijatelné technologie pěstování a ochrany vytypovaných perspektivních nepotravinářských avíceúčelových rostlin, přizpůsobené regionálním půdně-klimatickým podmínkám, což zabezpečí rozšíření pěstování a využití těchto plodin do zemědělské praxe a tím zajistí řešení ekologických a sociálně-ekonomických problémů evropského venkova a zvýšení konkurenceschopnosti zemědělství ČR a EU;
- vyvíjet a ověřovat nové ekonomicky efektivní a ekologicky přijatelné víceetapové technologie pro zpracování rostlinných surovin na rozličné produkty s vyšší přidanou hodnotou jako jsou „zelené“ chemikálie, farmaka, vlákna, barviva, stavební a konstrukční materiály, biodegradabilní polymery a plasty, biopaliva, bioenergie apod.

Podle konečných „zelených“ produktů ze zpracování rostlin lze vyčlenit specializované směry aplikovaného výzkumu zaměřené na výrobu a využití následujících produktů:

- biogenní paliva a energie;
- rostlinné farmaceutické prostředky;
- „zelené“ agrochemikálie (pesticidy, přídatné látky a hnojiva);
- biopolymery;
- rostlinné oleje jako průmyslové suroviny;
- rostlinná vlákna.

První skupinu cílů, které se vztahují na výběr, pěstování a zpracování vhodných víceúčelových a nepotravinářských plodin, lze považovat za nadstavbu druhé skupiny cílů, vázaných na konkrétní výrobky z rostlin. Odpovídajícím způsobem rozčleníme popis jednotlivých dílčích cílů do dvou skupin, a to obecné a specializované.

1. OBECNÁ ČÁST: VÝBĚR, PĚSTOVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ ROSTLIN JAKO

OBNOVITELNÉHO ZDROJE SUROVIN PRO PRŮMYSL A ENERGETIKU

1.1. Získání nových druhů odrůd nepotravinářských avíceúčelových plodin založených na klasických postupech selekce a šlechtění

Charakteristika výzkumu

Záměrem je provést výběr genetických zdrojů a následné šlechtění vhodných odrůd nepotravinářských avíceúčelových plodin na základě prověřování dostupné biodiverzity pro vysoce produktivní druhy rostlin. Zde je důležitým sběrem výzkum genofondu nepotravinářských avíceúčelových rostlin jako zdroje genetické informace pro šlechtitelské práce, což nelze realizovat bez aktivní mezinárodní spolupráce a výměny se zahraničními ústavy a genofondy. Ohromný potenciál selekce a šlechtění žádaných plodin a inovace produkčních postupů nebyl zatím ani v malém využit. Od selekce a šlechtění vhodných genotypů opomíjených či planých druhů rostlin, které dosud nebyly zpravidla vůbec (či velmi málo) šlechtěny, lze očekávat relativně rychlý pokrok z hlediska zvýšení produktivity a kvality nepotravinářských plodin. Očekává se, že výnosy z plodin určených pro energetické a technické účely se mohou zvýšit až o 100% během následujícího desetiletí.

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Získání nových druhů odrůd nepotravinářských avíceúčelových plodin založených na klasických postupech selekce a šlechtění přinese poměrně rychlé rozšíření sortimentu vhodných plodin, zvýšení výnosů a tím vytvoří podmínky pro širší uplatnění v praxi. Rozšíření pěstování a využití víceúčelových nepotravinářských plodin dodá evropskému zemědělství a navazujícímu zpracovatelskému průmyslu kompetitivní globální výhodu. To významně přispěje k udržitelné ekonomické, environmentální a sociální stabilizaci venkovských oblastí.

Časový rámec

Pět let:

- vytipování a výběr rostlin obsahujících požadované účinné látky nebo jejich prekurzory;
- vytvoření kolekce rozličných genotypů rostlin vhodných pro výběr víceúčelových nepotravinářských plodin;
- vývoj základních postupů pro cílený výběr a šlechtění vhodných víceúčelových nepotravinářských plodin;
- vytvoření základních šlechtitelských materiálů pro nové odrůdy jednotlivých víceúčelových nepotravinářských plodin.

Deset let:

- nové odrůdy víceúčelových anepotravinářských plodin s požadovanými vlastnostmi vzniklé na základě klasických postupů selekce a šlechtění;
- dosažení významného zvýšení výnosů kulturních genotypů víceúčelových anepotravinářských plodin ve srovnání s původními genotypy.

Dvacet let:

- rozsáhlé rozšíření pěstování nových odrůd víceúčelových anepotravinářských plodin s požadovanými vlastnostmi vzniklých na základě klasických postupů selekce a šlechtění.

1.2. Získání nových druhů a odrůd nepotravinářských a víceúčelových plodin založených na moderních metodách molekulární biotechnologie

Charakteristika výzkumu

Záměrem je provést analýzu genetické variability jednotlivých druhů rostlin, eventuálně docílit rozšíření genetické variability pomocí genového inženýrství, a to za účelem dosažení vysokých výnosů sušiny biomasy nebo požadované kvality rostlinné produkce nebo výtěžnosti energie při současném snížení nároků na agrotechniku, výživu a ochranu rostlin a zvýšení jejich tolerance vůči rozličným stresům. Rovněž je důležitý rozvoj genetické transformace, která umožní cílené alterace vybraných vlastností u perspektivních plodin včetně požadované kvality z hlediska sofistikovaných technologií jejich dalšího zpracování. Aby se dosáhlo naznačených výnosových a kvalitativních zlepšení, je důležité rozvíjet základní genetické a genomické nástroje pro nepotravinářské plodiny. Je třeba provést srovnávací studie genetiky a fyziologie různých druhů plodin k efektivnějšímu využívání vody, živin a CO_2 . Pro objasnění těchto základních informací by se měl výzkum orientovat na genetickou různorodost a rostlinnou fyziologii. S ohledem na klimatické změny, které se projevují v rozkolísání a zvýšení kontrastnosti projevů počasí, se zvyšují i nároky na odolnost energetických a víceúčelových plodin vůči stresovým faktorům životního prostředí.

Aby popsané cíle byly dosaženy, bude třeba také více studovat genetický základ rostlin a jeho varianty a sledovat regulaci genové exprese. Je zapotřebí komplexního přístupu, který kombinuje výzkum struktury rostlinného genomu, jeho polymorfismu, transkripce genů, její regulaci a korelaci s proteomem, fyziomem, metabolomem a zejména s hospodářsky významnými znaky. Možné výstupy takového komplexního řešení byly široce diskutovány na fóru Plant GEM 2009 v Lisabonu a byly již prezentovány první výsledky.

Ukázalo se, že sekvenční data odvozená z rostlinného genomu poskytují cenné informace pro genomické studie. Genomy několika významných druhů již byly plně sekvenovány, některé druhy jsou sekvenovány částečně a nyní probíhá proces sekvenování dalších genomů, vybraných genů a jejich variant - alel, transkriptů, ESTs a nekódujících oblastí. Ty jsou k dispozici vědecké komunitě. Stále je však potřeba objasnit vztah těchto dat zejména alelických variant jednotlivých genů k fenotypu, a to zejména u druhů, které mohou být využívány jako alternativní

zdroje energie nebo surovin. Tyto rostlinné druhy nejsou zdalekaprozkoumány tak, jako běžné hospodářsky významné plodiny jako jsou např. obiloviny.

Sekvence DNA jsou základní informací o typech transkriptů a proteinů, které se vyskytují v rostlinné buňce. Některé z těchto genů se transkripují jen přechodně. Pokud jsou aktivovány, vzniká podle nich mRNA. Soubor RNA tvoří tzv. transkriptom. Analýza transkriptomu zahrnuje detekci exprese tisíců mRNA. Změna exprese genů během vývoje rostlin a jejich reakce na environmentální podněty byly popsány zejména u modelových druhů rostlin jako je plevelný huseníček *Thalium* s extrémně malým genomem. Pro hodnocení genomu této rostliny je k dispozici RNAčip asady mutantních linií. Nyní se natrhu objevují i DNAčipy pro další rostlinné druhy a jejich výzkum je tak jednodušší, i když stále náročný. Výsledky hodnocení rostlin pomocí čipů a hodnocení genové exprese byly zatím využity pro odvození rostlin odolnějších k suchu nebo s lepší produkcí biomasy. Tyto produkty ještě zdaleka nedosáhly úrovně pro tržní uplatnění. Také se ukazuje, že je velice účelné studovat RNA. Jedná se o regulační molekuly RNA (siRNA, miRNA) asociované s některými proteiny a komplexy, které mají vliv na stabilitu a odbourávání mRNA nebo mohou indukovat jejich expresi.

Výzkum struktury genů a jejich funkce může vést k vývoji nových genotypů rostlin a zejména ke strategii využitelné pro její zlepšování. Využití moderních postupů molekulární biologie jako např. „forward/reverse genetics“ pomůže zjistit funkce jednotlivých genů a jejich regulačních elementů. Cíleně budou moci být získány žádané genotypy rostlin.

Použití účinných nástrojů moderní molekulární biologie jako bioinformatiky, která využívá "omics" vysoce výkonných přístupů a statistických modelů k pochopení složitých molekulárních procesů v rostlinách, je hlavním cílem zemědělského výzkumu v následujících desetiletích. Tento nezbytný základ se bude rozvíjet a využívat pro vyšetřování širší škály pěstovaných druhů, včetně jejich divokých příbuzných. Výzkum má usilovat o pochopení regulační sítě, základní druhy, výkon, kvalitu a adaptovatelnost. Tým se bude zaměřovat na vývoj postupů, které umožní efektivní konstrukce genových manipulací, včetně nedávno zavedených přístupů řízené mutagenese nebo klonování vlastních genů (self-cloning).

Jsou očekávány tři hlavní výstupy:

- lepší pochopení biologických procesů v rostlinné buňce a jejich patogenů;
- údaje o molekulárních markerech spojené s požadovanou vlastností použitelné pro vytvoření nového genotypu;
- metody použitelné v oblasti manipulace s rostlinným genomem.

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Získání nových druhů a odrůd nepotravinářských a víceúčelových plodin založených na moderních metodách molekulární biotechnologie přinese zásadní rozšíření sortimentu vhodných plodin, zvýšení jejich výnosů, množství a kvality cílových látek a tím vytvoří podmínky pro širší uplatnění v praxi. Rozšíření pěstování a využití víceúčelových a nepotravinářských plodin dodá evropskému zemědělství a navazujícímu zpracovatelskému průmyslu kompetitivní

globální výhodu. To významně přispěje k udržitelné ekonomické, environmentální a sociální stabilizaci venkovských oblastí.

Časový rámec

Pět let:

- vytipování avýběr rostlin obsahujících požadované účinné látky nebo jejich prekurzory;
- poznání genetické diverzity pro vybrané víceúčelové nebo nepotravinářské plodiny;
- dokončení sekvenování vybraných víceúčelové nebo nepotravinářské plodiny;
- vývoj transformačních technologií uplatnitelných víceúčelové nebo nepotravinářské plodiny;
- vytvoření kolekce genetických zdrojů pro výběr vhodných víceúčelových anepotravinářských plodin.
- vývoj základních postupů pro cílený výběr ašlechtění vhodných víceúčelových anepotravinářských plodin.

Deset let:

- dosažení významného zvýšení výnosů a kvality cílových látek u nových genotypů víceúčelových anepotravinářských plodin;
- vytvoření základních šlechtitelských materiálů pro nové geneticky modifikované odrůdy jednotlivých víceúčelových anepotravinářských plodin.

Dvacet let:

- nové geneticky modifikované odrůdy víceúčelových anepotravinářských plodin spořádanými vlastnostmi vzniklé na základě uplatnění moderních metod molekulární biotechnologie;
- postupné rozšíření pěstování nových odrůd víceúčelových anepotravinářských plodin s požadovanými vlastnostmi vzniklých na základě uplatnění moderních metod molekulární biotechnologie.

1.3. Výzkum, vývoj a inovace technologií zpracování rostlinných surovin na produkty s vyšší přidanou hodnotou

Charakteristika výzkumu

Primární výzvou pro výzkum je rozvoj efektivních technologií přeměny biomasy na rozličné produkty s vyšší přidanou hodnotou, zejména více etapových technologií produkujících ze stejné suroviny více druhů cílových výrobků. Pro označení zařízení určeného pro více etapové zpracování biomasy a získávání více produktů se vžil název „biorafinérie“. V základu, zlepšení v oblasti biorafinérií zahrnuje zvýšení účinnosti konverze a nároky na čistotu rostlinných surovin, což zabezpečí zvýšení rychlosti procesu konverze a kvalitu konečných produktů. Zlepšení energetické účinnosti lze např. dosáhnout vývojem a aplikací nových katalyzátorů a nízkých teplot. Také to bude zahrnovat zlepšení technické a mikrobiální digestce a konverzi substrátů, optimalizaci mikroorganismů a enzymů a větších konverzních rychlostí. Pokročilé enzymové preparáty, mikrobiologická očkování včetně nových vyšlechtěných či geneticky upravených

kmenů zlepší celkovou účinnost druhé generace výrobních procesů zpracování rostlinných surovin na „zelené“ chemikálie a materiály a rozličné formy biopaliv.

Pro čištění produktů konverze se bude požadovat rozvoj jednoduchých a účinných postupů. Jedná se o zlepšení separačních technologií a jejich energetické účinnosti a to tím, že se budou materiálově používat zbytky jako lignin a lubrikanty. Čisté produkty ze separace tak budou moci být použity pro různé účely, např. pro syntézu velkého množství chemikálií v polymerové chemii.

Při výrobě bioetanolu 2. generace z lignocelulózových surovin se předpokládá, že vstupní fosilní energie použitá při výrobě bioetanolu a dalších produktů (fural, lignin aj.) bude nižší než energetický obsah těchto výrobků. Větší pozornost by měla být věnována konverzi lignocelulózové složky biomasy, rovněž jako nalezení nových nebo zlepšení stávajících enzymů pro sacharifikaci a fermentaci biomasy na etanol, butanol nebo pro výrobu jiných biopaliv. Trvalá udržitelnost výroby bioetanolu 2. generace nespočívá pouze v náhradě biomasy získané z obnovitelných zdrojů fyzikálních energií vyrobených levnější lignocelulózovou biomasou, která je vedlejším produktem rostlinné výroby (sláma, oklázky) nebo dokonce odpadů (dřevní odpad, odpadový papír), ale též tím, že kromě bioetanolu budou získávány další produkty (fural, lignin, organické kyseliny) a dokonce zbytky budou využity energeticky nebo jako organické hnojivo za účelem obnovy úrodnosti půdy. Energetické vklady do takto koncipované výroby budou rozpočteny podle přidané hodnoty jednotlivých produktů, čímž se zajistí jejich energeticky udržitelná výroba.

V průběhu plánovaného řešení je nutno se zaměřit na optimalizaci tepelně-tlakové hydrolýzy lignocelulózové biomasy biologickými, chemickými a fyzikálními předúpravami (extruze, loužení, nástřiky kyselin apod.) tak, aby se minimalizovala spotřeba energie. Zároveň bude uvažováno o využití enzymů a to za účelem zvýšení výtěžnosti hydrolýzních cukrů. Při bioetanolové fermentaci bude uvažováno o postupech, které využijí i pentosany nebo bude uvažováno s tím, že nižší cukry vznikající hydrolýzou hemicelulóz budou zdrojem bezvodého furalu jako cenné chemické suroviny, používané při rafinaci minerálních olejů, při výrobě kaučuku a v chemii plastů. Další cennou látkou, kterou bude možno získat v biorafinerii je lignin a ligninové výrobky, zejména lignosulfonová kyselina. Koncentrovaný a desulfonovaný lignin bude využitelný v řadě odvětví chemického průmyslu jako disperzní a stabilizační činidlo. Čistý lignin bude dále využitelný v keramickém a papírenském průmyslu a při čištění odpadních vod. Dalšími produkty bude potravinářský oxid uhličitý a kyselina octová, případně směs kyseliny octové a mravenčí. V projektu bude řešena též otázka fermentačních zbytků, jejichž využití jako krmivo je problematické a upravené hnojivo je energeticky náročné. Předpokládá se energetické využití tohoto meziproduktu anaerobní digestí a elektrický proud a teplo.

Inventura dílčích problémů, kterými je nezbytné se v technologii LCF (Ligno-Cellulose Feedstock) biorafinerie zabývat, představuje cca 130 položek. Mezi nimi jde i o vstupní LCF suroviny. Mimo tradičních surovin jako jsou obilní a repková sláma, dřevní odpad, sběrový papír

apod. bude třeba pro rozvoj oboru zajistit možnost náhrady vedlejších produktů vhodnou cíleně pěstovanou biomasou (např. ozdobnice čínská, chrastice, šťovík Uteuša, rychle rostoucí dřeviny apod.). V oblastech, kde by bylo nutné spojit činnost biorafinerie s cyklickou obnovou úrodnosti půdy je možno uvažovat i o pěstování azpracování víceletých jetelovin.

V plánovaném řešení nám jde především o energeticky a ekologicky trvale udržitelnou výrobu tak, aby energetické vstupy byly nižší než energetické výstupy a aby byla produkce skleníkových plynů zejména při destilaci v provozu biorafinerií minimalizována a zároveň aby provoz biorafinerie nepůsobil neustálé zhoršování kvality zemědělské půdy. Uspokojivá ekonomická efektivnost provozu biorafinerie a návratnost vložených investic bude docílena optimální kombinací produktů biorafinerie a realizace nebude vázaná pouze na jeden hlavní produkt bioetanol. Zaváděním biorafinerií typu LCF dojde k naplnění dílčích cílů vytvořit a rozšířit technologie pěstování rostlin pro energetické využití azpracovatelský průmysl, ale zároveň dojde

k využití zcela novovaných surovin v navazujících zpracovatelských odvětvích. Úspěšným řešením těchto cílů dojde k podpoře udržitelného rozvoje venkova a k zastavení nepříznivých trendů vylidňování venkova. Zároveň dojde k efektivnímu využití orné půdy nepotřebné pro pěstování potravinářské produkce, která je v současnosti zcela společenské prostředky neúčelně zatravňována.

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Poskytnutí základních znalostí pro vývoj nových biotechnologií pro konverzi biomasy na biopaliva, energii, „zelené“ chemikálie a další produkty s vyšší přidanou hodnotou zabezpečí udržitelný rozvoj rostlinné produkce a navazujícího zpracovatelského průmyslu v ČR a ve státech EU a posílí kompetitivní pozice evropského průmyslu a zemědělství v oblasti rostlinných biotechnologií ve světovém měřítku. Konverze biomasy, druhotných výstupů na produkty s vyšší přidanou hodnotou podporuje vyšší využití biologických zdrojů a je jedním z pilířů Evropské strategie pro bioekonomiku, přičemž se vede odborná diskuse o možnosti kvantifikace přidané hodnoty a přínosů odvětví bioekonomiky (Eflén et. al, 2016)

Časový rámec

Dva roky:

- vytipování a výběr komerčně žádaných nových látek a jejich prekurzorů, které lze efektivně získávat z rostlinné biomasy za účelem produkce výrobků s vyšší přidanou hodnotou;
- vývoj a ověřování vhodných technologických postupů pro přeměnu biomasy na rozličné produkty s vyšší přidanou hodnotou, zejména tzv. biorafinerií.

Pět let:

- poloprovozní ověřování vhodných technologických postupů pro přeměnu biomasy na rozličné produkty s vyšší přidanou hodnotou;

- výstavba a provoz jednotlivých pilotních výroben (biorafinerií) pro přeměnu biomasy na rozličné biogenní produkty s vyšší přidanou hodnotou.
- rozšíření výstavby a provozu typových továren-biorafinerií pro přeměnu biomasy na rozličné biogenní produkty s vyšší přidanou hodnotou.

1.4. Vývoj informačních systémů pro nepotravinářskou produkci

Charakteristika výzkumu

Přenos informací z laboratoře do praxe je možné výrazně zjednodušit a urychlit využitím informačních technologií. Informace získané při výzkumu lze ukládat do databází a zpracovávat prostřednictvím softwarových prostředků. Jednodušší orientaci v datech a interakci s uživatelem může zajistit expertní systém. Rozvoj mobilních komunikačních prostředků jako jsou netbooky, chytré telefony a mobilní přístupy k Internetu vytváří prostor pro přiblížení výsledků výzkumu ještě blíže praxi - přímo do rukou farmářů.

Výsledky výzkumu budou vkládány do databází a doplněny počítačovými programy, které umožní uživatelům prostřednictvím mobilních komunikačních technologií jednoduše a intuitivně získat informace pomáhající při řešení problémů vyskytujících se při pěstování energetických a průmyslových plodin. Půjde např. o určení plevelů, chorob a škůdců; určení vhodného termínu sklizně; určení potřeby vápnění. Celý systém by měl být nativně v angličtině s možností portace do dalších jazyků.

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Systém usnadní řešení problémů při pěstování energetických a průmyslových plodin, se kterými má zatím jen velmi málo zemědělců vlastní zkušenosti. Bude vytvořen přímý kanál pro přenos dat z výzkumu až ke koncovým uživatelům včetně zpětné vazby a bez prostředníků.

Časový rámec

Pět let:

- definice problematiky a založení informační databáze;
- testování online programů;
- tvorba zpětné vazby od uživatelů programů;
- charakteristika limitujících možností přenosu dat;
- problematika duševního vlastnictví a informací.

Deset let:

- poloprovozní ověřování programů;
- naplňování databází;
- odlaďování zpětné vazby od uživatelů;

- úpravaprogramů dle požadavků uživatelů;

Dvacet let:

- prohloubení funkčnosti uživatelských programů;
- vybudování informační datové online struktury;
- expertní systémy v zemědělství na základě umělé inteligence.

2. SPECIALIZOVANÁ ČÁST: VÝVOJ, VÝROBA A VYUŽITÍ ROZLIČNÝCH PRODUKTŮ NA ZÁKLADĚ ROSTLIN

2.1. Biogenní paliva a energie

Charakteristika výzkumu

Biomasa je v současné době v podmínkách ČR a EU jedním z nejdůležitějších obnovitelných zdrojů energie s celkovým podílem cca 75 % hrubé produkce energie z obnovitelných zdrojů.

Snížení závislosti na neobnovitelných zdrojích, včetně nahrazení fosilních paliv. Bioenergie je dnes největší obnovitelnou energií EU a očekává se, že bude i nadále klíčovou složkou energetického mixu v roce 2030¹. Posílení odvětví biotechnologií může podpořit průmyslovou základnu EU a přispět k ekologizaci průmyslové výroby.

S ohledem na vyčerpání zásob využitelné odpadní biomasy se stává aktuálním rozvoj produkce cíleně pěstované biomasy energetických rostlin. Výsledným produktem pěstování a zpracování energetických plodin jsou biogenní paliva, která mohou být tuhá (řezanka, balíky, brikety, pelety atd.), tekutá (rostlinné oleje, bionafta, bioetanol atd.) nebo i plynná (bioplyn, syntetický plyn atd.). Z hlediska energetické bilance představují tuhá biopaliva vyšší energetickou účinnost využití biomasy, což znamená, že energetické vstupy do produkce a zpracování biomasy (včetně započtení energie nutné k výrobě strojů a zařízení) jsou podstatně nižší, než je obsah disponibilní energie ve výsledné produkci. Z hlediska logistiky však mají tekutá a plynná biogenní paliva jako paliva vyšší hmotnostní nebo objemovou koncentraci energie jisté praktické výhody.

V globálním měřítku zvýšení zájmu o biogenní paliva je vyvoláno nestabilitou a zejména periodickým zvyšováním světových cen ropy. V posledních letech ceny ropy dosahovaly historického maxima, což způsobilo, že ceny biopaliv odvozených ze zemědělských produktů se stávaly konkurenceschopné ve srovnání s ropnými produkty. To ve světovém hospodářství způsobilo posun orientace z fosilních paliv na obnovitelné zdroje energie. Navíc se v nadcházejících desetiletích očekává dramatický nárůst poptávky po biopalivech z biomasy.

¹ Renewable Energy Prospects for the European Union", 2018

Mezi další faktory, které podporují zájem o obnovitelné zdroje surovin a energie patří obavy týkající se globálního oteplování, zabezpečení dodávek energie a ubývající zásoby fosilních paliv. Nejenže je využívání biomasy jako paliva CO_2 -neutrální, ale může znamenat i snížení emisí CO_2 v atmosféře. Výše jmenované důvody spolu s legislativními opatřeními pro podporu biopaliv způsobily prudký rozvoj produkce a využití biogenních paliv.

Všechny klíčové technologické výzvy spojené s výrobou biogenních paliv a energie z biomasy se týkají optimalizace ekonomických nákladů a energetické bilance této výroby, a to jak produkce biomasy, tak i její konverze na palivo a energii. Produkce a výroba biopaliv v Evropě se může vyplatit, pokud budou pěstovány vysokoprodukční energetické rostliny, které poskytne zemědělský výzkum. Ty by měly být dobře uzpůsobeny regionálně klimatickým podmínkám a poskytovat možnost pěstování zaměně intenzivních zemědělských vstupů.

Další výzvou pro výzkum je zajistit produkci takové biomasy, která je speciálně adaptovaná pro sofistikované zpracovatelské technologie. Tohoto cíle lze dosáhnout zvýšením podílu energeticky bohatých sloučenin na základě selekce a šlechtění vhodných odrůd energetických plodin včetně aplikace nových postupů genetické modifikace.

Další možností je zintenzivnění konverze biomasy pomocí optimalizace biotechnologických procesů. Biomasa nejprve podléhá předúpravě (chemické, fyzikálně-chemické, tlakově-termické, mikrobiologické nebo kombinované), následkem čehož jsou pak celulózová a hemicelulózová vlákna přístupná pro další sacharifikaci užívanou celulózu a hemicelulózu. Toto zlepšení v následném zpracování přináší vyšší výtěžnost cílových produktů, což má klíčovou úlohu ve snížení produkční ceny, která se tím dostává na konkurenceschopnější úroveň. Během fermentace, mohou být C6 cukry lépe zpracovány ve srovnání s C5 cukry, zatímco lignin jakožto zbytek je spalován za účelem produkce energie nebo elektřiny. Zvýšení podílu celulózy na úkor ligninu a hemicelulózy je slibnou metodou pro zvýšení výtěžnosti paliva z biomasy. Změna podílů rozličných frakcí hemicelulózy a ligninu ve prospěch snadno transformovatelných látek nabízí další potenciál pro zvýšení výtěžnosti biopaliva.

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Při tomto řešení budou navrženy vhodné postupy pro selekci a šlechtění cíleně zaměřených odrůd energetických plodin rovněž jako vypracování inovovaných biotechnologií pro jejich zpracování, což zabezpečí zvýšení konkurenceschopnosti evropského zemědělství a navazujícího zpracovatelského průmyslu rovněž jako jeho udržitelnost a ekologicko-ekonomickou efektivitu.

Časový rámec

Pět let:

- vytvoření kolekce rozličných genotypů rostlin vhodných pro výběr energetických plodin;
- vývoj základních postupů pro cílený výběr a šlechtění vhodných energetických plodin;
- vytvoření základních šlechtitelských materiálů pro nové odrůdy jednotlivých energetických plodin;

- uskutečnění sekvenování nejperspektivnějších energetických plodin;
- vývoj a ověření základních technologií pro zpracování biomasy na paliva a energii.

Deset let:

- nové odrůdy energetických plodin s požadovanými vlastnostmi vzniklé na základě klasických postupů selekce a šlechtění;
- dosažení významného zvýšení výnosů kulturních genotypů energetických plodin ve srovnání s původními genotypy;
- rozsáhlé rozšíření pěstování nových odrůd energetických plodin s požadovanými vlastnostmi vzniklých na základě klasických postupů selekce a šlechtění;
- vytvoření základních šlechtitelských materiálů pro nové geneticky modifikované odrůdy energetických plodin;
- vypracování a ověření nových technologických postupů pro zintenzivnění konverze biomasy pomocí optimalizace biotechnologických procesů.

Dvacet let:

- nové geneticky modifikované odrůdy energetických plodin s požadovanými vlastnostmi vzniklé na základě uplatnění moderních metod molekulární biotechnologie;
- postupné rozšíření pěstování nových geneticky modifikovaných odrůd energetických plodin s požadovanými vlastnostmi;
- rozsáhlé uplatnění nových technologických postupů pro zintenzivnění konverze biomasy pomocí optimalizace biotechnologických procesů.

2.2. Farmaceutické výrobky

Charakteristika výzkumu

Rostliny byly prakticky odjakživa důležitým zdrojem pro výrobu farmaceutických produktů. Naše závislost na produktech pocházejících z rostlin je zřejmá, ale současné pojetí rostlin jako „zelených továren“ poskytuje základy pro využití nových možností v medicíně. V současné době přibližně dvě třetiny všech bakteriostatik a polovinu všech protirakovinných léků pochází přímo nebo nepřímo z přírodních zdrojů. Pouze okolo 10% z existujících 400 000 druhů rostlin bylo popsáno chemicky, takže chemická rozmanitost rostlinné říše představuje obrovskou dosud nepoznanou zásobárnu molekul s potenciálním farmakologickým využitím. Rostliny se zdají být hodnotnými zdroji pro výrobu farmaceutik ve dvou směrech: jako zdroj léků rekombinantních proteinů a jako zdroj přírodních produktů. V obou případech jsou hlavními výhodami těchto narostlinné bázi založených systémů produkce flexibilita, rozšiřitelnost a náklady.

Rostliny jsou pozoruhodně flexibilní v řadě komplexních proteinů a metabolitů, které produkují a mohou být zavedeny do výroby. Produkce těchto léčivých sloučenin by se rozšířila a uroveň

zemědělství, kde by prakticky neomezené množství rostlin mohlo být pěstováno pro produkci těchto požadovaných produktů. Žádný jiný produkční systém nenabízí takový potenciál rozšiřitelnosti rostlin. Klíčovými faktory dalšího vývoje bude schopnost identifikace nových léků, jejich testování a nákladově efektivní výroba v dostatečném množství.

Oblasti, na které by se měl výzkum zaměřit:

- analytické a screeningové metody k prozkoumání chemické rozmanitosti - rychle, s nízkými náklady;
- spojení rozpoznávaných a přírodních chemikálií do funkčních vazeb;
- zvýšení rozvoje bioaktivních látek pro komerční využití efektivnějším spojením mezi objevem rostlinného produktu a synt. chemickými technologiemi;
- pochopení komplexu biosyntetických cest a kontrolních toků;
- mechanismy pro zvýšení výnosů definovaných bioaktivních látek z rostlin.

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Rozšíření pěstování a využití plodin pro produkci specifických látek používaných pro výrobu farmaceutik dodá českému i evropskému zemědělství a navazujícím průmyslovým oborům kompetitivní výhodu. Významně přispěje k udržitelné ekonomické, environmentální a sociální stabilizaci nejen venkovských oblastí.

Časový rámec

Pět let:

- identifikace a funkční charakteristik chemických látek s léčivými vlastnostmi;
- stanovení nejlepší strategie ve spolupráci s chemickým průmyslem a koncovými uživateli;
- transfer klíčových kroků v produktu syntézy do příslušné platformy rostlin.

Deset let:

- rychlé zdomácnění cílových přirozených druhů léčivých rostlin pro specializovanou farmakologickou výrobu;
- optimalizace transgenních plodin pro výrobu farmak.

Dvacet let:

- trvalé dodávky řady farmakologických prostředků z rostlin na komerčně využitelné úrovni;
- založení a implementace nových zemědělských praktik pro produkci nových plodin, které budou schopny produkovat velký objem specifických farmakologických látek při nízkých nákladech na komerčně využitelné úrovni.

2.3. Rostlinné biopesticidy

Charakteristika výzkumu

Současný globální stav spojený s nárůstem populace a nutností zajistit dostatečné množství potravin, vede

v intenzivní zemědělské sféře k značnému používání pesticidních prostředků, jakožto významného intenzifikačního faktoru zemědělské výroby. Nadruhou stranu používání těchto prostředků má i významné negativní stránky. Pomineme-li negativní vliv těchto látek na jednotlivé složky ekosystému nebo možnosti výskytu reziduí v půdě a rostlinách, objevuje se zde například i negativum výskytu patogenních organismů rezistentních vůči danému pesticidnímu prostředku resp. jeho působící účinné látce. Mnohé rostliny mají schopnost udržet si svůj dobrý zdravotní stav a vegetační prostor vůči jiným škodlivým činitelům pomocí chemických látek, které sami vytvářejí a které mohou následně uvolňovat do okolního prostředí. V mnoharostlinách - jejich částech - se skrývá obrovský produkční potenciál účinných látek, zvláště fungicidního, insekticidního a herbicidního charakteru, které svým významem mohou působit jako přirozená ochrana proti škodlivým patogenům kulturních plodin, aniž by toxikologicky zatěžovaly tyto plodiny (potažmo vlastní produkci) nebo jejich vegetační prostor.

V současné době se pozornost zaměřuje na výběr a testování širokého spektra rostlinných druhů, jejichž obsah účinných látek by umožňoval využití v systému ochrany kulturních plodin proti škodlivým činitelům. Počínající rozmach výzkumu účinných látek a jejich využití jako tzv. "biopesticidů", který je patrný především v zemích EU je nutnou reakcí na jednu z hlavních priorit současného vývoje světového zemědělství - produkci dostatečného množství kvalitních, zdravotně nezávadných potravin s prioritním důrazem na environmentální aspekty zemědělské výroby.

Uplatnění potenciálních výsledků bude v horizontu 5 – 15 let významným krokem vpřed v oblasti kvality produkce a produkce tzv. "čistých potravin", vycházejících od prvovýrobců, producentů, hospodařících subjektů přes zpracovatelskou sféru až ke konzumentům. Také možnosti využívání v rámci ekologického způsobu hospodaření posunou tento způsob hospodaření dál ve směru vyšší produkce a kvality. Svůj význam má změna systému ochrany rostlin ve směru používání přirozených biopesticidů v oblasti ochrany životního prostředí, zejména ochrany vod. Právě využití přirozených prostředků-látek, metod a systémů ochrany zemědělských plodin vůči škodlivým organismům (chorobám, škůdcům a levelům) přispěje ke zlepšení zdravotního stavu rostlin, k minimalizaci spotřeby syntetických pesticidů a při správném systému používání k omezení výskytu reziduí pesticidů a ostatních kontaminantů v potravinových řetězcích.

Je zde předpoklad možnosti uplatnění progresivních biotechnologických metod, šlechtění, genového inženýrství jakož i specifických testovacích metod k ověřování a hodnocení účinků experimentálních aplikací v rámci realizací jednotlivých výzkumných projektů.

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Zavedení systému pěstování a zpracování rostlin pro produkci specifických látek účinných proti škodlivým činitelům dodá českému i evropskému zemědělství a navazujícím průmyslovým oborům kompetitivní výhodu a projeví se i v ekonomické a sociální stabilizaci. V

environmentální oblasti významně přispěje k ekologizaci rostlinné výroby potažmo kvalitnější produkci, tzn. dostatečného množství kvalitních, zdravotně nezávadných potravin a krmiv.

Časový rámec

Pět let:

- monitoring avytvoření rozsáhlé kolekce potenciálně vhodných rostlin;
- realizace laboratorních a polních experimentů;
- speciace potenciálně účinných látek a jejich testování.

Deset let:

- vytipování vhodných regionů a agronomických operací pro pěstování vhodných rostlin;
- výzkum a vývoj rostlin v oblasti maximální produkce účinných látek vč. genových transportů;
- zavedení efektivních ekonomických metod výroby účinných látek;
- vývoj pěstebních a zpracovatelských metodik a technologií vyselektovaných rostlin.

Dvacet let:

- dosažení významného podílu biologických výrobků v sortimentu běžně využívaných agrochemikálií.

2.4. Biopolymery

Charakteristika výzkumu

Nazákladě biochemických vlastností lze vyčlenit několik skupin biopolymerů, které lze získávat z rostlin. Jako nejvíce známé a rozšířené lze považovat následující typy:

- biopolymery bílkovinné povahy;
- biopolymery nabázi uhlohydrátů;
- biopolymery nabázi kaučuku a podobných sloučenin.

Biopolymery bílkovinné povahy jsou látky heterogenní povahy a lze je získat jak z rostlinných tak živočišných tkání. Těmito látkami jsou například zein, sojový protein, či pšeničný lepek. Potenciál těchto látek je i v možné změně jejich struktury pomocí genetického inženýrství. Druhou neméně zajímavou skupinou jsou živočišné biopolymery, které mohou být po zásahu do genomu rostlin syntetizovány přímo rostlinou; jsou to například bílkovinná vlákna hedvábí, bílkoviny pavučin, adheziny a elastin získávaný z měkkýšů.

Genetické inženýrství může být rovněž použito k syntéze zcelanových materiálů nabázi kopolymerových bloků, kombinací různých bílkovin jako je hedvábí a elastin nebo k syntéze sekvencí biopolymerů se zcelajinými požadovanými vlastnostmi. Rovněž je možné zaměřit výzkum na vyšší využívání neribozomálně syntetizovaných polypeptidů jako je například cyanophycin - látkou produkovanou především cyanobakteriemi, či polylysin - antimikrobiální polymer využitelný jako přídavek do potravin stejně jako polyglutamát.

Do skupiny biopolymerů nabázi uhlohydrátů patří především celulóza a škrob. Problematika celulózy je spojená především s produkcí biopaliv (viz. odpovídající podkapitola). Škrob je druhou hlavní zemědělskou komoditou, hned po celulóze. Je nejlevnější potravinářskou komoditou a má četné průmyslové využití. Hlavní výhodou materiálů vyrobených ze škrobu je, že mohou funkčně plně nahradit klasické materiály a navíc jejich dopad na životní prostředí není díky jejich biodegradabilitě negativní. Hlavním problémem je však jejich vysoká citlivost na vlhkost a produkční potíže.

V rámci výzkumu budou posouzeny výnosy škrobu z jednotlivých rostlinných druhů a jejich vhodnost pěstování v daných klimatických podmínkách. Cílem však není pouze získání vysokých výnosů škrobů, ale zároveň i získání škrobu v takové kvalitě, aby byl co nejlépe využitelný na produkci termoplastů. Optimalizace by totiž neměla probíhat pouze externě. Důraz tedy bude kladen na mapování plodin a možnosti jejich úpravy pro produkci méně krystalického a hydrofobnějšího škrobu, což je předpokladem pro optimální průmyslové využití.

V rámci výzkumu biopolymerů nabázi kaučuku a budou vytipovány druhy rostlin s obsahem přírodních látek podobných kaučuku, které budou svým potenciálem vhodné a pro možnosti průmyslového využití (ruská smetánka, celík zlatobýl). V další fázi bude následovat rozvoj metod genetického inženýrství pro možné zvýšení obsahu těchto látek tak, aby byly svými vlastnostmi co nejvíce podobné v současnosti využívanému přírodnímu kaučuku. Na molekulární úrovni bude pozornost věnována též látkám (případně jejich odstranění) alergenní povahy, které se vyskytují u přírodního kaučuku vyrobeného z r. *Hevea*.

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Výběr vhodných biopolymerů na základě škrobu, bílkovin anebo kaučuku zvýší surovinovou soběstačnost, přispěje k diverzifikaci zemědělství a sníží spotřebu fosilních surovin. Produkce biopolymerů umožní trvalé zajištění příjmů ze zemědělských komodit v regionálním měřítku a přispěje tím k řešení ekologických a sociálně-ekonomických problémů evropského venkova a zvýšení konkurenceschopnosti zemědělství ČR a EU.

Časový rámec

Pět let:

- založení výzkumného programu a výběr potenciálních rostlinných druhů poskytujících kaučuk, škrob, bílkovinné polymery nebo jejich obdoby;
- identifikace genů syntetizujících biopolymery, ovlivňujících délku a rozvětvení biopolymerového řetězce případně látky alergenní povahy;
- identifikace enzymů upravujících strukturu, substituční skupiny, složení a molekulovou hmotnost biopolymerů;
- pochopení funkčního celku syntézy biopolymerů v rostlinách;
- zahájení genetických manipulací s cílem zlepšit kvalitativní i kvantitativní vlastnosti produkovaných biopolymerů;

- výběr vhodných agronomických regionů a pěstitelských postupů pro netradiční rostliny poskytujících biopolymery.

Deset let:

- introdukce a šlechtění rostlin s biopolymery požadovaných parametrů;
- identifikace a introdukce biochemických cest, které ovlivňují produkci zásobních bílkovin s novými funkčními vlastnostmi;
- vývoj produkčních systémů umožňujících syntézu živočišných a neribozomálních polymerů v GM rostlinách;
- stanovení pěstitelských postupů pro nové rostliny poskytující biopolymery;
- poloprovozní zařízení k extrakci a úpravě biopolymerů napožadované parametry.

Dvacet let:

- zavedení a implementace agronomických postupů směřujících k produkci nových plodin, generujících biopolymery na komerční bázi;
- velkovýrobní technologie extrakce a úpravy biopolymerů dle požadovaných parametrů.

2.5. Rostlinné oleje jako průmyslové suroviny

Charakteristika výzkumu

Z rostlin odvozené oleje jsou strukturálně podobné uhlovodíkovým řetězcům, které se zpracovávají

v petrochemickém průmyslu. Proto je možné perspektivně nahradit petrochemicky produkované chemikálie právě rostlinnými oleji. V praxi jsou rostlinné oleje používány v řadě nepotravinářských průmyslových aplikací, např. jako lubrikanty, polymery, barviva a rozpouštědla inkoustů, nátěry, kosmetické produkty a surfaktanty. Je známo, že toto použití může být ještě rozšířeno a v řadě případů může nabídnout realizovatelnou náhradu petrochemickým surovinám. Problém je, že možnost využití současných plodin je omezena. Rostlinné oleje patří mezi hlavní komodity odhadované na 40 bilionů eur ročně, z toho cca 80 % je využíváno pro potravinářské účely. Zbytek tj. cca 20 % je využíváno k nepotravinářským účelům. Olejiny byly šlechtěny především k získávání rostlinných olejů pro potravinářské využití, a proto je jejich množství co do druhů (řepka, slunečnice, kukuřice a sója) velmi omezeno.

Eruková a laurová kyselina jako složky technických olejů byly požadovány výrobci olejů pro nepotravinářské účely a proto byly k tomuto účelu vyšlechtěny odrůdy řepky tyto složky obsahující. Prodej těchto komodit je odhadnut na 1 bilion eur ročně. Současný úkol je vyvinout nové rostlinné oleje, které mohou být využity jako náhrady petrochemických surovin v širokém rozsahu průmyslových aplikací.

Rostlinné oleje se skládají z triacylglycerinových molekul, přičemž každá z nich je tvořena třemi mastnými kyselinami vázanými na glycerinovou bázi. Jsou to právě tyto mastné kyseliny, které jsou tak důležité. Je známo několik stovek neobvyklých mastných kyselin, vyskytujících se především v planě rostoucích rostlinách, které se dají těžko kultivovat a produkují tyto látky pouze v nízkých koncentracích. Vědci byli úspěšní v identifikování klíčových genů odpovědných za produkci neobvyklých mastných kyselin v planých druzích rostlin a jejich přenesení do různých kulturních plodin. Tak je možné produkovat tyto mastné kyseliny, jako např. kyselinu ricinovou a konjugované mastné kyseliny v rostlinách, ve kterých se běžně nevyskytují. Nicméně, množství těchto mastných kyselin u modifikovaných olejnin nedosahuje koncentrací dosahovaných u planě rostoucích rostlin. Pro překonání této překážky je potřeba znát mechanismus, který reguluje introdukci nových funkčních skupin do mastných kyselin a vstupu těchto látek do triacylglycerolu během zrání olejnatého semene. Podchycení znalosti tohoto základního procesu je velmi potřebné, neboť umožní vědcům modifikovat produkci jakékoli vzácně se vyskytující mastné kyseliny.

Další úkol, na kterém je třeba pracovat, je schopnost produkce neobvyklých mastných kyselin a jejich syntéza v semeni. Semena totiž potřebují olejnaté zásoby jako energetickou zásobu ke

klíčení avzcházení. Introdukce neobvyklých mastných kyselin do energetických zásob v některých případech omezuje efektivní užití oleje, kdy tato námi požadovaná složkazabraňuje růstu. Proto je nezbytné introdukovat takové transgeny, které umožní efektivní užití nového oleje během klíčení avzcházení.

Vedle potenciálu průmyslových aplikací zaznamenal nedávný rozvoj biopaliv masivní růst užití rostlinných olejů ve výrobě metylesteru mastných kyselin. Hlavním požadavkem v tomto kontextu je maximalizovat výnos a minimalizovat vstupy do celé plodiny.

Ve výzkumu v olejářském průmyslu mohou být stanoveny následující priority dle požadavků jednotlivých průmyslových oborů:

- lubrikanty (vyšší olejové kyseliny aC8-C10 mastné kyseliny);
- polymery (vyšší olejové kyseliny, kyselinaricinová, mastné epoxy-kyseliny akonjugované mastné kyseliny);
- barvivaarozpouštědla(konjugované mastné kyseliny);
- surfaktanty akosmetika(vyšší olejové kyseliny aC8-C10 mastné kyseliny);
- inkousty abarviva(konjugované mastné kyseliny);
- bionafta(maximalizace výnosu zvýšeným přísunem uhlíku amastných kyselin natriacylglycerin, stejně tak jako vyšší olejnaté kyseliny).

Předpokládaný přínos pro ČR, EU asvět

Ve všech výše uvedených sektorech se požaduje zvýšení obsahu amodifikace mastných kyselin tak, aby se dosáhlo vyšších výnosů oleje. Výzkumné arozvojové úspěchy vjednom sektoru mohou být okamžitě přeneseny do příbuzných oborů.

Časový rámec

Pět let:

- identifikace vlastností, jejichž adice by významně zlepšilaužitné vlastnosti olejů kprůmyslovému využití;
- analýzamechanizmů tvorby rostlinných olejů;
- identifikace a charakteristikapotíží limitujících možnosti vysokých výnosů neobvyklých mastných kyselin, jako např. hydroxy, epoxy akonjugované mastné kyseliny a to jak v modelových olejnatých druzích, tak v konvenčních olejnatých plodinách;
- sledování aspektů spojených s biologií semen včetně jejich klíčivosti anásledné životaschopnosti v dalších generacích;
- rozvoj strategií tak, aby se maximalizoval přísun uhlíku do oleje během vývoje semene, a tudíž byl co největší výnos oleje zhektaru (zjistit požadavky zprůmyslových oborů);
- zhodnocení biodiverzity existujících olejnin pro jejich využitelnost a rychlé započetí programů pro jejich zkulturnění;

- rozvoj nepotravinářské platformy plodin pro průmyslové zpracování a produkci oleje - včetně rozvoje transformace ametailického inženýrství.

Deset let:

- identifikace a introdukce biochemických cest, které ovlivňují produkci zásobních olejů s novými funkčními vlastnostmi;
- vývoj produkčních systémů umožňujících syntézu olejů v GM rostlinách;
- strategie odstranění potíží produkce mastných kyselin u komerčně využitelných olejnatých plodin;
- strategie odstranění jakýchkoliv vlastností, které zabraňují účinnému klíčení a vzcházení;
- optimalizace výnosů olejnatých rostlin pro různé výchozí průmyslové suroviny a produkci bionafty;
- rychlé zkulturnění cílových druhů;
- zavedení nepotravinářské plodiny platformy pro produkci neobvyklých mastných kyselin, jako hydroxy-, epoxy- a konjugovaných mastných kyselin;
- vývoj nových katalytických postupů pro enzymy modifikující mastné kyseliny.

Dvacet let:

- založení a implementace takových zemědělských postupů pro produkci nových plodin, které jsou komerčně využívány pro produkci průmyslových olejů;
- dodání nových odrůd olejnatých plodin s nízkými vstupy a vysokými výnosy tak, aby se naplnily výchozí surovinové požadavky pro potravinářský, krmivářský a bionaftový průmysl.

2.6. Rostlinná vlákna

Charakteristika výzkumu

Rostlinná vlákna jsou tvořena v rostlinách jako podpurná pletiva zabírající poléhání. Jsou tvořena směsí celulózy, hemicelulózy, xyloglukanů a pektinu v různém poměru. Pro výrobu vláken, ze kterých lze produkovat výrobky z vyšší přidanou hodnotou, je třeba zajistit optimální poměr základních stavebních složek vláken. Proto je třeba zaměřit zejména na pochopení genové regulace tvorby buněčné stěny tvořící rostlinná vlákna vybraných rostlin. Studie s genovou regulací prováděné s huseníčkem (*Arabidopsis*), topoly (*Populus*), kukuřicí (*Zea*) i jinými rostlinnými druhy dokazují, že existují sady genů regulujících tvorbu a složení buněčné stěny tvořící strukturu textilních vláken. Po pochopení genové regulace tvorby vláken lze pomocí zásahu do genomu rostlin ovlivnit jakost a rovněž složení těchto vláken. Základní znalost o molekulární kontrole biosyntézy buněčné stěny se rozvíjí, přesto jsou v našich znalostech o biosyntéze vláken značné mezery. Proto je žádoucí v procesu základního výzkumu přispět k poznání biosyntézy buněčné stěny, což pomůže k vývoji cíleně produkováných rostlinných vláken. Pro bavlnu a línová vlákna je třeba popsat vztah mezi vlastnostmi vláken a biochemickými drahami, které určují vlastnosti vláken. Síla, délka a pevnost vláken jsou jeho

důležité vlastnosti. Jakýkoliv výzkum, který pomůže objasnit komplexní genetické a biochemické pozadí vzniku celulózových vláken je vysoce cenný pro bavlnářský a oděvní průmysl. Pro energetické a průmyslové rostliny je zvyšování obsahu základní stavební složky celulózy rovněž žádoucí, neboť některé vysokovýnosné plodiny mohou nahradit dřevo v papírenském průmyslu a rovněž najdou uplatnění ve výrobě paliv vyšších generací. Selektace a šlechtění netradičních rostlin obsahujících vláknopříspěje k pochopení regulačních funkcí produkce buněčné stěny.

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Ovlivnění jakosti lýkových vláken případně jejich kvalitativních a kvantitativních parametrů by umožnilo vyrábět produkty šité namíru spotřebiteli. Tím by bylo dosaženo vytvoření vyšší přidané hodnoty i vyššího zisku. Kvalitní rostlinná vláknina namíru šitých parametrů by umožnila návrat ČR jako bývalé textilní velmoci na světové trhy. Rostlinná vláknina vhodná pro textilní výrobu získaná především z netradičních rostlin mohou být s úspěchem využity pro výrobu kompozitních materiálů, netkaných textilií a izolačních hmot. Výrobky nabízející tyto materiály přispějí díky svým příznivým ekologickým vlastnostem a CO₂ neutralitě ke zlepšení životního prostředí. Rovněž by těmito výrobky byla zajištěna diverzifikace zemědělských plodin a nový zdroj příjmů pro zemědělce.

Časový rámec

Pět let:

- výběr potenciálně vhodných rostlin poskytujících vlákna;
- prohloubení znalostí vývoje buněčné stěny;
- nalezení genomických a proteomických cest vývoje primárního vlákna;

Deset let:

- ovlivnění kvalitativních parametrů vlákniny pro výrobu kompozitů;
- postupy syntézy vláken s lepšími textilními vlastnostmi;
- optimalizace osevních postupů a agrotechniky pro vyšší výtěžnost vláken požadovaných vlastností.

Dvacet let:

- geneticky podmíněné změny struktury buněčných stěn pro lepší oddělitelnost vláken;
- nové postupy extrakce vláken z přírodních zdrojů;
- produkce GMO rostlin s vlákny pro specifické využití.

B. UDRŽITELNÁ PRODUKCE ZDRAVOTNĚ NEZÁVADNÝCH A KVALITNÍCH POTRAVIN A KRMIV

Úvod

Návrh níže uvedených tématických okruhů pro oblast „Udržitelné produkce zdravotně nezávadných kvalitních potravin a krmiv“ metodicky uplatňující postupy rostlinných biotechnologií, které by měly být v následujícím střednědobém výhledu rozvíjeny v ČR napracovišti aplikovaného i základního výzkumu, vycházejí ze současných trendů obdobně zaměřených platforem na evropské úrovni a názorů předkladatele tohoto materiálu navývoj rostlinné produkce do budoucna.

Zemědělství a potravinářství je i přes jejich zásadní význam nutno transformovat tak, aby tyto sektory byly udržitelné, inkluzivní, pružné a schopné pokrýt potřeby rostoucí světové populace; dále aby reflektovaly změnu klimatu, nedostatek vody, ztrátu biodiverzity, vyčerpávání půdy a další environmentální problémy

Rostliny, a obecně organismy schopné fotosyntetické asimilace, jsou základním, život podporujícím systémem naší planety. Jsou primárním zdrojem energie, zdrojem základních výživových komponent a základním stavebním kamenem pro ostatní organismy. V celosvětovém měřítku s velmi rychlým nárůstem populace roste význam i rostlinných produktů. Teze o zdravých, bezpečných a v dostatečném množství vyrobených potravin a krmiv rostlinného původu jsou základem pro úvahy o dalším rozvoji rostlinně-biotechnologických postupů. Při formulaci tématických okruhů a strategických plodin je třeba mít na zřeteli současný tuzemský výzkumný potenciál, zájem ČR primárně rozvíjet obory a výzkumné okruhy, které přinesou aplikovatelné poznatky a tržně nejen na tuzemském trhu uplatnitelné produkty. Mezi strategické plodiny, na které by měl být aplikován výzkum orientován především, patří brambory, ječmen, ječmín, trávy, pšenice, řepka, hrách, kukuřice, ovoce a zelenina.

1. VÝVOJ A PRODUKCE POTŘEBNÝCH, SORTIMENTNĚ PESTRÝCH A VYSOCE KVALITNÍCH ROSTLINNÝCH SUROVIN PRO POTRAVINÁŘSKOU PRODUKCI

Kvalita je základní složkou udržitelného zemědělství. Je nezbytné zvyšovat znalosti klíčových faktorů ovlivňujících složení a kvalitu proteinů, tuků a cukrů, sekundárních metabolitů, determinantů senzorické kvality apod. Typickým příkladem je složení aminokyselinového spektra proteinů, délka řetězců a stupeň saturace mastnými kyselinami bez rostlinných olejů, stupeň polymerizace oligosacharidů, složení barevných složek apod. Zemědělské plodiny jsou

důležitými zdroji barevnosti a aromatu vyráběných potravin. Je několik cest, jak rostlinné biotechnologie mohou zcela adresně ovlivňovat tuto oblast. Zaprvé může být optimalizován profil, aroma a textura komponent základní surovině. Jinou cestou je ochrana a aroma a barva procesu zpracování a sklizňových úprav a skladování. Významný nárůst výnosů a zvyšování kvality zemědělských plodin souvisí také se zaváděním střídání plodin, osevních postupů a ve 20. století s používáním hnojiv, pesticidů a herbicidů. Od počátku 20. století se stává významným faktorem zvyšování objemu a kvality produkce plodin rovněž šlechtění. Význam šlechtění akceleruje ve 2. polovině 20. století a v současnosti je u řady druhů rozhodujícím faktorem pěstelského pokroku. Tento trend stimuluje mimořádně rychlý rozvoj molekulární genetiky a biotechnologií obecně, jelikož je šlechtění významně zefektivňují. Šlechtění je přitom relativně levným vstupem, který navíc umožňuje redukovat vstupy pesticidů (rezistence odrůd) a do jisté míry i hnojiv (efektivita a užití živin) a přispívá ke snižování negativních dopadů intenzivního zemědělství na životní prostředí. Genetické zlepšování rostlin zvyšuje produkci plodin a její stabilitu, je ale i základním nástrojem zvyšování kvality produkce. Dochází k integraci se šlechtěním a geneticko-šlechtelský výzkum je tak předpokladem dalšího pokroku.

1.1. Rostlinné suroviny s upraveným složením zásobních látek

Potraviny rostlinného původu respektují obecné kvalitativní požadavky, ale zároveň na obecnější úrovni je známo, že jsou chudší na aminokyseliny, jako je lysin nebo metionin, a naopak často obsahují příliš vysoké obsahy mastných kyselin. Lepší porozumění procesům kontroly akumulace zásobních látek a porozumění deformačním procesům je důležitým předpokladem pro zlepšení složení rostlinných surovin.

Časový rámec

Pět let:

- analýza regulačních mechanismů kontrolujících akumulaci či degradaci zásobních látek v různých rostlinných druzích;
- identifikace nezbytných kroků vedoucích k úpravě složení.

Deset let:

- zlepšení celkového složení prostřednictvím molekulárních metod a metod transgenoz.

Dvacet let:

- produkce nových odrůd kombinujících vysoký výnos se zlepšeným složením zásobních látek.

1.2. Rostlinné suroviny pro produkci výživově bohatších a atraktivnějších potravin

Vitamíny nebo specifické skupiny nenasycených tuků, makromolekuly vlákniny nebo antioxidantů, minerálie, či soubory sekundárních metabolitů jsou známy a mají velký význam pro atraktivnost potravin a zdraví konzumenta. Cílem této aktivity je pomocí metod molekulární genetiky a genomických studií poznat lépe řídicí procesy v rostlině a saturovat konzumentanovými typy potravin.

Časový rámec

Pět let:

- analýza regulačních mechanismů kontrolujících akumulaci specifických metabolitů a makromolekul ovlivňujících kvalitu;
- identifikace nezbytných kroků vedoucích k úpravě složení;
- identifikace specifických faktorů ovlivňujících kvalitu a chuť potravin rostlinného původu;
- vývoj strategie pro budoucí ovlivňování genetické a šlechtitelské.

Deset let:

- zlepšení celkového složení prostřednictvím molekulárních metod a metod transgenoz.

Dvacet let:

- produkce nových odrůd kombinujících vysoký výnos se zlepšeným výživovým složením a atraktivní chutí.

1.3. Kontinuální zajištění kolekcí genetických zdrojů rostlinných druhů a odrůd jako základny pro další geneticko-šlechtitelské aplikace

Systematicky shromažďovat a uchovávat genetické zdroje, provádět jejich popis a charakterizaci pomocí molekulárně biologických metod, detekci a orientovat na markerování zejména kvantitativní rezistence proti chorobám a škůdcům, provádět výběr genotypů pro udržitelný rozvoj a požadované hospodářské a agronomické znaky a vlastnosti. Uplatnit fingerprinting vybraných genotypů bramboru, obrazovou analýzu, tvorbu „core“ kolekcí a jejich paralelní uchovávání. Zdokonalit metodický postup, který zajistí systematické molekulární a fytopatologické hodnocení kolekcí, včetně vhodnosti pro potravinářské a průmyslové využití a napomůže k efektivnímu využití biodiverzity.

Časový rámec

Pět let:

- permanentní uchovávání potenciálně využitelných genetických zdrojů rostlinných druhů;
- identifikace metod využitelných pro další šlechtění;
- popis potravinářsky a jinak hospodářsky využitelných vlastností;
- rozvoj molekulárních metod pro popis vlastností (markery) i pro vlastní šlechtění;
- vývoj strategie pro budoucí genetické a šlechtitelské ovlivňování.

Deset let:

- komponování „core“ kolekcí jako zdroje genetické diverzity;
- výběr komponent pro cílené šlechtění.

Dvacet let:

- šlechtitelské aplikace využívající genofondů.

1.4. Diverzita zemědělských plodin a její využití

Cílem je výběr, charakterizace a využití donorů hospodářsky významných znaků s cílem získat poznatky

o genetické diverzitě v kolekcích genetických zdrojů, vybrat a definovat materiály (core kolekce, kolekce donorů významných znaků), stanovit genetické rozdíly mezi těmito materiály a navrhnout konkrétní způsoby jejich využití v hybridizačních programech. Získané poznatky avybrané zdroje bude možné uplatnit v přípravné fázi šlechtění (prebreeding).

Monitoring a využití vnitrodruhové a mezidruhové genetické diverzity pro rozšíření agrobiodiverzity a trvalý rozvoj zemědělství s cílem monitorovat odrůdové rozdíly ve spektrech povolených odrůd významných plodin a rizik vyplývajících z případného zužování jejich genetického základu, zejména s ohledem na vyskytující se stresy, adaptaci k prostředí a pestitelským technologiím. Rozšířením druhového spektra pěstovaných plodin přispět k rozšíření tržní produkce a trvalému rozvoji zemědělství.

Časový rámec

Pět let:

- získání poznatků o genetické diverzitě v kolekcích genetických zdrojů;
- stanovení genetických rozdílů mezi těmito materiály a navržení konkrétních způsobů jejich využití v hybridizačních programech;
- monitoring odrůdových rozdílů ve spektrech povolených odrůd významných plodin a rizik vyplývajících z případného zužování jejich genetického základu.

Deset let:

- rozšíření druhového spektra pěstovaných plodin přispěje k rozšíření tržní produkce a trvalému rozvoji zemědělství.

Dvacet let:

- produkce nových odrůd kombinujících vysoký výnos se zlepšeným výživovým složením a atraktivní chutí.

1.5. Optimalizace a racionalizace šlechtitelských postupů, realizace výnosového potenciálu

Cílem bude optimalizace využití biotechnologií anových metod hodnocení avýběru v průběhu šlechtitelského procesu, s ohledem nanové šlechtitelské cíle. Dále zvýšit produktivitu šlechtitelských postupů využitím nové genetické diverzity, zvýšením účinnosti selekce azkrácením šlechtitelského procesu, při úzké spolupráci výzkumu ašlechtění. Vytvořit předpoklady pro šlechtění nové generace odrůd spožadovanými znaky avlastnostmi, dle požadavků pěstitelů, zpracovatelů aspotřebitelů.

Časový rámec

Pět let:

- optimalizovat využití biotechnologií anových metod hodnocení avýběru vprůběhu šlechtitelského procesu;
- MAS – marker assisted selection ajejí optimalizace.

Deset let:

- získat nové zdroje s vysokými kvalitativními parametry avysokým výnosem.

Dvacet let:

- produkce nových odrůd s kombinovanou tolerancí k nejdůležitějším hospodářsky významným abiotickým stresům arezistencí k nejzávažnějším biotickým činitelům.

1.6. Využití biotechnologií ve šlechtění, semenářství akontrola

Využití strukturální afunkční genomiky apro zlepšování biologického potenciálu rostlin. Biologický potenciál jednotlivých druhů závisí najejich genotypu, regulaci exprese genů avzájemné interakci regulačních faktorů. Studium těchto vztahů je možné přispět k objasnění podmíněnosti hospodářsky významných znaků zemědělských plodin, k objevu variant genů aodvození prakticky upotřebitelných markerů pro asistovanou selekci. Získané poznatky adefinované materiály lze využít vaplikovaném výzkumu, šlechtění akontrola.

Využití transgenóze pro cílenou introdukci významných (nových) genů scílem ověřit avyužít metody transgenóze pro cílený přenos významných genů do zemědělských plodin; ověřit funkčnost přenesených genů avybrat materiály pro následné šlechtění. Rozšířit genetickou diverzitu druhů zemědělských plodin avytvořit tak předpoklady pro dosažení nových šlechtitelských cílů.

Výzkum avyužití genetických markerů v agrárním sektoru scílem získat avyužít genetické markery (zejménaDNAmarkery abílkovinné markery) pro charakterizaci genotypů, studium genetické diverzity, výběr materiálů, akontrolu pravosti. Optimalizace jejich využití pro potřeby studiagenofondů, šlechtění, semenářství akontroly. Využít markery pro asistovanou selekci.

GMO, jejich kontrolaabiologická bezpečnost s cílem zajistit kontrolu GMO anakládání s nimi, vsouladu

s národní legislativou asměřnicemi EU. Vývoj aověřování metod detekce transgenů, posuzování zdravotních aenvironmentálních rizik anávrrhy opatření pro zajištění biologické bezpečnosti.

Diskuse o „nových“ technikách úpravy genů (nové techniky šlechtění, NBT) trvají v Evropě již tolik let, že některé z původně posuzovaných technik se mezitím již nepoužívají. Klíčové vodítko snad začátkem poskytl Evropský soudní dvůr (ESD) ve svém rozhodnutí týkajícím se mutagenese.

Evropská směrnice o GMO z roku 2001 (směrnice 2001/18/EC) se totiž nevztahuje na mutagenesi, to znamená, že organismy získané mutagenézí nepodléhají posuzování rizik, povinnosti označování atd. ESD se má na základě žádosti francouzských úřadů vyjádřit k otázce, zda je „mutagenézí“ míněno pouze působení radiace nebo chemických látek, používané již před vznikem směrnice, či zda výjimka z platnosti směrnice zahrnuje i nové metody založené na principu mutagenese.

Časový rámec

Pět let:

- genomické atrans-genomické studie;
- MAS - marker assisted selection a její optimalizace.

Deset let:

- získání nových zdrojů s vysokými kvalitativními parametry a vysokým výnosem.

Dvacet let:

- produkce nových odrůd s kombinovanou tolerancí k nejdůležitějším hospodářsky významným abiotickým stresům a rezistencí k nejzávažnějším biotickým činitelům.

2. PRODUKCE, SLEDOVATELNOST A KONTROLA BEZPEČNOSTI ROSTLINNÝCH SUROVIN PRO PRODUKCI KRMIV A POTRAVIN

Bezpečnost potravin je téma, které nesnese kompromisu. Je to klíčové témasoučasnosti i budoucnosti. Všechna témata bezpečnosti prostupují celým potravním řetězcem. Znalost zdrojů ohrožujících bezpečnost potravin, znalost analytických metod odhalujících tyto látky i znalost metod eliminujících tyto látky musí být předmětem výzkumu.

2.1. Redukce toxinů a jiných škodlivých látek (redukce či eliminace mykotoxinů, antinutričních látek, xenobiotik, těžkých kovů apod.)

Základním cílem je produkovat potraviny a krmiva prostá všech sloučenin, které mohou být toxické pro člověka i zvíře. Jedná se o sloučeniny biotického původu (mykotoxiny, anti-nutriční látky), nebo sloučeniny abiotického původu (těžké kovy, xenobiotika). Přírodní a indukovaná

rezistence musí vyústit ve šlechtitelských programech generujících genotypy rostlin rezistentních či tolerantních k biotickým a abiotickým faktorům.

Redukce mykotoxinů – sekundárních metabolitů mnohých houbových patogenů, parazitujících na zemědělsky využívaných plodinách atoxických pro teplokrevné živočichy. Jsou známy a popsány zemědělsky nejdůležitější mykotoxiny, ale objevují se nové sloučeniny a nové formulace (např. maskované mykotoxiny), které je nutné studovat. Celosvětové programy reagují na nutnost sledovat a eliminovat tyto látky z potravních řetězců.

Dalším cílem je redukce anti-nutričních látek. Rostliny mohou obsahovat sloučeniny ovlivňující jejich růst, schopnost reagovat na napadení autogenními organismy apod., ale tyto látky jsou ve své podstatě antinutriční (inhibitory trávicích enzymů, kyanogenní glykosidy apod.). Je tedy důležité genetickými a genomickými postupy popisovat a hledat geny nebo alely specifické pro tyto syntézy a šlechtitelskými postupy vyvíjet genotypy prosté antinutričních látek.

Časový rámec

Pět let:

- vývoj vysoce sofistikovaných metod pro kvantifikaci toxinů;
- studium genetických, molekulárních a buněčných aspektů interakce patogen-hostitel;
- identifikace nových toxických látek;
- hodnocení risk assessment u hlavních toxických látek;
- metody eliminace.

Deset let:

- metody eliminace toxinů a dalších škodlivých látek ze substrátu;
- získání nových zdrojů s vysokými kvalitativními parametry a vysokým výnosem;
- genetická podstata toxinogenního procesu a možnosti využití ve šlechtění;
- genotypy prosté antinutričních látek.

Dvacet let:

- produkce nových odrůd;
- metody eliminace.

2.2. Studium genetických a fyziologických základů kvality rostlinné produkce

Cílem je vybrat a popsat donory znaků kvality, získat poznatky o genetickém založení těchto znaků a fyziologických procesech, které kvalitu ovlivňují. Posoudit interakce těchto znaků s faktory prostředí a agrotechniky. Stanovit genetické rozdíly mezi donory kvality a navrhnout způsoby jejich využití v hybridizačních programech; poznatky a materiály uplatnit v přípravné fázi šlechtění (prebreeding).

Časový rámec

Pět let:

- genetické založení znaků kvality;
- interakce sprostředím;
- prebreeding.

Deset let:

- získání nových zdrojů s vysokými kvalitativními parametry avysokým výnosem.

Dvacet let:

- produkce nových odrůd s vysokou kvalitou.

2.3. Vývoj avyužití metod pro screening apredikci nutriční, technologické ahygienické kvality plodin

Vývoj expeditivních metod umožňujících rychlé a spolehlivé predikce obsahu akvality bílkovin, škrobu, oleje a technologických, popř. dalších nutričně i zdravotně významných parametrů vybraných plodin; optimalizovat jejich využití pro výběr zdrojů a selekční postupy. Vývoj a uplatnění genetických markerů znaků kvality pro asistovanou selekci.

Časový rámec

Pět let:

- vývoj expeditivních metod umožňujících rychlé a spolehlivé predikce obsahu akvality bílkovin, škrobu, oleje a technologických, popř. dalších nutričně i zdravotně významných parametrů.

Deset let:

- optimalizace využití metod pro výběr zdrojů a selekční postupy včetně vývoje a uplatnění genetických markerů znaků kvality pro asistovanou selekci.

Dvacet let:

- získání nových zdrojů s vysokými kvalitativními parametry avysokým výnosem.

3. ROSTLINNÉ SUROVINY S RŮZNÝMI ZDRAVOTNÍMI BENEFITY APRO SPECIFICKÉ SKUPINY KONZUMENTŮ

3.1. Výběr vhodných rostlinných druhů následovaný zjištěním vnitrodruhové variability

Existuje množství druhů, které jsou potenciálně vhodné. U relativně malé části jsou většinou známy informace o jejich kvalitě jen na úrovni druhu. Podrobné studium genotypů v rámci

druhu může objevit silnou variabilitu ve sledovaných znacích, což může ovlivnit technologické kroky v procesu produkce výrobku.

Časový rámec

Pět let:

- výběr rostlinných druhů jako potenciálních donorů specifických zdravotních benefitů;
- studium variability.

Deset let:

- nové genotypy s různými zdravotními benefity.

Dvacet let:

- získání nové odrůdy s vysokými kvalitativními parametry.

3.2. Stanovení optimální pěstitelské technologie s minimální produkcí odpadů a nízkou potřebou externích vstupů

Rostlinné druhy s obsahem benefitně specifických látek mohou být problematické v některých krocích produkce (semenářské vlastnosti, pomalý počáteční vývoj, vysoká produkce vedlejších produktů, ztráty výdřelem, stabilita výnosu apod.). Pěstovatelnost a následně uplatnitelnost těchto druhů je závislá na kvalitní technologii (od osivo po sklad), která bude použitelná pro producenty/pěstitele a zajistí určitou míru ekonomické efektivity. Bez takové technologie nedojde k rozšíření pěstování plodiny např. myslivě využitelnou výměru.

Časový rámec

Pět let:

- specifikace pěstitelských vstupů;
- optimalizace vstupů.

Deset let:

- optimalizace technologie pěstování a skladování při nezměněných kvalitativních parametrech.

Dvacet let:

- nové technologické postupy využívající nejmodernějších a přirodě šetrných postupů.

3.3. Vypracování metod vhodné posklizňové úpravy s ohledem na udržení kvality produktu a zátěže životního prostředí

Produkty podléhající rychlé zkáze jsou úzce vázány (časově i prostorově) na zpracovatelské kapacity, které následně musí vykazovat vysoký kampaňový výkon, ale průměrná využitelnost během roku je nízká. Vhodná volba posklizňové úpravy a skladování umožní flexibilitu dodávané suroviny v čase i dojezdové vzdálenosti.

Časový rámec

Pět let:

- verifikace skladovacích metod se zaměřením na kvalitu suroviny.

Deset let:

- posklizňová úprava.

Dvacet let:

- nové metody posklizňových úprav.

3.4. Zaručení skladovatelnosti a trvanlivosti surovin beze změn kvality

Sledování obsahu živin a chemických přeměn a změn souvisejících s oxidací tuků. Zaměření na specifické kontrolovatelné podmínky biopotravin. Posoudit možnosti využití starých, krajových odrůd obilnin a porovnat je s odrůdami používanými v současnosti, zhodnotit obsah N-láték v sušině zrna a skladbu bílkovinných frakcí (lepkových a bezlepkových bílkovin) a jejich nutriční jakost.

Časový rámec

Pět let:

- expeditivní metody pro popis trvanlivosti při nezměněné kvalitě;
- nové materiály.

Deset let:

- optimalizace využití metod pro skladovatelnost.

Dvacet let:

- systém zaručující skladovatelnost a trvanlivost suroviny.

3.5. Kvalita rostlinných produktů

3.5.1 Studium genetických a fyziologických základů kvality rostlinné produkce

Cíle: Vybrat a popsat donory znaků kvality, získat poznatky o genetickém založení těchto znaků a fyziologických procesech, které kvalitu ovlivňují. Posoudit interakce těchto znaků s faktory prostředí a agrotechniky. Stanovit genetické rozdíly mezi donory kvality a navrhnout způsoby jejich využití v hybridizačních programech; poznatky a materiály uplatnit v přípravné fázi šlechtění (prebreeding).

3.5.2. Vývoj a využití metod pro screening a predikci nutriční, technologické a hygienické kvality plodin

Cíle: a) Vývoj expeditivních metod umožňujících rychlé a spolehlivé predikce obsahu kvality bílkovin, škrobu, oleje a technologických, popř. dalších nutričně i zdravotně významných

parametrů vybraných plodin; optimalizovat jejich využití pro výběr zdrojů aselekční postupy. Vývoj a uplatnění genetických markerů znaků kvality pro asistovanou selekci.

Časový rámec

Pět let:

- vybrání a popsání donorů znaků kvality;
- posouzení interakce těchto znaků s faktory prostředí a agrotechniky;
- vývoj expeditivních metod umožňujících rychlé a spolehlivé predikce obsahu a kvality bílkovin, škrobu, oleje a technologických, popř. dalších nutričně i zdravotně významných parametrů vybraných plodin.

Deset let:

- optimalizace využití metod pro výběr zdrojů aselekční postupy včetně vývoje a uplatnění genetických markerů znaků kvality pro asistovanou selekci.

Dvacet let:

- získání nových zdrojů s vysokými kvalitativními parametry a vysokým výnosem.

4. VYSOCE KVALITNÍ KRMIVA

4.1. Propracování postupů výroby píce z trvalých travních porostů vysoké kvality pro posílení konkurenceschopnosti chovu skotu v LFA oblastech

Hospodaření natravních porostech je způsobem produkce, který se blíží ideálu uzavřeného výrobního cyklu. Ve společenském kontextu je zemědělství natravních porostech typem farmaření nejvhodnější pro výrobní podmínky v méně příznivých oblastech (LFA) a může takto pomoci v těchto oblastech udržet osídlení. Ke kontrole a monitoringu kvality krmiv využít rychlé, levné a expeditivní metody (technika NIRS). Zaměřit se na průmyslové postupy zlepšující botanické složení porostu ve prospěch píce a méně cenných druhů a odrůd trav a jetelovin.

Časový rámec

Pět let:

- studium skladby porostů;
- kvalita jednotlivých komponent směsí;
- vybrání a popis donorů znaků kvality;
- rychlé, levné a expeditivní metody pro posouzení kvality krmiva.

Deset let:

- optimalizace složení lučně pastevních či trvalých travních porostů;
- optimalizace metod využívání aúdržby.

Dvacet let:

- vypracování nových pratotechnických postupů.

4.2. Způsoby usměrnění kvality píce v krmných dávkách krav BTPM, v závislosti napřírodních podmínkách zemědělských závodů

V ČR se v současné době cca 160 až 300 tis. ha (17 až 33 %) TTP nevyužívá chovem zvířat v důsledku jejich nízkých stavů. V přirozeném akulturním stavu by tato plocha musela být pouze udržována. Ke zlepšení tohoto ukazatele by bylo nutno v rámci ČR rozšířit pastevní chov dojníc, odchov jalovic a výkrm skotu (především jalovic a volů), zvýšit stavy přežvýkavců využívajících TTP a přejít od extenzivního k intenzivnímu obhospodařování TTP spočívající ve zvýšení kvality píce frekvencí sečení. Stavy dojníc se v důsledku regulace výroby mléka kvótami snižují úměrně zvyšování užitkovosti. Využívání pastvy dojníc dalších kategorií skotu s výjimkou krav bez TPM stagnuje hlavně z ekonomických důvodů, a proto by bylo nejlepším řešením této neuspokojivé situace, vedle rozšíření pastvy stávajících druhů a kategorií přežvýkavců, zvýšení stavů krav bez TPM o cca 80 až 100 tis. kusů.

Časový rámec

Pět let:

- koncepce výživy zvířat ve světle koncepce živočišné výroby;
- optimalizace druhového složení;
- kvalita píce a metody stanovení.

Deset let:

- optimalizace složení lučně pastevních či trvalých travních porostů;
- optimalizace metody využívání aúdržby.

Dvacet let:

- vypracování nových metodických postupů pro stabilizaci kvality píce.

4.3. Snížení obsahu toxických alkaloidů, jako produktů činnosti endofytních hub, v pícech trav sloužících pro výrobu sena, senáže a siláže

Houby rodu *Neotyphodium* (dříve *Acremonium*) žijící v intercelulárních prostorech trav produkují alkaloidy námelové povahy, které mohou způsobovat otravy přežvýkavců. V současném sortimentu odrůd trav byla přítomnost těchto hub prokázána u 46 % odrůd kostřavy luční, 12 % odrůd jílky mnohokvětého italského a některých odrůd jílky vytrvalého. Tyto odrůdy by měly být postupně nahrazeny materiály, kde endofyt alkaloidy neprodukuje (novel endophytes), nebo kde producent není přítomen, aniž by byla snížena jejich hospodářská, především pícninářská, výkonnost a odolnost vůči biotickému i abiotickému stresu, které

mohou tyto houby svému hostiteli poskytovat. Nadruhé straně jsou vhodné kmeny některých druhů (např. *Neotyphodium loli*) záměrně inkorporovány v průběhu šlechtitelského procesu do genotypů trav sloužících pak pro tvorbu populací, resp. odrůd sloužících pro trávníkářské účely záúčelem zvýšení odolnosti vůči biotickému i abiotickému stresu (odolnost vůči poškození hmyzem, vyšší vytrvalost resp. konkurenční schopnost).

Časový rámec

Pět let:

- mykologické studie;
- škodlivost endofytních hub;
- analýza alkaloidového obsahu;
- studium skladby porostů.

Deset let:

- genetická podmíněnost produkce alkaloidů;
- antinutriční versus antimikrobiální charakter.

Dvacet let:

- nové odrůdy trav.

4.4. Studium pícninářsky významných i okrajově využívaných druhů se zaměřením na obsah mikroprvků důležitých pro výživu zvířat

Pro zkvalitnění výživy hospodářských zvířat s přímými důsledky na jejich zdraví a užitkovost je třeba hledat cesty ke zlepšení nutriční hodnoty objemných krmiv. Jednou z nich je možnost vyhledat rostlinné druhy, dosud zemědělsky nevyužívané, nebo využívané v malé míře, které jsou schopny přijímat větší množství mikroprvků potřebných ve výživě zvířat a jimi obohacovat běžně pěstované jetelotravní společenstva. Tato potřeba je zvláště důležitá v měnících se podmínkách klimatu, kdy hrozí nebezpečí, že v současné době běžná jetelotravní společenstva nebudou dosahovat potřebných parametrů z hlediska nejen produkce, ale také kvality. Cílem je prověřit škálu rostlinných druhů z hlediska jejich schopnosti poutat některé z mikroprvků (Se, Mo, Co, Cu a Zn, S) významných pro výživu zvířat.

Časový rámec

Pět let:

- metody analytického stanovení a jejich optimalizace;
- mikroprvky ve výživě zvířat a jejich role;
- donory – rostlinné druhy s vyšší akumulací mikroprvků.

Deset let:

- nová kompozice směsí se zaměřením na optimální koncentraci mikroprvků.

Dvacet let:

- složení směsí s parametrem mikroprvkové sanace.

C. BIODIVERZITA A VLIV ZEMĚDĚLSTVÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Úvod

Zemědělství je jedním z odvětví, které má nezpochybnitelný vliv na životní prostředí - může napomáhat vytvářet udržitelné životní prostředí, ale na druhé straně je může také ohrožovat, přičemž rovnováha mezi oběma stavby je poměrně obtížně dosažitelná. Mezi negativní vlivy zemědělství na životní prostředí můžeme zařadit například používání velkovýrobních způsobů hospodaření na zemědělské půdě, které způsobuje nezvratné a plošně rozsáhlé změny krajiny, dále využívání intenzivních technologií s cílem dosáhnout maximálního výnosu bez ohledu na způsobené zatížení životního prostředí či přímé negativní důsledky na biodiverzitu: acenné biotopy, kontaminace půdního profilu a vodotečí toxickými a rizikovými prvky, znečištění ovzduší včetně produkce tzv. skleníkových plynů, degradace biotopů nelesní krajiny či likvidace prvků mimo lesní zeleně z důvodu přílišné extenzity zemědělské výroby, rozšiřování invazních a nitrofilních druhů nevhodným obhospodařováním zemědělské půdy atd. Naopak zemědělství může napomáhat k udržení dochovaného typického krajinného rázu, specifického lesem nepokrytého ekosystému pro rostlinné a živočišné druhy volné krajiny včetně zvláště chráněných druhů a ke zvýšení biodiverzity území. Trvalé travní porosty, lesní kultury nebo vegetační pásy a bariéry chrání půdu před dopady klimatických změn v krajině (zvýšení retenční schopnosti krajiny, zmírnění důsledků vodní a větrné eroze apod.).

Jedním z klíčových politik na úrovni EU je společná zemědělská politika, která proslazuje hlediska životního prostředí pozitivními změnami - zemědělci dnes mohou dostávat finanční podporu pouze v případě, že respektují environmentální požadavky stanovené EU. Navíc musí členské státy nejméně 25 % svého rozpočtu na rozvoj venkova použít na ochranu a zlepšování životního prostředí a krajiny. Společná zemědělská politika již nepodporuje intenzivní zemědělství vedoucí k průmyslové zemědělské výrobě, ale orientuje se na extenzivní produkční systémy. Důraz je kladen rovněž na udržitelnost zemědělské výroby, která je šetrná k životnímu prostředí, na podporu ekologických způsobů hospodaření, ochranu krajiny a zachování biologické rozmanitosti. Přestože společná zemědělská politika nezahrnuje lesnictví jako takové, podporuje zalesňování zemědělské půdy.

1. ZVYŠOVÁNÍ PRODUKCE A KVALITY ROSTLIN

Produkce a kvalita rostlin jsou důležitým předpokladem pro ekonomickou životaschopnost zemědělství, lesnictví a zahradnictví. Rostoucí nároky na vyšší produkci umocňují tlak na pestřejší postupy a zároveň tak zvyšují nároky na vodu, živiny a chemickou ochranu. Mnoho moderních postupů a přístupů směřujících k dosahování vysokých výnosů vedlo v nedávné minulosti k ekologicky nestabilním

produkčním

systémům.

Z nich lze jmenovat použití monokultur, které mělo zánásledek snížení rozmanitosti pěstovaných plodin azměny v systému rotace plodin, použití vysoce výkonných odrůd s vysokými nároky naprůmyslová hnojiva, nezaplevelenost pozemku, chemickou ochranu atd. V současnosti je proto nutné zaměřit se naoptimalizaci systémů atechnologií pro trvale udržitelné hospodaření napůdě při respektování stále přísnějších environmentálních, sociálních aspotřebitelských standardů. Trvalou udržitelnost hospodaření napůdě nelze dlouhodobě zaručit. Proto je nezbytné nalézt ekologicky šetrnější technologie s menšími nároky nadodatkovou energii aneobnovitelné přírodní zdroje.

Produkce akvalitarostlin jsou velice komplexní znaky, které jsou ovlivňovány řadou faktorů. Znalosti zákonitostí tvorby biologického ahospodářského výnosu zvyšují účinnosti agrotechnických zásahů. Optimalizace procesu tvorby výnosů k trvale udržitelné produkci musí respektovat všechny tyto zákonitosti. Udržitelný produkční systém by měl být zdrojem stabilní produkce v dlouhé časové periodě bez negativního vlivu naživotní prostředí.

Klimaje jedním z nejdůležitějších environmentálních faktorů ovlivňujícím zemědělskou, lesnickou

i zahradnickou produkci aočekává se, že měnící se klimatické podmínky v ČR mohou zapříčinit v některých letech místní nedostatky vybraných plodin. Globální oteplování povede k vyšším průměrným teplotám azměnám v množství srážek. Největší vliv nakvalitu aprodukcí rostlin budou mít změny v dostupnosti vody, zvyšující se vystavení teplotnímu stresu azměny v rozšíření některých chorob aškůdců. Proto je nutné zaměřit se nazískávání nových odrůd produkčních i neprodukčních rostlin s vysokým výnosem akvalitou odolných k těmto negativním jevům. Zatímto účelem bude nutné využít klasické i moderní metody šlechtění s využitím molekulárních markerů. Tento přístup umožňuje přistoupit k výběru napožadovaný znak již v počáteční růstové fázi au víceletých rostlin ahlavně stromů značně urychlit proces selekce. V souvislosti s rozvojem úrovně šlechtění stoupl podíl odrůdy navýnosu z 5 % v roce 1948 navíc jak 30 % v současnosti.

Pro uskutečnění vytyčených cílů je nezbytné uchovávání, výzkum, sběr, charakterizace, hodnocení adokumentace rostlinných genetických zdrojů. Nazákladě takto získaných informací je pak možné vybrat genotypy, které budou použity jako donory žádaných znaků v samotném procesu hybridizace.

1.1. Studium faktorů ovlivňujících výnos produkce astabilitu

Stabilitavýnosu je dlouhodobě znak, který je důležitý z ekonomického hlediska, neboť nízká nebo naopak nadměrná produkce může vést k destabilizaci trhu, stejně jako k lokálnímu nedostatku surovin. Pro zvýšení produkce je nutné identifikovat faktory, které ji limitují. Dobré teoretické zvládnutí principů procesů tvorby výnosu dávají dobrý předpoklad i k zvládnutí

všech dodatečných pěstitelských opatření pro nejlepší využití výnosového potenciálu pěstovaných rostlin.

1.1.1. Identifikace klíčových faktorů ovlivňující výnos produkce a stabilitu u produkčních rostlin

Během růstu a vývoje probíhají složité pochody zakládání, diferenciací a redukce vegetativních i generativních orgánů vlivem působení vegetačních faktorů na rostlinu. Zároveň probíhají procesy, na nichž závisí celkové množství vyprodukované biomasy (fotosyntetická asimilace) a rozdělení asimilátů mezi jednotlivé orgány. Produkční procesy je proto nutno hodnotit ve vzájemných vazbách se všemi faktory, které určují jak celkovou biologickou produkci, tak zejména její hospodářsky významnou část. Je nutné objasnit, jak změny jednotlivých složek ovlivní celkový produkční proces.

Výnos je výsledkem působení mnoha faktorů a podmínek prostředí na rostlinu a reakcí genotypu rostliny na tyto podmínky. Vysoký biologický výnos je podmíněn vysokou fotosyntetickou produktivitou rostlin a je tedy pro něj důležitá: velikost a doba aktivního trvání asimilačního aparátu rostlin, rychlost fotosyntézy, aktivita kořenového systému, rychlost transportu, rozdělení asimilátů mezi orgány atd. Optimální podmínky pro tvorbu hospodářského výnosu mohou být jiné než podmínky pro tvorbu biologického výnosu.

Dalším komplexním a málo objasněným faktorem je efektivnost translokace metabolitů do míst uložení. Analýza hlavních míst uložení (plody, semena jednoděložných a dvouděložných rostlin, hlízy, zásobní kořeny, dřevo atd.) by přispěla k identifikaci mechanismů kontrolujících tyto procesy a cest jejich optimalizace.

Stavba rostlin (zahrnující velikost jednotlivých orgánů, jejich počet, specifickou distribuci) a vývojové charakteristiky mají velký vliv na jejich výkon. Stavba rostlin a stromů je rozhodujícím činitelem celého rostlinného fotosyntetického aparátu a transpirace a zároveň i příjmu živin. Je to však také charakteristika, které je významně ovlivněna environmentálními podmínkami. Proto je nutné použít komplexní přístup řešení k optimalizaci odpovědí stavby rostlin a stromů na změny podmínek.

Časový rámec

Pět let:

- prohloubení znalostí principů procesu tvorby výnosu a jeho stability;
- analýza a identifikace mechanismů kontrolujících translokaci metabolitů;
- analýza vlivu stavby rostliny a vývojových charakteristik na výnos u produkčních rostlin a stromů;
- analýza vlivu environmentálních podmínek na růst a stabilitu výnosu u produkčních rostlin a stromů.

Deset let:

- optimalizace mechanismů kontrolujících translokaci metabolitů;

- identifikace alel ovlivňujících výnos a jeho stabilitu u produkčních rostlin a tvorbu;
- vývoj šlechtitelských metod optimalizujících stabilitu výnosu.

Dvacet let:

- vytvoření nových odrůd se stabilním vysokým výnosem v měnících se environmentálních podmínkách.

1.2. Identifikace klíčových faktorů ovlivňujících výnos produkce a stabilitu neprodukčních rostlin

Produktivita a kvalita okrasných rostlin má poněkud odlišná kritéria. Samozřejmě obojí je ovlivněno vlastnostmi pěstované odrůdy a způsobem pěstování: termíny výsevu a výsadby, půdou (substrátem), výživou, vodním režimem, řízením klimatu (ve sklenících, fóliovnících), použitím pesticidů (obecně ochranou) a použitím regulátorů růstu.

Produktivita v zahradnictví závisí na pěstební době (rychlosti s jakou rostliny narůstají do prodejní velikosti), počtu rostlin na jednotce pěstební plochy, u řezaných květů na počtu sklizených květů, na zdravotním stavu (co nejmenší úhyn, co nejmenší počet napadených a neprodejných rostlin, květů).

Další možností jak zvyšovat produkci je stanovení efektivních pěstebních postupů u dalších druhů vhodných pro plnění ekologických a sadovnických funkcí. Současné postupy jsou často neefektivní a provázené velkými ztrátami. Je nutné se zaměřit na integrovanou ochranu v množstevním a pěstebním prostředí, použití vhodných technologických materiálů při pěstování rostlin v energeticky úsporných podmínkách a fyzikální a chemické vlastnosti substrátu, které ovlivňují růst a vývoj dřevin při předpěstování i po výsadbě.

Časový rámec

Pět let:

- prohloubení znalostí faktorů ovlivňujících výnos u neprodukčních rostlin.

Deset let:

- efektivní pěstební postupy pro jednotlivé neprodukční rostliny;
- identifikace alel ovlivňujících výnos a jeho stabilitu u neprodukčních rostlin;
- vytvoření šlechtitelských metod optimalizujících zvyšování a stabilitu výnosu.

Dvacet let:

- vytvoření nových odrůd neprodukčních rostlin se stabilním výnosem v měnících se environmentálních podmínkách.

1.3. Sledování kvality rostlinných produktů

Zvyšování kvality sklizených produktů nebudilo v minulosti příliš velkou pozornost, jakou by si zasluhovalo, ačkoli spotřebitelé se otázkou kvality vždy zabývali. Plnění různých kvalitativních požadavků potravin, ale i nepotravin, je základním komponentem pro udržitelné zemědělství. Proto je nutné zvýšit znalosti klíčových faktorů ovlivňujících složení kvalitu bílkovin, tuků, sacharidů, vlákniny atd. Každý z těchto komponentů může být optimalizován s ohledem na následné využití.

1.3.1. Podporazvyšování kvality rostlinných produktů

Výchozím bodem pro zvyšování kvality je vytvoření analytických nástrojů pro monitorování kvality produkce jednotlivých rostlin. Fyziologická a molekulární analýzy procesů biosyntézy, přenosu a ukládání s využitím nových sofistikovaných metod může přinést informace o tom jak, kde a kdy se jednotlivé metabolity vytvářejí a skladují a objasnit tak další možnosti zvyšování kvality. Protože životní prostředí má hlavní vliv na složení kvalitu jednotlivých produktů, bude nutnou součástí provádění polních pokusů pro objasnění těchto vztahů.

Složení živin v jednotlivých produktech není často ideální. Rostlinné produkty jsou obecně chudé na některé aminokyseliny, rostlinné tuky často obsahují příliš vysoký podíl nasycených mastných kyselin. Dalším problémem může být špatná stravitelnost. Zlepšování poměru živin v jednotlivých produktech by mělo vycházet ze zásad správné výživy a zajistit tak jejich optimální přívod ve formě bílkovin, tuků, sacharidů, vitamínů a minerálních látek. Zároveň je nutné brát zřetel chuťové vlastnosti, které jsou často v rozporu se skladovacími.

Zvyšování kvality je nutné také u rostlin, které jsou používány jako základní suroviny v jiném průmyslu než potravinářském. Příkladem mohou být byliny a dřeviny používané v textilním, energetickém a farmaceutickém průmyslu, papírenství, nábytkářství apod. U okrasných rostlin je kvalitou dobrým zdravotním stavem (rostliny bez příznaků chorob, škůdců a bez příznaku deficitu živin), vhodnou velikostí, větvením, popřípadě kompaktním růstem (např. hrnkové květiny). Stále častěji se mluví o „vnitřní“ kvalitě, tj. o schopnosti rostlin vyrovnat se stresovými podmínkami po prodeji (hrnkové květiny, balkonové květiny) a po výsadbě nakonečné stanoviště (dřeviny, trvalky). Zpravidla jiné podmínky (substrát, výživa, vodní režim, klima) umožňují rychlý růst u pěstitele, avšak jiné podmiňují úspěšný růst u spotřebitele nebo po výsadbě.

Effektivní metodou pro realizování výše uvedených cílů je opět použití vhodných genových zdrojů v procesu šlechtění s využitím dosavadních poznatků molekulární genetiky.

Časový rámec

Pět let:

- vytvoření analytických nástrojů pro monitorování kvality produkce;
- analýzy fyziologických a genetických procesů ovlivňujících kvalitu a složení rostlinných produktů u produkčních i neprodukčních rostlin.

Deset let:

- identifikace alel ovlivňujících kvalitu rostlinných produktů;
- vytvoření šlechtitelských metod optimalizujících zvyšování kvality rostlinných produktů;
- zvýšení kvality rostlinných produktů s využitím klasických i molekulárních šlechtitelských metod.

Dvacet let:

- vytvoření nových odrůd produkčních aneprodukčních rostlin se zvýšenou kvalitou rostlinných produktů.

2. OPTIMALIZACE DOPADŮ ZEMĚDĚLSTVÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Rozvoj zemědělství od období klimatického optimav Atlantiku (před ca 8 tis. lety) podstatně změnil vegetační kryt zásadním způsobem změnil koloběh látek a energií na velkých územích v ČR. Postupné zvyšování produkce zemědělské výroby dosáhlo nás vrcholu začátkem 60. let min. století, kdy zemědělská produkce byla realizována na velkých územních celcích a velmi levná produkce byla dosahována extenzivním způsobem hospodaření. V současné době se zemědělství provozuje hlavně velkoplošně na plochách zbylých po odprodeji pozemků na stavební účely a produkce je regulována na základě momentních národních dotací odpovídajících aktuální politice EU.

Intenzivní využívání krajiny člověkem včetně zemědělské produkce (54 % území ČR tvoří zemědělská půda a ca 34 % lesní půda) má za následek přeměnu či vymizení významných biotopů (např. mokřadů, suchých trávníků, polních kázů, potočních niv atd.). Odhadovaná plocha cenných biotopů na zemědělské půdě z hlediska biodiverzity je v ČR asi 556 tis. ha, z toho ca 369 tis. ha se nalézá ve zvláště chráněných územích a v rámci soustavy Natura 2000, zbylých 187 tis. ha leží mimo ně (v tzv. volné krajině). Intenzivní hospodaření na zemědělské půdě přináší řadu negativních dopadů na složky ŽP (snížení kvality a znečištění půdních povrchů, eutrofizace vod, znečištění ovzduší, vytváření biotopu pro organismy) a narušuje ekologickou stabilitu krajiny.

Nová Evropská strategie v oblasti bioekonomiky zařadila mezi klíčové oblasti: udržitelné hospodaření s přírodními zdroji, zajištění bezpečnosti potravin, snížení závislosti na neobnovitelných zdrojích, adaptaci na klimatické změny a snahu o snížení příčin a vytváření nových pracovních míst a udržení konkurenceschopného postavení. Strategie na úrovni EU zohledňuje opatření ETP Plants for future.

Udržitelné hospodaření s přírodními zdroji je základním pilířem bioekonomiky, jedná se o trvale a dlouhodobě udržitelné využívání biologických zdrojů při současně se zvyšující

poptávce po biomase.. Cílem Evropské strategie bioekonomiky je obnovit a posílit ekosystémy, tedy konkrétně najít řešení příčiny zhoršené kvality oceánů a snížení biologické rozmanitosti.

2.1. Návrh způsobů komplexní ochrany zemědělských a lesních půd s cílem udržet úrodnost zemědělských půd

Trvalé produkční využívání půd vede postupně k její kontaminaci těžkými kovy z minerálních hnojiv, reziduí prostředků na ochranu plodin a herbicidů. Dochází k jednostrannému odebírání stopových prvků a půdních bází, které se musí doplňovat hnojením, nebo ke zvyšující se aciditě půd, která se musí neutralizovat vápněním. Utužení půdy mechanizací vede ke špatnému zasakování dešťové vody a jejímu provzdušnění, k erozi půdy atp. Zavlažování plodin v posledních letech nutné v sušších oblastech dočasně půdy zasoluje atp. Toxické arizikové prvky vstupují do lesních a polních ekosystémů nejen ze zemědělských, ale i z průmyslových emisních zdrojů. Proto je žádoucí dlouhodobě sledovat aktuální úroveň atmosférické depozice rizikových prvků a vyhodnotit potenciální rizika pro kontaminaci plodin a potravinových řetězců.

2.1.1. Snížení vstupů toxických arizikových látek do půd

Intenzivní způsoby zemědělské i lesnické výroby přinášejí značné zatížení půd rizikovými a toxickými látkami obsaženými v hnojivech, ochranných prostředcích, desikantech. V kyselých půdách dochází ke značné mobilitě toxických prvků (např. Al, Be atd.), které mají karcinogenní a další negativní dopady na organismy včetně člověka. Pro zachování stejného objemu produkce je tudíž třeba snížit objem látek zatěžujících životní prostředí, což musí být kompenzováno zvýšením kvality a odolnosti pěstovaných odrůd a snížením jejich náročnosti na obsah živin.

Časový rámec

Pět let:

- vyhodnocení stávající míry zatížení půd toxickými arizikovými prvky ze zemědělské a lesnické činnosti;
- návrh komplexního monitoringu zemědělských a lesních půd;
- návrh optimálních způsobů hospodaření šetrných k půdám.

Deset let:

- zavedení pravidelného a jednotného monitoringu atmosférické depozice, půdy a plodin;
- ověřování navržených způsobů hospodaření včetně šlechtění odolných odrůd zemědělských plodin a krmiv.

Dvacet let:

- zavedení verifikovaných způsobů zemědělského hospodaření s půdou;
- zavedení nových odrůd plodin do praxe.

2.1.2. Ochrana půdního fondu

Přestože je v současnosti nacílovosvětové úrovni nadbytek produkce, v budoucnu se půdamiž zнову stát strategickým zdrojem z hlediskazajištění dostatečného množství potravin (tj. z hlediskatzv. potravinové bezpečnosti). Základním předpokladem je dlouhodobé zachování produkčního potenciálu zemědělské půdy akrajiny v ČR, což je podmíněno právě ochranou půdního fondu. Rozloha půdního fondu je ovlivňována několikafaktory. Jedním z nich je vodní avětrná eroze, jimiž je v současné době ohroženo až 50 % zemědělské půdy. Před jejich negativními vlivy lze půdní fond chránit vhodným způsobem hospodaření (vedení řádků, výběr vhodných kultur aplodin, posilování neprodukčních kulturních ploch jako záloh do budoucnaasnižování degradace nevyužitých ploch zatravňováním, zakládáním protierozních krajinných prvků, větrolamů apod.). Druhým faktorem je zastavování krajiny v souvislosti se suburbanizačními procesy avyčleňování zemědělské alesní půdy pro jiné účely, což vede k trvalému snižování podílu zemědělské alesní půdy. Zde se lze dovolávat přísnějšího uplatňování zákona o ochraně zemědělského půdního fondu, případně zpřísnění podmínek vyjímání pozemků ze ZPF. Dalším problémem je pak utužování/zhutňování půdy těžkou mechanizací, která brání zasakování aprovdzušnění půdy.

Časový rámec

Pět let:

- sledování postupu vodní avětrné eroze autužování půd;
- analýzasnižování podílu zemědělské půdy.

Deset let:

- návrhy vhodných protierozních opatření;
- návrh protierozních prvků s vhodnou skladbou rostlin;
- vývoj nové vhodnější mechanizace;
- návrhy nazměnu legislativy týkající se ochrany půdního fondu.

Dvacet let:

- zavedení navržených opatření do praxe.

2.2. Návrh managementu vodních zdrojů při zachování dostupnosti akvality vod

2.2.1. Ochrana povrchových apodzemních vod

Zemědělství nadále zvyšuje úživnost (eutrofizaci) povrchových apodzemních vod. Zasakování živin, hlavně dusíku a fosforu snižuje hygienickou kvalitu podzemních vod (překračování zdravotních limitů obsahu dusičnanů, chloridů). Splachy živin do vodotečí aintenzivní drůbeží arybí farmy narybnících způsobují eutrofizaci vod, která snižuje přirozené zastoupení druhů rostlin aživočichů, nárůst výskytu toxických sinic ařas atp. vedoucí v posledních letech k vyloučení téměř všech rybníků avodotečí pro zdravotně bezpečné koupání.

Časový rámec

Pět let:

- monitoring kvality povrchových apodzemních vod;

- identifikace hlavních faktorů znečišťujících povrchové i podzemní vody.

Deset let:

- návrh opatření ke zlepšení kvality povrchových a podzemních vod a ověřování jejich účinnosti;
- návrh opatření k snížení splachu živin do vodotečí a vodních ploch.

Dvacet let:

- zavedení verifikovaných opatření do praxe.

2.2.2. Šetrné hospodaření s vodními zdroji a zvýšení retenční schopnosti krajiny

Velkoplošné zemědělství má silně negativní vliv na říční krajinu, což se projevuje zejména souvislostí

s existencí orné půdy v záplavových územích řek, kdy dochází k silné erozi, k nebezpečnému zrychlení toku a enormnímu nárůstu povodňových vln při extrémních srážkách a v neposlední řadě k zatížení řek organickými látkami i jejich zanášení plaveninami. Oproti tomu přírodě blízké ekosystémy říční krajiny, tj. lužní lesy, mokřadní porosty či vlhké pastviny mají několikanásobně vyšší retenční schopnost. Je třeba identifikovat vhodné a ekologické způsoby zemědělství, které by přispěly k obnově základních funkcí krajiny v okolí řek a zadržení vody v krajině. Ke zvýšení retence vody v krajině přispívají zejména přírodě blízké revitalizace vodních toků (vytváření meandrů, vracení narovnaných vodních toků do původních koryt atd.), případně budování polderů. Vedle dopadu na krajinu je nutné myslet i na management vodních zdrojů na úrovni jednotlivých pozemků a k šetrnému přístupu k vodním zdrojům. Je třeba vyvíjet nové plodiny i technologie (např. kapková závlaha), které nebudou tak náročné na vodu.

Časový rámec

Pět let:

- analýza říční sítě, niv a záplavových oblastí;
- analýza lokálních nároků zemědělské výroby na povrchové a podzemní vody.

Deset let:

- návrh managementu vodní bilance v krajině;
- identifikace vhodných závlahových technologií s nízkou spotřebou vody.

Dvacet let:

- zavedení navržených managementových opatření do praxe;
- zavedení navržených technologií do praxe;
- vytvoření nových odrůd s nízkými nároky na vodu, resp. odolnými na suchu.

2.3. Ochrana ovzduší

2.3.1. Návrh metod vedoucích ke snížení emisí skleníkových plynů ze zemědělské výroby

I v současné době zůstává zemědělství, resp. zejména živočišná výroba, významným znečišťovatelem ovzduší, neboť produkuje množství tzv. skleníkových plynů (CO₂, NH₃, NO_x, CH₄, H₂S atd.). Podíl zemědělství na produkci skleníkových plynů se v současnosti odhaduje na cca 14 %. Oxid uhličitý se uvolňuje např. mikrobiologickým rozkladem organických hnojiv nebo zbytečným spalováním sena a slámy. Další produkce CO₂ vzniká téměř jakýmkoli narušením stavu půdy, které vede k jejímu vysychání (tj. např. orbou, plečkováním atd.). Amoniak vzniká ve značné koncentraci z velkokapacitních chovů zvířat. Velké množství oxidů dusíku se uvolňuje na intenzivně hnojených polích v nížinách. Metan, pokud se nevyužívá jako biopalivo, uvolňují přežvýkavci. Sirovodík vzniká v provozech velkochovů s roštovým ustájením. V neposlední řadě musíme k produkci skleníkových plynů v zemědělství přidat i ty z využívané mechanizace (spalování benzínu anafy).

Časový rámec

Pět let:

- monitoring zdrojů znečišťování ovzduší z emisních zdrojů zemědělství.

Deset let:

- návrh averifikace opatření ke snížení emisí ze zemědělské produkce.

Dvacet let:

- přijetí šetrnějších technologií způsobů hospodaření s menším emisním zatížením krajiny.

2.3.2. Vývoj efektivních technologií vazby uhlíku z atmosféry nabiomasu

Snižování obsahu CO₂ v ovzduší je jedním z hlavních cílů politiky ochrany životního prostředí. Levné apřírodě blízké snižování obsahu uhlíku (CO₂) v ovzduší je vazbauhlíku nabiomasu rostlin, neboť k ní není třeba žádných dodatečných zdrojů energie. Lesní aneprodukční půdy lze využít jako deponiabiomasu (stařina, humusová vrstva, dřevo), která je dočasně schopná navázat značné množství uhlíku.

Časový rámec

Pět let:

- výzkum ukládání uhlíku do biomasy;
- identifikace množství biomasy využitelné k ukládání uhlíku nevyužitelné pro zemědělskou alesnickou produkci apro energetické účely.

Deset let:

- optimalizace způsobu deponování biomasy v krajině (zvláště napolích aloukách);
- hledání nových technologií uchování uhlíku v podzemí nebo ve formě kondenzovaných organických sloučenin.

Dvacet let:

- zavedení verifikovaných technologií do výroby.

2.4. Ochrana krajinného rázu abiodiverzity

Velkoplošné adlouhodobé pěstování jen několikamálo druhů plodin může podstatně změnit krajinný ráz, snížit biodiverzitu a ekologickou stabilitu území. Změna krajinného rázu v ČR nastalahlavně po sloučení parcel adramatický pokles biodiverzity (mizení druhů rostlin) začal koncem 60. let min. století v důsledku intenzivního hnojení minerálními hnojivy, užívání herbicidů a pesticidů, čištění osiva a užívání výkonné mechanizace. Došlo k úbytku nebo vymizení většiny polních plevelů, raka, křepelky, chřástala atd. Naopak obnova klasického zemědělství na začátku 21. století (ekologické zemědělství, pastva, lukařství, klasické rybníkářství) na části území snad může zachovat alespoň malé populace kriticky ohrožených organismů původní zemědělské krajiny.

2.4.1. Sledování změn ekosystémové diverzity a heterogenity

Současný stav biodiverzity je dle mnohých domácích i zahraničních studií zásadně ovlivňován dvěma skupinami procesů, které se odehrávají na krajinné úrovni. Jedná se o změny krajinného pokryvu, které vedou ke ztrátě resp. zásadní změně kvality habitatu, a dále o změny horizontální struktury krajinného habitatu, z nichž nejvýznamnější je fragmentace vhodného habitatu do více drobných částí. Obě skupiny procesů jsou v čase i prostoru provázány, proto nelze jejich dopad na biodiverzitu studovat odděleně.

Uvedené problematice - dopadům kvalitativních a strukturálních změn krajinného pokryvu - nebylo dosud věnováno v ČR dostatečná pozornost, zejména z důvodu velké finanční či časové náročnosti pořízení detailních dat postihujících prostorové změny v krajině. Oproti řadě ostatních evropských zemí není v ČR dosud zaveden komplexní monitoring dynamiky krajiny a dopadů jejích změn na krajinné funkce včetně biodiverzity. Přitom ČR patří mezi státy s nerozsáhlejšími změnami krajinného pokryvu v rámci celé EU.

Jako jeden z podstatných směrů studií biodiverzity lze proto považovat právě výzkum její dynamiky v kontextu změn habitatu na krajinné úrovni. Studium dopadů kvalitativních procesů jako je suburbanizace, extenzifikace či naopak intenzifikace zemědělské výroby, zalesňování apod. by mělo patřit mezi priority výzkumu. Hodnocení strukturálních změn ve smyslu fragmentace, heterogenizace či naopak homogenizace krajinné mozaiky souvisí i s procesy výstavby liniových staveb, jakožto základních bariér ovlivňujících disperzi a dálkovou migraci organismů vyšších teritoriálních škál. Návným úkolem studií dopadů krajinných změn je prediktivní modelování možného budoucího vývoje.

Časový rámec

Pět let:

- zpracování prostorových dat o změnách krajinného pokryvu (databáze CORINE Land Cover, vrstvy landuse GEODIS);
- definice a plošná analýza hlavních procesů změn kvality a struktury krajinného pokryvu s eventuelním dopadem na biodiverzitu.

Deset let:

- analýza současného a historického rozšíření modelových druhů organismů vysokých teritoriálních či migračních škál (prioritní druhy z Přílohy Směrnice o stanovištích);
- identifikace lokalit s potenciálně vysokou biodiverzitou a navržení jejich začlenění do spojitě sítě chráněných území za účelem zvýšení koherence soustavy NATURA2000.

Dvacet let:

- zájmové druhy budou přizpůsobeny měnícím se podmínkám prostředí (aplikace tzv. "Dynamic habitat suitability modeling").

2.4.2. Ochrana krajinného rázu a biodiverzity

Ráz krajiny je významnou hodnotou dochovaného přírodního a kulturního prostředí, proto je chráněn na mezinárodní úrovni (UNESCO). Je dán specifickými rysy a znaky (morfologie terénu, charakter vodních ploch a toků, vegetačního krytu a v neposlední řadě i charakter osídlení – venkovská architektura), které určují jeho odlišnost a jedinečnost. Aby bylo možno krajinný ráz chránit, je nutno popsat a vyhodnotit znaky a hodnoty, které krajinný ráz dané krajiny utvářejí, včetně zhodnocení navrhovaných záměrů v daném území.

Časový rámec

Pět let:

- identifikace znaků a hodnot utvářejících krajinný ráz;
- návrh jednotného hodnocení území ČR z hlediska krajinného rázu;
- vypracování postupů k zabezpečení trvale udržitelného rozvoje krajiny, respektujícího jak její hospodářský potenciál, tak i ochranu a rozvoj přírodních a kulturně-historických hodnot krajiny.

Deset let:

- zavedení jednotného hodnocení území ČR z hlediska krajinného rázu do praxe;
- návrh úpravy legislativy k realizaci krajinných politik a k uplatnění nástrojů zaměřených na ochranu krajiny.

Dvacet let:

- zavedení navržených změn do praxe v územním plánování.

2.4.3. Podpora přínosu historického a ekologického zemědělství

Historické a ekologické způsoby zemědělství přinášejí nízké vstupy toxických a rizikových látek do všech složek životního prostředí (absence pesticidů, herbicidů, minerálních hnojiv atd.), což umožňuje přežití řady plevelů a dalších organismů, vázaných na půlní ekosystém potravními a teritoriálními vazbami, které byly v minulosti v krajině běžné a dnes se v ní téměř nevyskytují. K tomu přispívá i využívání technologií s malým pracovním záběrem. Podobný efekt má i přirozená pastva, při které je narušován travní porost a biomasa, což umožňuje růst populací konkurenčně slabších, dnes převážně kriticky ohrožených druhů rostlin a na ně vázaných živočichů (např. hmyz).

Časový rámec

Pět let:

- analýza vlivu alternativních způsobů hospodaření na zemědělské půdě na biologickou rozmanitost.

Deset let:

- navržení vhodných managementových opatření, vedoucích k zachování či zvýšení biodiverzity agroekosystémů.

Dvacet let:

- zavedení verifikovaných vhodných opatření do zemědělské praxe.

3. PODPORA AZVYŠOVÁNÍ BIODIVERZITY

Snižování úrovně biodiverzity je považováno v měřítku mezinárodní ochrany přírody a krajiny za jeden

z nejzávažnějších problémů. Příčiny tohoto stavu je možné hledat v degradaci stavu životního prostředí, především v úbytku přirozených biotopů, který je způsoben jak přirozenými vlivy, tak činností člověka (klimatická změna, šíření invazních druhů, změny ve využití krajiny řízené přírodními, ekonomickými i sociálními silami). Negativní jevy v kontextu změn biodiverzity lze velmi dobře zobrazit pomocí změn v počtu druhů, případně druhů ohrožených a chráněných. Červený seznam IUCN (Světový svaz pro ochranu přírody) eviduje celosvětově téměř 17 tisíc rostlinných a živočišných druhů ohrožených vyhynutím.

Ekosystému oceány, lesy a půdy, jsou stěžejními pro zachyt uhlíku, bez nich není možné snižování emisí skleníkových plynů, jak je uvedeno v Pařížské dohodě. Oceány absorbují až 30% ročních emisí oxidu uhličitého vzniklé lidskou činností, což pomáhá zmírňovat růst skleníkových plynů². Avšak zachytávání uhlíku vede k nárůstu kyselosti mořské vody. Studium na otevřených oceánských a pobřežních místech po celém světě zjistilo, že současné hladiny mořských kyselin se v průměru zvýšily o cca 26% od začátku průmyslové revoluce (snížení pH o 0,1), což ovlivňuje život v mořích.

V globálním měřítku se zmenšuje rozloha lesů v letech 2010 - 2015 o 6,5 milionu hektarů ročně. Zalesňování a přírodní expanze lesů nestačí ztratit kompenzovat, dochází k úbytku lesních porostů, což přispívá k nedostatku vody, povodním a klimatickým změnám. V Evropě plocha lesů roste, hlavně díky přirozené obnově a zalesňování, těžba je nižší než roční přírůstek.

Lesy v Evropě hrají významnou roli pro zachycení uhlíku v průměru zachytí 9% celkových ročních emisí.

² <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2017/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2017.pdf>

Zpráva o stavu přírody ČR vydaná v loňském roce informuje, že na našem území je v současnosti známý výskyt 80 tisíc druhů, z nichž třetina je podle kritérií IUCN hodnocena jako ohrožená. Polovina druhů cévnatých rostlin na území ČR náleží do některého stupně ohrožení, vyhynuly některé druhy orchidejí, různé druhy plevelů.

Změny druhové bohatosti terestrických ekosystémů mají svoji příčinu ve změnách krajinného pokryvu, které představují jedny z nejvýznamnějších příčin změn krajinných funkcí. Celková industrializace, rostoucí urbanizace a unifikace zemědělské výroby vedla k významnému snížení diverzity krajinného pokryvu a homogenizaci jeho prostorové struktury.

Podle zprávy EEA Land Accounts for Europe 1990 – 2000 (EEA Report no. 11/2006, jsou v Evropě společnými trendy krajinných změn tyto procesy:

- nárůst rozlohy urbánních ploch;
- pokles rozlohy lesa;
- intenzifikace zemědělské výroby – nárůst rozlohy orné půdy, vinic, ovocných a zeleninových plantáží;
- nárůst rozlohy lesa;
- extenzifikace – pokles rozlohy intenzivně využívaných zemědělských ploch ve prospěch luk, pastvin či lesa.

Česká republika nezůstává v tomto ohledu výjimkou, změny krajinného pokryvu následují evropské a mezinárodní trendy, některé procesy jsou dokonce díky dědictví socialistického plánování zemědělské výroby intenzivnější. Pád železné opony, následná restituce soukromého vlastnictví, obnovení demokracie a tržní ekonomiky, proto představují zásadní historický přelom, který se významně projevil v nastartování procesů změn krajiny. V posttotalitní historii měl dále výrazný vliv příprava a vstup ČR do EU a implementace evropských environmentálních a zemědělských politik. Odhadovaná plocha cenných biotopů na zemědělské půdě z hlediska biodiverzity je v ČR asi 556 tis. ha, z toho cca 369 tis. ha se nalézá ve zvláště chráněných územích a v rámci soustavy Natura 2000, zbylých 187 tis. ha leží mimo ně (v tzv. volné krajině). Vzhledem

k dlouhému období antropogenního ovlivňování evropské krajiny je zde biodiverzita snad více než kdekoli jinde ve světě do značné míry vázaná na specifické, regionálně odlišné způsoby zemědělského a lesnického obhospodařování. Po vyhubení většiny velkých spásáčů člověkem postupně jeho vliv sílil a lesy se tak staly přímými svědky evoluce lidského pokolení. V posledních dvou stoletích, konkrétně se začátkem průmyslové revoluce, se situace z pohledu biodiverzity v lesích střední Evropy velmi zhoršila. Tradiční využívání lesa v podstatě vymizelo a bylo nahrazeno komerčním (hospodářským) lesnictvím. To přineslo hospodaření ve formě vysokého lesa, stejnorodých a stejnověkých plantáží, a také nahodilých těžeb. To vše vedlo k úbytku druhů, především těch vázaných na mrtvé dřevo. Jednou z odezev na intenzivní lesnictví byl vznik a rozšiřování sítě chráněných a bez zásadových území. Hlavními

předměty takových snah byly především důvody estetické a etické, v řadě případů také aspirace na vznik nových pralesů.

V současné době připravovaná novela zákona č. 334/1992 Sb. má v úmyslu zvýšit ochranu půdního fondu a podpořit využívání starších zemědělských území v souladu s jejich původní charakteristikou.

Vsouvistosti

S tímto předpokládaným nárůstem množství intenzivně obhospodařované půdy pak logicky vyplývá i potenciální zvýšení zájmu o zemědělské dotační tituly. Právě implementací těchto podpůrných opatření se výrazně upravují pravidla pro hospodaření a využívání zemědělské krajiny (30 % zemědělské půdy v ČR si jen dnes žádá o dotace). Vstupem do EU se České republice, stejně jako ostatním členským státům, otevřela možnost využívání finančních prostředků Společné zemědělské politiky z podpůrných programů zaměřených na rozvoj venkova. Dopady těchto podpůrných opatření jsou různé a jednotlivé skupiny organismů otevřené krajiny na ně mohou reagovat odlišně. V evropském měřítku se objevují kritiky nastavení těchto dotačních zdrojů, konkrétně agroenvironmentálních opatření i upozornění na absenci monitoringu jejich skutečného vlivu na biodiverzitu v rámci podporované zemědělské činnosti a péče o venkovskou krajinu. U nás na problematiku kolizí zájmů volně žijících rostlin a živočichů s nastavením podmínek agroenvironmentálních programů bylo upozorněno již před několika lety. Přestože v několika případech nevhodný výběr dotačního titulu či nastavení podmínek konkrétního opatření vedl k výrazným negativním změnám v populaci či dokonce k vyhynutí evropsky významných a zákonem chráněných druhů, nejsou u nás dosud stanoveny metodiky sledování dopadu těchto relativně nově zaváděných opatření na biodiverzitu, není dosud zaveden monitoring zaměřený na zjištění skutečného vlivu aplikací jednotlivých dotačních titulů (vyjma některých dílčích projektů nevládních organizací či částí státní správy, jednotná metodika centrálně stanovená však chybí).

Aktuální přístup zemědělské politiky ČR je založen na multifunkčnosti zemědělství. Z významné aktivity přispívající k udržení biodiverzity a ochraně životního prostředí na území celé ČR slouží především tzv. mimoprodukční funkce krajiny a ekosystémové služby zemědělství a lesnictví. Agroenvironmentální opatření mají za úkol zvyšovat biodiverzitu hospodářsky využívané krajiny. Nicméně jejich aplikace se může stát problematickou vzhledem k plošné aplikaci při nerespektování lokálního vztahu menších krajinných celků. Přestože původní myšlenkou bylo motivovat zemědělce k citlivějšímu hospodaření, které bude vést k zlepšení stavu biodiverzity, skutečný dopad těchto dotací je otázkou budoucích výzkumů v rámci měřítek jednotlivých států s přihlédnutím k regionálním specifikům jednotlivých dotčených území. Původní hospodářské metody, které využívá dnes především extenzivní produkce (samozásobitelé, ekologické a integrované zemědělství) s sebou často nesou, díky minimálním zásahům do vytvořených biotopů, i nárůst úrovně přirozené biodiverzity.

3.1. Vývoj nových metod záchrany a přežívání populací ohrožených a kriticky ohrožených druhů rostlin azachování starých domácích taxonů produkčních ineprodukčních rostlin ČR

3.1.1. Monitoring změn vegetace v závislosti namíře antropického zatížení stanoviště

V posledním období nastává potřebapřavidelného sledování kvality přírodního prostředí zejména souvislosti s hledáním možností objektivního posouzení účinnosti dotací zlepšení životního prostředí. Zejménau rámci EU je vynakládání finančních prostředků pro zlepšení životního prostředí soustavně kontrolováno prostřednictvím monitoringu. Závěry těchto průzkumů přinášejí nové poznatky jak z teoretického tak zpraktického hlediska jako podklad pro upřesnění strategie rozhodování pracovníků státní správy o opatřeních směřujících k ochraně životního prostředí. Mezi základní ukazatele změn prostředí patří sledování změn biodiverzity vegetačního krytu. Z těchto důvodů je sledování změn vegetace jedním z hlavních předmětů monitoringu vlivů agro-environmentálních opatření horizontálního plánu rozvoje venkova(HRDP) nabiodiverzitu, který je koordinován MZe ČR. Provádět monitoring vegetačních změn je potřebataké v rámci chráněných území soustavy NATURA2000 společně s rozvojem aktivit spojených s implementací Evropské úmluvy o krajině.

Časový rámec

Pět let:

- výběr vhodných lokalit, které budou předmětem studia;
- vymezení ploch k trvalému sledování, včetně podrobného popisu vegetace.

Deset let:

- vypracování přehledu vegetačních jednotek pro vybrané lokality adetailní mapy aktuální vegetace nalokalitě.

Dvacet let:

- budou standardně aplikována účinná opatření agroenvironmentálních opatření nabiodiverzitu.

3.1.2. Studium genetické adruhově diverzity u ohrožených rostlin

V ČR jsou početní stavy některých populací rostlin nasamé hranici existence. Všechny lokality jsou neustále ohrožovány postupnou změnou složení vegetačního krytu (zarůstání stanovišť náletovými dřevinami ainvazními rostlinami cizího i domácího původu). Nejenom rostliny získané generativním množením, ale také kultury in vitro představují velmi významnou metodu ochrany ohrožených druhů rostlin, které mají silně redukované populace, druhů s velmi nízkou produkcí semen adruhů, které se z různých důvodů nemohou sexuálně reprodukovat. Techniky in vitro umožňují v krátkém čase produkovat z minimálního rostlinného materiálu velký počet rostlin – tím má tento způsob množení minimální vliv naoslabení původní populace ohroženého druhu. Sterilní kultury jsou ve smyslu uchování genofondu ohrožených rostlin

použitelné nejen kvlastnímu množení, ale také k dlouhodobému uchování v podmínkách ex situ (genobanka). Ve spolupráci s resortními organizacemi MŽP ČR je potřeba zjistit aktuální stav populací vybraných ohrožených rostlinných taxonů a míru jejich ohrožení *in situ* a potenciální potřebu jejich repatriace či reintrodukce na náhradní lokality v rámci areálu druhu.

Časový rámec

Pět let:

- výběr vhodných ohrožených taxonů rostlin ve spolupráci s MŽP ČR, AOPK Praha a Správami CHKO a NP ČR;
- analýza přirozeného rozšíření vybraných ohrožených rostlinných druhů v ČR, monitoring reprezentativních populací z hlediska velikosti, struktury, vitality a ekologických vazeb;
- doplnění poznatků vytípaných druhů z hlediska molekulární biologie.

Deset let:

- standardizace *in vitro* technik množení;
- zjištění účinných metod repatriace semenáčů nebo dostatečného počtu klonů na původní lokality ČR;
- založení genobanky *in vitro* ohrožených druhů rostlin.

Dvacet let:

- podle potřeb státní správy budou v ČR posíleny populace kriticky ohrožených druhů rostlin podle vypracovaných metodik.

3.1.3. Sledování genetické diverzity dřevin ČR v evropském kontextu

Druhové bohatství dřevin domácích v ČR (tj. autochtonní dendroflóra) je relativně chudé. Zahrnuje okolo 200 druhů podle současného pojetí, částečně včetně řady druhů, jejichž zařazení mezi pravé dřeviny je problematické. Tyto druhy u nás reprezentují asi 60 rodů hodnotitelných jako pravé dřeviny. Převážná většina domácích druhů dřevin vykazuje rozsáhlou oblast svého přirozeného rozšíření (areál), které zasahuje také do naší republiky, i když někdy jen okrajově (zejména teplomilné druhy najdeme v Moravu). Tyto druhy však v evropském měřítku reprezentují našemu území cennou část své variability a fylogeograficky obvykle jedinečný genofond. Kromě toho je několik domácích druhů dřevin našemu území endemických, resp. subendemických, tj. nevyskytujících se nikde mimo ČR nebo zasahujících jen nedaleko z našeho hranice. Ob tyto chorologické typy autochtonních dřevin se významně podílejí na celkové druhové diverzitě rostlin naší země. Kromě nich se u nás vyskytuje ještě větší množství dřevin u nás nepůvodních, převážně záměrně introdukovaných člověkem během posledních staletí pro určité ceněné vlastnosti (nejčastěji estetické, ale též užitné), které v mnohých případech přirozeně zplahují a zaleňují se tak do naší přírody (ať už jako vzácná příměs nebo až invazivně). Je třeba studovat jak autochtonní druhovou diverzitu dřevin (zejména jejich

genetickou variabilitu), tak její vztahy k nepůvodním druhům z hlediska genetického ovlivňování (zejména mezi druhovou hybridizací).

V souvislosti s potřebou ochrany genofondu lesnický využívaných i nevyužívaných dřevin probíhá v současné době v Evropě intenzivní výzkum jejich genetické variability. Mezi populacemi, které se vyskytují v rámci různě velkých geografických regionů, existují ve většině případů genetické odchylky, které není možné určit klasickým vyhodnocením morfologické proměnlivosti. K podrobnějšímu pohledu na geneticky podmíněnou variabilitu populací je kromě klasických morfologických metod využívána zejména technika DNA analýz, která umožňuje detailnější studium genetické variability populací. Určení minimální velikosti životaschopné populace (MVP) u rostlin je důležité v případě zachrany ohrožených druhů avšak v lesnictví v případě zakládání semenných sadů, při šlechtění nových odrůd typu populace a případně při udržování (udržovacím šlechtění) těchto odrůd. Samostatnou otázkou do budoucna zůstává, do jaké míry může dojít k nežádoucím genetickým změnám v případě vzájemného prokřížení dvou odlišných populací (subpopulací).

Časový rámec

Pět let:

- provedení terénních průzkumů vnitropopulační variability a vitality vybraných ohrožených taxonů dendroflóry ČR směřující k zachování její genetické čistoty a diverzity;
- vyhodnocení morfologické a genetické variability taxonomicky kritických skupin dřevin, tvořících součást druhové diverzity autochtonní dendroflóry ČR;
- zjištění vnitropopulační variability a diferenciace mezi populacemi založené na polymorfismu jaderné a chloroplastové DNA.

Deset let:

- zmapování výskytu a hodnocení variability taxonomicky kritických skupin dřevin zdomácnělých nebo introdukovaných v ČR;
- vyhodnocení morfologické variability populací na základě morfometrického měření;
- stanovení vlivu příbuzenského opylení na úrovni molekulárních markerů.

Dvacet let:

- vyhodnocení genetické diverzity ve vztahu k morfologické variabilitě populací.

3.2. Výzkum biodiverzity ve vztahu k zemědělství

Hospodářské změny v ČR během devadesátých let 20. století vytvořily prostředí pro široké spektrum krajinných změn, především v souvislosti se zemědělským půdním fondem, které nemají v zemích EU obdoby. V posledních dvaceti letech mají tyto změny vzestupnou tendenci nejen na lokální úrovni. Od plošně rozsáhlých změn v rámci procesů suburbanizace, extenzifikace nebo intenzifikace zemědělské výroby, přes regionálně významné dopady agroenvironmentálních programů EU či ekologických směrů v rostlinné

i živočišné produkci, se plánovaná změna zákona o půdním fondu ČR bude znovu dotýkat celé republiky a ovlivní nejen strukturu krajiny, ale významně se dotkne také její biodiverzity.

3.2.1. Zjišťování vlivu změn v uspořádání zemědělské krajiny a efektu různých typů zemědělské činnosti na biodiverzitu otevřené krajiny

Změny ve využívání otevřené krajiny i diferenciaci technických přístupů k zemědělské produkci vede v současné době k významným změnám v hospodářské krajině, jejichž vliv na biotu a biodiverzitu není dosud zcela prozkoumán. Cílem je zhodnotit dopad krajinných změn a různých forem hospodaření na biodiverzitu. Při respektování regionálních specifik nejen v rámci střední Evropy či České republiky, ale jednotlivých dílčích oblastech, lze dojít k praktickým závěrům, které při aplikaci povedou k zvýšení významu mimoprodukčních funkcí zemědělství i zvýšení biodiverzity, a mohou se tak stát cenným zdrojem poznatků pro regionální úpravy např. dotačních programů EU. Významnou informační hodnotu ohledně možností zvyšování úrovně biodiverzity se mohou stát extenzivně obhospodařované plochy různého stáří: od nově založených ploch s integrovanou nebo ekologickou výrobou, přes pozemky s modifikovaným managementem dle požadavků agroenvironmentálních programů, až k lokálním extenzivně obhospodařovaným starým sadům, polím a pastvinám.

Časový rámec

Pět let:

- výběr vhodných indikačních taxonů a krajinných charakteristik s přihlédnutím k regionálním specifikům referenčních výzkumných ploch;
- sběr dat na referenčních plochách prezentujících významné krajinné změny a způsoby hospodaření; vyhodnocení získaných dat.

Deset let:

- biodiverzita v praxi - vypracování metodických doporučení pro státní správu a zemědělce.

Dvacet let:

- aplikace vypracovaných praktických závěrů vedoucích k podpoře mimoprodukčních funkcí zemědělství a biodiverzity.

3.3. Výzkum biodiverzity ve vztahu k lesnictví

Oblast střední Evropy včetně ČR poskytuje kompromis pro možnost studia lesní biodiverzity. Jednak je to vyšší míra propojení se stále poměrně zachovalou východní Evropou, a také dobrá úroveň dokumentace, potenciálně sloužící pro studium vlivu změn na biodiverzitu. Aktuální je velká výzva o zdokumentování vlivu různých praktik na organismy vázané na lesní prostředí či konkrétně na mrtvé dřevo jako unikátní složku lesa. Aktuální jsou také otázky míry negativního vlivu současné hospodářské činnosti, dostatečnosti a funkčnosti chráněných a bezzásahových území, simulace disturbancí vytvářených člověkem v minulosti. Velmi aktuální je i

otázka dostatečné rozlohy a možné míry negativní fragmentace nasít chráněných území. Nabízí se i možnost srovnání lesů v kontextu Eurasie či studie vlivu různorodých opatření na konkrétní modelové organismy.

3.3.1. Srovnání vlivu intenzity obhospodařování v lesích na biodiverzitu

V souvislosti s intenzifikací obhospodařování lesů vznikla v minulosti síť tzv. bezzásahových území. Jejich účelem je kromě jiného chránit úbytek biodiverzity. Zároveň se v relativně nedávné době objevil názor, že řada organismů je úzce vázaná na rozličné disturbance, které jsou silně podmíněny činností člověka v krajině. Anejsou to jen ohrožené organismy, ale lidskou činností jsou podmíněny i stanoviště typu doubrav. Činnost člověka v minulosti simulovala především vliv velkých spásáčů. Mezi poslední místa, která simulují takovou extenzivní činnost, jsou obory. Nabízí se tak unikátní možnost srovnání lesů hospodářských, bezzásahových a pastevních (obor). Takové srovnání dodnes ve světě chybí a to i přesto, že by jistě přineslo nové poznatky pro lesnickou praxi, např. v otázce dynamiky biotických a abiotických škodlivých činitelů, pěstování hlavních hospodářských dřevin či kompenzace finanční újmy.

Časový rámec

Pět let:

- zajištění trvalých či dynamických zkusných ploch s ohledem na rozšíření ekologické limity hlavních hospodářských dřevin;
- dlouhodobý výzkum zaměřený na stav biodiverzity v hospodářských lesích, lesích vedených jako bezzásahová území a pastevních lesů (obor).

Deset let:

- porovnání účinku testovaných vlivů nebo jejich absence na stav biodiverzity – intenzivní (hospodářské lesy) vs. extenzivní (obory) vs. bez zásahů (bezzásahová území);
- srovnání úrovně narušení biotickými a abiotickými činiteli ve vztahu k intenzitě obhospodařování.

Dvacet let:

- optimalizace hospodářských opatření ve vztahu k úrovni intenzity obhospodařování lesů.

3.3.2. Zjišťování vlivu odběru biomasy na úbytek biodiverzity v lesních ekosystémech

Moderní trendy ve využívání obnovitelných zdrojů energie v současné době využívají potenciálu lesních ekosystémů k odběru biomasy. Kromě typických sortimentů, jako je kůra nebo vláknina, připadá dnes v potaz i zpracování tzv. potěžebních zbytků. Konkrétně se jedná např. o větve či pařezy. Tato praktika má za následek ohrožení i dříve běžných druhů organismů, a tím i ohrožuje stav biodiverzity.

Časový rámec

Pět let:

- srovnání vlivů s různou intenzitou odběru potěžebních zbytků v rámci různých porostů hlavních hospodářských dřevin.

Deset let:

- porovnání vlivu odběru potěžebních zbytků vzhledem ke stavu biodiverzity v rámci konkrétních porostů;
- zjištění typických organismů vázaných na potěžební zbytky.

Dvacet let:

- aplikace účinných opatření proti negativnímu vlivu odběru biomasy.

D. ROSTLINA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Úvod

Bioekonomika přispívá nejen k růstu a zaměstnanosti, ale má nezastupitelnou úlohu v oblasti redukce skleníkových plynů a recyklaci surovin a jejich znovu využití (strategie oběhového hospodářství).

Vnejbližších dvou dekádách se předpokládá realizace nových požadavků navyžití hospodářských plodin i nový přístup k managementu krajiny. Jsou dostatečně přesně formulovány vtežích Evropské technologické platformy „Plants for the Future“ ajako celek odpovídají i potřebám ČR.

Jde vzasadě o tyto oblasti.

Výrazným způsobem poroste nepotravinářské využití plodin. Ty se stanou ve zvýšené míře průmyslovou surovinou (např. biodegradabilní plasty), energetickým zdrojem nahrazujícím fosilní paliva, prostředkem fyto remediac anepostradatelnými substráty farmaceutického průmyslu včetně, či především, imunologicky významných bílkovin (molecular farming). Produkce potravin i krmiv pak bude vyžadovat zásadních změn kvality primárních produktů (hospodářských plodin) sohledem nadiferencované dietetické požadavky, omezování toxických i antinutričních látek anaopak zvýšení obsahu látek limitujících preventivně výskyt civilizačních chorob.

Zároveň musí být zvýšenatolerance (rezistence) těchto plodin ke stresům spojeným se změnami klimatu (např. odolnost vůči suchu) asníženy jejich nároky naenergetické vstupy aužívání pesticidů (výživa, agrotechnické zásahy).

Jde jak o ochranu biodiverzity, tak cílené využití rostlin pro dekontaminaci životního prostředí - půdy, vod i ovzduší. Zcelanové dimenze představují nároky narehabilitaci arestauraci krajiny, kde dochází po intenzivním využití agroekosystémů adefragmentaci krajiny vminulém období kzměnám ve skladbě kulturních porostů, kreintrodukcii autochtonních cenóz anovým akcentům naklimatické, hydrologické i rekreační aspekty jejího využití.

Cílem je širší uplatnění rostlinných biotechnologií, vrámci životního prostředí, kdekontaminaci půdy, odpadních vod zemědělského i průmyslového původu avzduchu.

Tento přístup by měl umožnit mimo jiné i zemědělské využití kontaminovaných půd pro ekonomickou produkci nepotravinářských plodin apro bioenergetiku.

Výzkum bude zaměřen především na:

- vývoj rostlin se zvýšenou odolností rostlin vůči biotickým a abiotickým stresům, schopné šetrnějšího hospodaření s vodou i racionálnějšího využití živin;
- vývoj rostlin s upravenými vlastnostmi příjmu xenobiotik, tedy se zvýšenou akumulací (degradací) či naopak s omezeným příjmem;
- vývoj rostlin umožňující efektivní využití změn způsobených změnou klimatu (vyšší teploty, vyšší koncentrace CO₂).

Je zcela logické, že plnění těchto požadavků je na jedné straně spojeno s využitím základního výzkumu, především molekulové genetiky, funkční genomiky, proteomiky a metabolomiky i studií fyziologických, fytopatologických, na druhé pak nutně poskytuje široké možnosti pro agronomické využití, šlechtění i rostlinné biotechnologie a jejich využití pro udržitelný rozvoj.

1. VÝVOJ NOVÝCH ODRŮD PRODUKČNÍCH A NEPRODUKČNÍCH ROSTLIN VHODNÝCH K PĚSTOVÁNÍ V MĚNÍCÍCH SE KLIMATICKÝCH PODMÍNKÁCH ČR

Nepříznivé klimatické podmínky jsou jedním z hlavních faktorů, které přímo ovlivňují snižování výnosů nebo alespoň zhoršují výkon rostlin. Globální oteplování, které způsobuje dlouhodobé změny klimatu, bude zvyšovat vliv napětování jednotlivých rostlin. Očekávané menší množství srážek azvyšující se nároky na vláhu budou negativně ovlivňovat produkci rostlin a jejich růst. Rostliny snášející působení stresů jako sucho, zima, zasolení atd. se budou podílet nejen na zajištění výnosu, ale i na snižování vlivu zemědělství, lesnictví a zahradnictví na životní prostředí. Dále lze očekávat, že se změnou klimatických podmínek dojde k zvýšení citlivosti k chorobám a škůdcům, což vyústí ve vyšší spotřebu chemických prostředků a dále ke snížení výnosu a kvality. Proto je nezbytné zvyšovat odolnost produkčních i neprodukčních rostlin k biotickým a abiotickým vlivům, aby bylo zajištěno trvale udržitelné zemědělství, lesnictví a zahradnictví.

1.1. Zvyšování odolnosti vůči biotickým a abiotickým vlivům

Jedním z hlavních limitujících abiotických vlivů je vodní stres. Je to faktor, který ovlivňuje jak rostlinnou produkci, tak i její pravidelnost. Je tedy nutné zaměřit se na studium fyziologických procesů s tím souvisejících. Dále je nezbytné zlepšit využití vody rostlinami analýzou vhodných donorů odolnosti, které budou využity ve šlechtitelském procesu.

Odolnost rostlin k nízkým teplotám je další z žádaných vlastností. Jedná se o značně ovlivnitelný proces kontrolovaný řadou genů. K dosažení plného genetického potenciálu je nutné, aby rostlinaměla čas se adaptovat na nízké teploty. Schopnost rostlin přizpůsobit se chladu je vývojově kontrolována závislostí na genetickém systému, který ovlivňuje dobu kvetení (vernalizace, fotoperiodismus atd.). Proto je nutné objasnit genetické a fyziologické procesy spojené s adaptací jednotlivých rostlin na chlad. V podmínkách ČR je nutné zaměřit se kromě zimuvzdornosti i na kolísavé teploty a proměnlivost počasí.

Nelze opomenout ani hledání rezistence produkčních a neprodukčních rostlin zejména hospodářsky významným a karanténním škodlivým organismům. Tento přístup je celosvětově uplatňován u řady významných invazních organismů a umožňuje chránit přirozená i cíleně vytvářená rostlinná společenstva v životním prostředí člověka.

Hlavním environmentálním a ekonomickým řešením je využití metod šlechtění, které může snížit vliv měnícího se prostředí. Předpokladem rezistentního šlechtění však je charakteristika dostupnost zdroje rezistence. Dalším předpokladem využití rezistence přirozeně se vyskytující je také nutná znalost genetických základů žádané rezistence. Rozvoj metod v molekulární genetice se v posledních letech odrazil i v oblasti šlechtění. Díky tomu je dnes možné mapovat a klonovat řadu genů a sekvencovat genom nebo jeho části. Získané informace je tak možné využít ve šlechtění a to hlavně v procesu selekce a zapoužití molekulárních markerů (MAS), které jsou ve vazbě s žádaným znakem. Použití této metody při šlechtění na rezistenci je vhodné hlavně z hlediska zvýšení efektivity šlechtění. Mezi další možnosti detekce oblastí kódujících hledaný znak patří metody analýzy kvantitativních znaků (QTL analýza). Předpokladem úspěšného použití těchto metod je však bezchybné hodnocení fenotypového projevu žádaných vlastností.

Časový rámec

Pět let:

- prohloubení znalostí o vlivu biotických a abiotických faktorů na produkční a neprodukční rostliny;
- nalezení vhodných donorů odolnosti vůči biotickým a abiotickým vlivům.

Deset let:

- objasnění genetických a fyziologických procesů spojených s adaptací rostlin vůči biotickým a abiotickým vlivům;
- identifikace alel ovlivňujících odolnost k biotickým a abiotickým vlivům u jednotlivých produkčních a neprodukčních rostlin;
- vytvoření šlechtitelských metod optimalizujících zvyšování odolnosti vůči biotickým a abiotickým vlivům;
- využití nalezených rostlinných genetických zdrojů v procesu šlechtění na rezistenci.

Dvacet let:

- vytvoření nových odrůd produkčních aneprodukčních rostlin se zvýšenou odolností kbiotickým aabiotickým vlivům.

1.2. Geneticky podmíněná odolnost ke stresovým faktorům anové metodické postupy pro její využití

1.2.1. Studium avyužití geneticky podmíněné odolnosti k závažným abiotickým stresům

Cíle: Stanovit dopady klimatických změn natoleranci zemědělských plodin vůči abiotickým stresům, určit priority apřipravit optimální metody pro výběr odolných plodin ašlechtění adaptovaných odrůd. Vytvořit podmínky pro zlepšení odolnost nové generace odrůd ke stávajícím anovým formám abiotických stresů v důsledku klimatických změn.

1.2.2. Výzkum zdrojů amechanismů tolerance rostlin k abiotickým stresům ajejich využití ve šlechtění av systémech pěstování

Cíle: Získat nové zdroje tolerance k abiotickým stresům, objasnit mechanismy odolnosti auplatnit je při získávání nových genotypů s kombinovanou tolerancí k nejdůležitějším hospodářsky významným abiotickým stresům (zejménasucho aextrémní teploty).

1.2.3. Studium geneticky podmíněné odolnosti k závažným biotickým stresům, výběr atvorbadonorů využitelných ve šlechtitelském procesu

Cíle: Vyhodnotit úroveň rezistence k závažným chorobám u zemědělských plodin vpolních a v laboratorních podmínkách a vybrat (vytvořit) nové zdroje rezistence pro potřeby šlechtění; studovat genetické změny v probíhající koevoluci rostlina-patogen anavrhovat vhodné strategie šlechtění. Zvláštní pozornost věnovat rizikům výskytu avývoje virulence současných anových patotypů.

1.2.4. Zlepšení odolnosti plodin ke stresům s využitím nových biotechnologických metod

Cíle: Identifikovat nové geny amarkery avyužít je pro zlepšení kombinované rezistence kbiotickým a biotickým stresům, na základě současných a nově vyvíjených vysokokapacitních metod funkční genomiky, proteomiky ametabolomiky. Vybrat (vytvořit) materiály nesoucí vhodné kombinace takových genů anavrhnout jejich uplatnění ve šlechtění ahodnocení nových odrůd agenetických zdrojů.

Časový rámec

Pět let:

- stanovení dopadů klimatických změn na toleranci zemědělských plodin vůči abiotickým stresům;
- určení priority a příprava optimální metody pro výběr odolných plodin a šlechtění adaptovaných odrůd;
- monitoring odrůdových rozdílů ve spektrech povolených odrůd významných plodin a rizik vyplývajících z případného zužování jejich genetického základu;
- vyhodnocení úrovně rezistence k závažným chorobám u zemědělských plodin v polních a laboratorních podmínkách.

Deset let:

- získání nových zdrojů tolerance k abiotickým stresům;
- identifikace nových genů a markerů a jejich využití pro zlepšení kombinované rezistence k abiotickým stresům;
- nové genotypy s kombinovanou tolerancí k nejdůležitějším hospodářsky významným abiotickým stresům (zejména sucho a extrémní teploty);
- výběr (vytvoření) materiálů nesoucích vhodné kombinace takových genů a navrhnutí jejich uplatnění ve šlechtění a hodnocení nových odrůd a genetických zdrojů.

Dvacet let:

- produkce nových odrůd s kombinovanou tolerancí k nejdůležitějším hospodářsky významným abiotickým stresům a rezistencí k nejzávažnějším biotickým činitelům.

1.3. Výzkum, vývoj a inovace technologií produkce cenově přijatelných rostlinných surovin na základě pěstování nových druhů a odrůd nepotravinářských a víceúčelových plodin

Výnos biomasy je jeden z klíčových faktorů pro úspěšné rozšíření pěstování a využití energetických a víceúčelových plodin do zemědělské praxe. Hlavním úkolem pro výzkum je zlepšení výnosů a výnosové stability jednotlivých energetických nebo víceúčelových plodin. Pro naplnění stanovených cílů je zapotřebí realizovat komplex vzájemně navazujících úkolů. Důležitým prostředkem řešení je provedení rajonizace technologií pěstování jednotlivých nepotravinářských a víceúčelových plodin za účelem maximálního přizpůsobení regionálním půdně-klimatickým podmínkám (včetně zohlednění klimatických změn) a zabezpečení maximálního využití solární energie, vody a živin během celé vegetační sezony. Bude důležité identifikovat portfolio perspektivních nepotravinářských a víceúčelových rostlin, která jsou plně aklimatizovaná lokálním klimatickým podmínkám. Pro každý region musí být nalezena nejvhodnější plodina, tak aby poskytovala co nejvyšší výnosy cenově přijatelných rostlinných surovin. Toho může být docíleno srovnávacími studiemi genetické diverzity těchto plodin v rámci jednotlivých států EU.

Klíčovými faktory jsou dostupnost vody, živin a slunečního záření. Většina modelů klimatických změn předpokládá v Evropě během následujícího století sušší léta. Protože většina růstu se odehrává právě během letního období, zlepšená efektivnost nakládání s vodou se stane ještě důležitější. Výzva stát požadavkům na potravinářskou a biopalivovou produkci bude spočívat v co nejvyšších výnosech při co možná nejnížší náročnosti navodu a živiny v různých částech Evropy to jak pro konvenční, tak energetické plodiny. Je třeba provést srovnávací genetické a fyziologické studie různých druhů plodin k efektivnějšímu využívání vody a živin. Pro objasnění těchto základních informací by se měl výzkum orientovat na genetickou různorodost a rostlinnou fyziologii. CO₂ neutrálnost, nebo jeho absorpce jsou úžasnou možností pro biopaliva a odvozená z lignocelulózové biomasy. To ovšem vyžaduje snížení energetických vstupů ve smyslu nároku na naftu k obhospodařování a použití hnojiv. Čisté redukce atmosférického CO₂ jsou možné, pokud energetické plodiny zafixují velké množství tohoto plynu do svých stabilních struktur, jako lignin a celulóza, které například i po sklizni zůstanou v kořenovém systému. Speciální pozornost by měla být věnována plodinám, které se touto vlastností vyznačují.

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Výběr vhodných druhů a odrůd energetických plodin rovněž jako inovované nízkonákladové technologie jejich pěstování, přizpůsobené regionálním půdně-klimatickým podmínkám včetně zohlednění klimatických změn, zabezpečí rozšíření pěstování a využití energetických plodin do zemědělské praxe a tím řešení ekologických a sociálně-ekonomických problémů evropského venkova a zvýšení konkurenceschopnosti zemědělství ČR a EU.

Časový rámec

Pět let:

- vývoj a ověřování vhodných agrotechnických postupů pro nově pěstované rostliny s požadovanými vlastnostmi;
- provedení rajonizace technologií pěstování jednotlivých nepotravinářských a víceúčelových plodin za účelem maximálního přizpůsobení regionálním půdně-klimatickým podmínkám včetně zohlednění klimatických změn.

Deset let:

- poloprovozní ověřování a agrotechnická rajonizace rostlin s požadovanými vlastnostmi;
- vytvoření podmínek a přizpůsobení fyziologie jednotlivých plodin za účelem zabezpečení maximálního využití solární energie, vody a živin během celé vegetační sezony.

Dvacet let:

- identifikace portfolia perspektivních nepotravinářských a víceúčelových rostlin, která jsou plně aklimatizována lokálním klimatickým podmínkám;

- velkovýrobní produkce nových plodin a jejich zpracování na látky požadovaných vlastností.

2. VÝVOJ ROSTLIN SUPRAVENÝMI VLASTNOSTI PŘÍJMU XENOBIOTIK, TEDY SE ZVÝŠENOU AKUMULACÍ (DEGRADACÍ) ČI NAOPAK SOMEZENÝM PŘÍJMEM

Fytoremediace je remediační metoda definovaná jako technologie využívající rostlin k fixaci, akumulaci

a rozkladu nebezpečných kontaminantů, tj. k jejich odstranění z životního prostředí. Metoda zahrnuje využití vegetace pro *in situ* remediace půdy, sedimentů a vody. Vybrané rostliny se využívají k extrakci toxických kovů, včetně radioaktivních izotopů, i k odstranění některých organických látek z uvedených abiotických složek. Pro úspěšnou remediaci je nutná biologická přístupnost kontaminantů z vody a půdy do rostliny, která je dána zejména rozpustností látky, typem půdy a stádiem kontaminace.

Důvodů pro rozvíjení této technologie je několik. Především lze dosáhnout snížení nákladů při dekontaminačních procesech. Metoda předpokládá využití známých agrotechnických postupů běžně používaných při zemědělském hospodaření. Z toho vyplývá, že finanční vstupy jsou obecně nízké a náklady na průběh remediace minimální. Další výhodou fyto-remediace je šetrný přístup k prostředí, neboť metoda se vyhýbá odstranění půdy a použití těžké techniky. Z tohoto pohledu je metoda příznivě přijímána veřejným míněním.

2.1. Dekontaminace půdy

Skleníkový efekt se v poslední době stává globálním problémem, v jehož důsledku dochází ke zvyšování teploty, což začíná mít již neblahé účinky na celosvětové klima. Významným prostředkem pro omezení skleníkového efektu je právě zvýšené využívání biomasy pro energii, postupnou záměnou za fosilní paliva, protože nejzávažnějším skleníkovým plynem je oxid uhličitý. Při spalování biomasy sice také dochází k uvolnění CO_2 , stejně jako při spalování fosilních paliv, ale v případě biomasy nastává nulová bilance, tzn.: kolik se ho uvolní při spalování, tolik je rostliny odčerpají fotosyntézou.

Kontaminace půd, ovzduší a vod představuje druhý, velmi významný problém z hlediska kvalitního životního prostředí. Trvalá péče znamená věnovat se kvalitě prostředí minimalizováním vstupů rizikových látek a odstraňováním dřívější kontaminace způsobené lidskou činností. Místem, kde se nejčastěji rizikové látky zachycují popřípadě i dále koncentrují, je především půda. Půda díky svým vlastnostem poutá kontaminanty dopadající na její povrch z

atmosféry, či přicházející rozpuštěné v povrchové vodě. Do 80. let minulého století se problémy znečištění půd řešily pouze metodami *ex situ*, kdy se kontaminovaná zemina odtěžila, odvezla,

a podle povahy kontaminantu se buď uložila, nebo spálila. Tento způsob odstraňování je finančně velmi náročný, destruktivní ve vztahu k půdním vlastnostem i životnímu prostředí a také velmi náročný v následné péči o úložiště odpadů. Dnes je cílem nalezení a použití takových metod, které půdu zbaví kontaminantů a zároveň si půda zachová svoji funkci a vlastnosti a může být tudíž dále využívána. Možným východiskem jsou metody *in situ*, využívající dekontaminačních technik přímo v místě znečištění bez přesunu kontaminované zeminy a jsou tudíž více šetrné k prostředí.

Využití energetických rostlin pro fytoremediace je nadějnou alternativou řešení obou částí výše zmíněných problémů – kromě zdroje energie mohou tyto rostliny současně přispět k dekontaminaci životního prostředí.

Využití rostlin po sklizni pro energetické účely je v zásadě bezproblémové - v případě akumulace toxických kovů je nutno spalovací jednotku vybavit odpovídajícím odlučovačem popílku dle existujících technologií, v případě organických xenobiotik, u kterých dochází k degradaci výchozí látky, je produktem spalování CO_2 a voda.

Časový rámec

Pět let:

- výběr rostlin s požadovanými vlastnostmi schopnými jak dekontaminace půdy, tak i energetického či jiného využití;
- vývoj a ověřování vhodných agrotechnických postupů pro nově pěstované rostliny s požadovanými vlastnostmi;
- studium možnosti zlepšení vlastností vybraných rostlin jak šlechtěním, tak i genetickou modifikací.

Deset let:

- poloprovozní ověřování a agrotechnická rajonizace rostlin s požadovanými vlastnostmi;
- vytvoření podmínek a přizpůsobení fyziologie jednotlivých plodin za účelem zabezpečení maximálního využití solární energie, vody a živin během celé vegetační sezony.

Dvacet let:

- identifikace portfolia perspektivních a víceúčelových rostlin, které jsou plně aklimatizovány lokálním klimatickým a půdním podmínkám;
- velkoplošné využití nových plodin a jejich následné využití pro dekontaminaci půdy a produkci „zelených chemikálií“ a energie.

2.2. Dekontaminace odpadních vod

Zemědělská prvovýroba patří mezi podstatné původce emisí odpadních vod a jejich čištění je v současné době věnována malá pozornost. Úroveň technologie, pokud je vůbec v řadě případů aplikována, je většinou závislá na zájmu jiných odvětví nakládat s odpadními látkami, které z jejich pohledu představují zajímavé vstupy, zejména pro svůj energetický (např. kejdaprovod bioplynových stanic) nebo nutriční potenciál. Na rozdíl od ostatních odpadních toků z průmyslného sektoru zemědělní odpadní vody je zpravidla možné pro své vlastnosti stabilizovat bez nutnosti přílišné intenzifikace procesu avyužití přirozených látkových pochodů i vzhledem k nižší koncentraci sledovaných látek. V této souvislosti malé zdroje znečištění rozptýlené v krajině nepředstavují podnět k vyššímu ekonomickému zájmu se těmito vodami zabývat avzvláště drobní zemědělci, pokud chtějí problematiku řešit, nemají k dispozici dostupné finanční zdroje (vzhledem k investiční náročnosti resp. pořizovací ceně technologických celků), neboť pozornost na čištění odpadních vod navenkově je logicky pro svůj tržní stav věnována přednostně nakládání s komunálními odpadními vodami obcí.

Základními cíli výzkumu budou především:

- decentralizace péče o odpadní vody v zemědělním sektoru;
- identifikace, evaluace avytváření alternativního akonkurenceschopného toku živin;
- následné zlepšení celkové udržitelnosti hospodaření zemědělského podniku spodstatným efektem minimalizace dopadů produkovaných vod na životní prostředí.

Časový rámec

Pět let:

- výběr rostlin adalších návazných biologických systémů pro výše uvedené účely;
- návrh a praktické využití systému pro „uzavřené“ nakládání s odpadními vodami v zemědělství.

Deset let:

- ověření uvedené technologie u vybraných zemědělských a dalších podniků.

Dvacet let:

- využití vytvořené technologie pro uzavřený cyklus nakládání s odpadními vodami v zemědělství.

2.3. Dekontaminace vzduchu

Zanejvýznamnější rizikopro kvalitu životního prostředí ČR je na základě současných znalostí nutno považovat dlouhodobě nadlimitní znečištění ovzduší suspendovanými částicemi velikostní frakce PM₁₀, polycyklickými aromatickými uhlovodíky a ozonem. Mezi hlavní znečišťovatele ovzduší patří elektrárny, teplárny, kovoprůmysl, chemický průmysl adoprava. Hlavními emisemi látek znečišťujících ovzduší jsou oxidy síry (SO_x), prach, oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO) auhlovodíky (C_xH_x). Z dlouhodobého pohledu postupně klesá imisní zatížení oxidem siřičitým aprachem, imisní koncentrace oxidu dusíku se pohybují pod hranicí

povoleného ročního limitu. Do ovzduší se dále dostávají i uhlovodíky atěžké kovy vznikající při nedokonalém spalování.

Cílené využití rostlinných biotechnologií bude zaměřeno na snížení existujících koncentrací znečišťujících látek v ovzduší, zejména koncentrací prachových částic (PM₁₀ a PM_{2,5}), toxických kovů a polycyklických aromatických uhlovodíků v okolí komunikací a dalších bodových zdrojů a současně zvýšení sequestrace CO₂.

Lokality jsou charakterizovány velkým dopravním zatížením přilehlé hlavní komunikace, v jejíž těsné blízkosti byla výsadbaprováděna. Z této situace plyne i zatížení dřevin jak prachem, tak i zasolením NaCl i dalšími prostředky využívanými k údržbě silnice především v zimních měsících. Nevyhovující je obecně i kvalita půdy a vodní režim.

Pro dosažení navrhovaného cíle budou využity rostliny, jejichž výběr a metodika využití jsou obsahem této sekce.

Časový rámec

Pět let:

- selekce rostlin na základě existujících znalostí a zkušeností vyhovujících výše uvedeným podmínkám;
- studium fyziologických parametrů, které jsou nezbytné pro dosažení uvedených cílů.

Deset let:

- vývoj a ověření cíleně upravených rostlin;
- ověření vyhovující agrotechniky pro jejich využití.

Dvacet let:

- velkoplošné využití získaných rostlin v okolí komunikací, bodových zdrojů znečištění a intravízu sídel.

3. VÝVOJ ROSTLIN UMOŽŇUJÍCÍ EFEKTIVNÍ VYUŽITÍ ZMĚN ZPŮSOBENÝCH ZMĚNOU KLIMATU (VYŠŠÍ TEPLOTA, VYŠŠÍ KONCENTRACE CO₂).

3.1. Klimatické změny tolerance rostlin k abiotickým faktorům

Projekce globálních klimatických změn na Zemi očekává nárůst koncentrace skleníkových plynů, nárůst teploty a vysoušení prostředí. V polovině jedenadvacátého století pravděpodobně

vzroste koncentrace CO₂ ve vzduchu až na 500 µl l⁻¹. Již nyní jsou na 61 % plochy pevniny srážky nižší než 500 mm. Jedna šestina populace může být ohrožena akutním nedostatkem vody. Celkem 35-50 % obyvatel Země se potýká se salinitou půdy. Toto všechno má a bude i nadále mít dopad na zemědělskou výrobu. Oblasti mezi 15° a 30° severní a jižní zeměpisné šířky a oblasti v hlubokém vnitrozemí jsou ohroženy nejvíce.

Aby byla zajištěna trvale udržitelná produkce plodin, je důležité analyzovat diverzitu jejich produkce pod vlivem přírodních a klimatických změn. Na základě této analýzy je nezbytné navrhnout prostředky ke stabilizaci výnosů. Předpokládáme, že zvýšená koncentrace CO₂ bude pouze částečně kompenzovat ztráty výnosů plodin pramenící ze zvýšení teploty a vysoušení prostředí, které se odehrávají v globálním měřítku. Plodiny mají nicméně řadu adaptačních mechanismů k odolávání stresových faktorů v prostředí.

3.1.1. Analýza diverzity výrobních procesů zemědělských plodin pod vlivem přírodních a klimatických změn

Výzkum zahrnuje vývoj prostředků cílených na zvyšování tolerance zemědělských plodin vůči přírodním a klimatickým změnám a stabilizaci výnosů. Cílem je zajistit udržitelnou produkci zemědělských plodin v měnících se podmínkách prostředí.

Studováno bude diverzita mechanismů, které zemědělské plodiny využívají k adaptaci na stresové environmentální faktory. Tato diverzita bude využita:

- k návrhu zemědělsko-technických prostředků a k úpravě složení pěstovaných plodin podle změn podmínek;
- k vypěstování odrůd tolerantnějších k měnícím se podmínkám.

Budou hledána vhodná výběrová kritéria a podstatné fyziologické a anatomicko-morfologické znaky rezistence vůči stresovým environmentálním faktorům. Například, výzkum vyšší odolnosti vůči suchu bude zaměřen na:

- zlepšování dostupnosti vody kořenovým systémem;
- omezování ztráty vody transpirací a dosahování vyšší účinnosti využití vody při produkci biomasy;
- prodlužování aktivity a zvyšování síly ponoru.

Aby byla zlepšena fotosyntetická a růstová kapacita obilnin v průběhu působení stresových faktorů, bude také věnována pozornost většímu využití růstových regulátorů.

Časový rámec

Pět let:

- studium diverzity mechanismů, které zemědělské plodiny využívají k adaptaci na stresové environmentální faktory;

- návrh výběrových kritérií fyziologických a anatomicko-morfologických znaků rezistence vůči stresovým environmentálním faktorům;
- vývoj a ověřování vhodných agrotechnických postupů pro vybrané rostliny spožadovanými vlastnostmi.

Deset let:

- návrh zemědělsko-technických prostředků aúpravasložení pěstovaných plodin podle změn podmínek;
- poloprovozní ověřování a agrotechnická rajonizace rostlin s požadovanými vlastnostmi;
- vytvoření podmínek a přizpůsobení fyziologie jednotlivých plodin za účelem zabezpečení maximálního využití solární energie, vody a živin během celé vegetační sezony.

Dvacet let:

- identifikace portfolia perspektivních potravinářských a víceúčelových rostlin, která jsou plně aklimatizovaná lokálním klimatickým podmínkám;
- velkovýrobní produkce nových plodin a jejich využití.

3.2. Výzkum rostlinných genetických zdrojů

Vysoká biodiverzita rostlin je zdrojem přirozené rezistence k mnohým abiotickým a biotickým činitelům. Pro dosažení výše vytyčených cílů je však nezbytné jednotlivé genetické zdroje shromažďovat a charakterizovat. Z nich pak lze vybírat rezistentní genotypy, které mohou svými vlastnostmi odpovídat změněným klimatickým podmínkám. Ty pak lze použít jako donory rezistence ve vlastním rezistentním šlechtění.

V rámci genofondů jednotlivých produkčních i neprodukčních rostlin je proto třeba vyhledávat takové genetické zdroje, které umožní rozšíření geografického areálu jejich pěstování, adaptabilitu ke světelným, teplotním a vláhovým poměrům. U jednotlivých genetických zdrojů je nutné dále hodnotit genotypové rozdíly v reakci na suchu, extrémní teploty, zvýšenou koncentraci CO₂ a vliv těchto stresů na jejich fyziologické procesy.

Časový rámec

Pět let:

- nalezení, shromáždění a charakteristika rostlinných genetických zdrojů spožadovanými vlastnostmi

Deset let:

- identifikace alel ovlivňujících požadované vlastnosti;
- využití rostlinných genetických zdrojů v procesu šlechtění.

Dvacet let:

- vytvoření nových odrůd produkčních i neprodukčních rostlin s požadovanými vlastnostmi.

E. MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE ROSTLIN: ZÁKLAD PRO JEJICH CÍLENÉ ZLEPŠOVÁNÍ

Úvod

Od doby, kdy byly popsány G. Mendlem základní principy dědičnosti, došlo ve vztahu ke genetice asamotné biologii rostlin k řadě velmi významných objevů. Bylapopsána základní strukturaafunkce DNA jako nositelky dědičné informace, byly zavedeny metody indukované mutagenese jako nástroj pro navození změn v této genetické informaci. S úspěchem byly a jsou využívány *in vitro* kultury nebo metody vzdálené hybridizace. Pro zlepšování biologického potenciálu rostlin bylaaplikovánai řadadalších objevů apostupů. Dnešní genotypy hospodářsky významných plodin, které jsou registrovány jako odrůdy, jsou obecně adaptovány napodmínky klimatu, ve kterých se využívají.

Výsledky šlechtění rostlin spolu s úspěchy tzv. Zelené revoluce v 50. letech minulého století pomohly zvýšit celosvětovou zemědělskou produkci atím i výrobu potravin. Přesto se i v současné době potýká část populace s nedostatkem kvalitních potravin akrmiv. Navíc, předpokládaný demografický vývoj, který vnejbližších

50 letech počítá s enormně rostoucím počtem obyvatel planety, klade narostlinnou výrobu nové požadavky aúkoly. Jak bylo konstatováno Evropskou Technologickou Platformou "Rostliny pro budoucnost (Plants for the Future)" bude potřebarozsáhlý výzkum v oblasti molekulární biologie rostlin, aby bylo možné zvýšit rostlinou produkci apokrýt vzrůstající nároky lidstva. Dvojnásobný počet obyvatel planety bude vyžadovat stejně kvalitní zásobování potravinami.

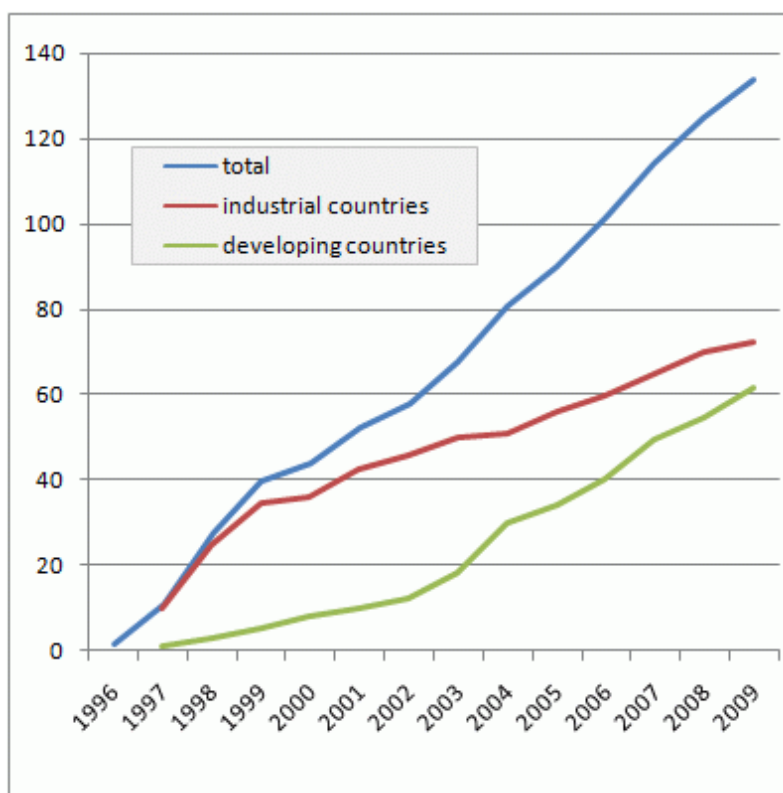
Podle odhadu ISAAA(International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Application) mohou ke zvýšení produkce přispět:

- zlepšené agrotechnické postupy včetně chemické ochrany aposklizňové ochrany produkce;
- tradiční postupy šlechtění;
- biotechnologické postupy založené na rozsáhlých znalostech funkce rostlinného genomu.

Šlechtění rostlin ze své podstaty těží z nárůstu vědomostí a metod, které se objevily v poslední době na poli molekulární biologie, genetiky a bioinformatické analýzy dat. S ohledem na rozhodnutí Evropského soudního dvora zledna 2019 a zákaz genetické modifikace a genetické editace hospodářsky významných organismů, zůstávají šlechtitelům kdispozici **pouze metody procesů náhodné mutagenese a metody, které těží z analýzy stávající genetické variability**. Je tedy nezbytně nutné tyto metody maximálně využít tak, aby bylo možné řešit stále náročnější požadavky spojené s klimatickými změnami, civilizačními chorobami a výzvami oběhového hospodářství a bioekonomiky.

V poslední dekádě se rozvinuly metody celogenomového genotypování, u kterých výzkumní pracovníci nejsou odkázaní na sledování jednoho či několika genů z desítek tisíc, ale můžeme sledovat alelické varianty u převážné většiny přítomných genů současně. Konvenční metody selekce podle fenotypu tak mohou být rozšířeny o selekci na genetické markery asociované s agronomicky významnými znaky v dostupném rozsahu, neboť aplikace těchto metod je závislá na dostupnosti genotypových dat ke konkrétnímu šlechtitelskému materiálu šlechtitelů.

Očekává se, že nové odrůdy, založené na kombinaci tradičních abiotecnologických postupů budou odolnější k biotickým i abiotickým stresům, budou odolávat škůdcům budou lépe využívat vodu nebo dusík a budou adaptovány k měnícímu se klimatu. Dnešní odrůdy připravené s využitím biotechnologických postupů se využívají hlavně v rozvinutých zemích, jako jsou USA, Kanada nebo Austrálie a rozšířily se i do zemí Jižní Ameriky, které jsou velkými producenty GM sóji, kukuřice či bavlníku. Jedná se o rostliny odolné k herbicidům, hmyzím škůdcům nebo k virovým chorobám. Ve světě je patrný stálý nárůst pěstování geneticky modifikovaných rostlin (GMO) – Obr. 1.



Obr. 1. Pěstování geneticky modifikovaných rostlin ve světě

Nyní stojí před uvolněním rostliny, které umí lépe hospodařit s vodou (kukuřice, Monsanto s.r.o.) avyvíjí se rostliny i pro chudší půdy. Podle předpokladů budou do roku 2015 k dispozici rostliny s lepším vodním hospodářstvím, utilizací živin, ale odolné vůči toxikogenním houbám, které představují zdravotní hrozbu

a mají vliv inapopsklizňovou kvalitu. Takové programy, kromě rozvitých zemí, podporují například velmocí jako Čína nebo Indie, ale úsilí lze považovat za celosvětové.

Aby bylo možné dosáhnout těchto cílů, je třeba detailně studovat regulace základních procesů v rostlinách. Je třeba komplexního přístupu, který kombinuje výzkum genomových sekvencí a jejich variabilitu, korelace s transkriptomem a genomem, regulační mechanismus genové exprese, korelace s fyziologickými a agronomickými daty. Možné výsledky a jejich možné aplikace byly diskutovány na řadě sympózií a konferencí, např. Plant GEM symposium v Lisabonu (2009) nebo konference ICGBR v Buenos Aires (2010). Bylo také uděleno prestižní ocenění World Food Prize Award za úspěšnou aplikaci genomického výzkumu pro tvorbu genotypů široce odolných k suchu a parazitickému plevelu označovanému jako Striga. Čirok je hlavní plodinou a zdrojem potravy pro více než půl miliardy obyvatel afrického kontinentu. Kombinace tradičního šlechtění, využití genetických místně adaptovaných zdrojů a informace o regulaci genové exprese a biotechnologických postupů bylo základem vývoje genotypů kukuřice odolné k suchu a zasolení.

Současný vývoj naznačuje, že aplikace současných i očekávaných postupů sekvenace genomu a transkriptomu, studium epigenetických regulací, proteomiky a metabolomiky je jednou z cest, které povedou k účelné manipulaci s genomem hospodářsky významných druhů a tvorbě rostlin s vyšší užitnou hodnotou.

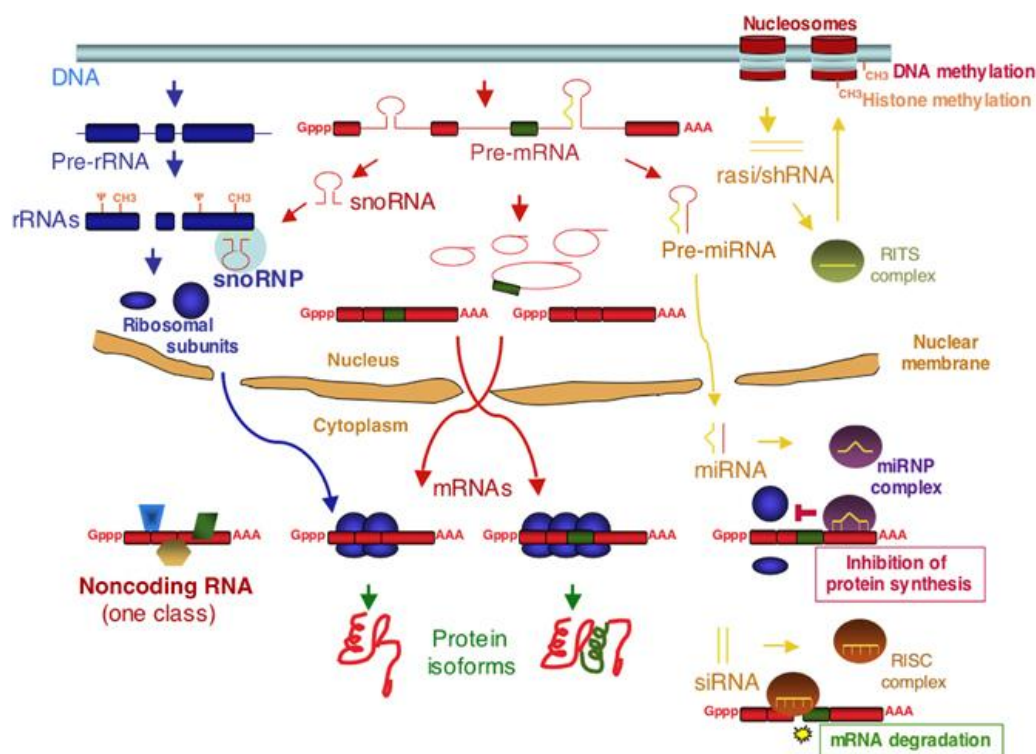
Pořadí nukleotidů v řetězci DNA každé buňky představují základní dědičnou informaci. Proto je určování tohoto pořadí tzv. DNA sekvenace základním nástrojem výzkumu dědičnosti a regulace procesů v rostlinné buňce. Metody sekvenování jsou základním diagnostickým nástrojem. S precizací metod sekvenování byly získány miliony sekvencí nejen jednotlivých genů a jejich alel, nekódujících sekvencí, ale i celých genomů. Kromě sekvenace genomu virů, mykoplazmat nebo bakterií, byly sekvenovány genomy rostlin a zvířat. Velkým úspěchem bylo přečtení sekvenace genomu člověka (International Human Genome Sequencing Consortium, 2001). Z rostlin je třeba zmínit celogenomové sekvenace modelové rostliny *A. thaliana* (huseníček), rýže (*O. sativa*, *O. japonica*), kukuřice, (*Z. mays*) ale i okurky, rajčete nebo topolu. Bylo prokázáno, že taková data jsou cenným základem pro genomické a transkriptomické studie. Kromě celogenomových sekvencí jsou k dispozici parciální sekvenace, sekvenace transkribovaných úseků (ESTs), nekódující repetitivní sekvenace. Zejména jsou cenné sekvenace alel, tj. konkrétních forem určitého genu. Stále je však třeba odhalit vztahy mezi genotypem a fenotypem, tj. vliv určité formy genu, alely. Kromě dnes již klasických postupů sekvenování se rozvíjejí metody shrnuté pod název sekvenování nové generace (New Generation Sequencing), které umožňují *de novo* sekvenování celých genomů. Problémem zatím je složitější vyhodnocování výsledků a jejich skládání s pomocí postupů bioinformatiky.

Pro precizní a rychlou sekvenaci jednotlivých forem genů a výskyt polymorfismů DNA, jako jsou jednobodové mutace (Single Nucleotide Polymorphism, SNPs), variabilita délkového polymorfismu mikrosatelitů (SSR), polymorfismus retrotransposomů a další typy inzercí a deletcí,

jsou k dispozici další metody. Sekvenování je nicméně i nadále zásadní proces. Kompletní genomové sekvence, zahrnující regulační prvky, exony a introny, musí být ještě odhaleny, a to zejména v méně prozkoumaných, ale stále významných druzích i jejich divokých příbuzných, které mohou sloužit jako zdroj důležitých genů a také jako příklady strategie přežití.

DNA představuje základní informaci pro syntézu RNA a proteinů (genová exprese) v buňce včetně buňky rostlinné. Studium procesu genové exprese studují obory označované jako funkční genomika, která popisuje funkci a interakci genů, transkriptů a proteinů a zabývá se řadou dynamických aspektů jako je transkripce genů, translace nebo interakce mezi proteiny, což v podstatě doplňuje statické aspekty genomové informace jako je DNA sekvence.

Geny, pokud jsou v aktivním stavu, se přepisují v principu do mRNA a proteinů. (Obr.2.).



Obr. 2. Princip přepisu genů do mRNA a proteinů

Některé geny, které odpovídají zasyntézu proteinů a které zajišťují základní buněčné pochody jsou exprimovány konstitutivně, tj. stále, jiné pouze na základě vnitřních či vnějších podnětů, pak hovoříme o indukované expresi. Sada všech mRNA nebo transkriptů v daný okamžik v buňce nebo pletivu se označuje jako transkriptom. Analýza transkriptomu zahrnuje detekci hladiny exprese jednoho nebo mnoha genů. K jejich analýze se využívají metody jako SAGE (Serial Analysis of Gene Expression) nebo nyní již častěji vysokokapacitní postupy založené na DNA čípech a metodách NGS.

Transkripce genů byla studována zejména u *A. thaliana*. Tato rostlina s malým genomem, jehož 70 % představují kódující sekvence, umožňuje studium genové exprese za různých vývojových a environmentálních podmínek a navíc jsou k dispozici mutantní linie s deficiencemi určitých genů. Navíc jsou pro studium exprese u *A. thaliana* již delší dobu k dispozici DNA čipy, které většinu genů této rostliny obsahují. Dnes jsou k dispozici i DNA čipy pro další rostlinné druhy a

to pro tak významné druhy jako jsou rýže, kukuřice nebo ječmen. Výsledky pak umožňují studium genové exprese v rostlinné buňce po vystavení biotickým i abiotickým stresům. Výsledky studií genomu a transkriptomu rostlin našly již praktické aplikace ve vývoji nových genotypů rostlin s lepší výkonností v aridních oblastech nebo se zlepšenými nutričními hodnotami.

V poslední době se také výrazně rozšiřuje stadium RNomu, který je ekvivalentem proteomu nebo glukomu. RNomik je rychle se rozvíjející disciplína, která studuje strukturu, funkci a nekódující RNA včetně mechanismů interference RNA v buňce. RNA interference je starý a evolučně konzervovaný mechanismus regulace genové exprese vyvolaný přítomností dvouřetězcové RNA (dsRNA). Centrálním principem, který zajišťuje celý mechanismus, je přítomnost microRNAs (miRNAs) a krátkých interferujících RNAs (siRNAs). Ty asociují s proteiny označovanými jako Argonaut (AGOs) a tvoří komplexy zeslabující genovou expresi (RNA-induced silencing complexes RISC) např. rozkladem RNA.

Studium transkriptomu a RNomu vede k velmi zajímavým výsledkům, které odhalují regulaci genové exprese. Je však třeba připustit, že měření exprese na úrovni mRNA nemusí vždy korelovat s výslednou koncentrací proteinů v buňce.

Jedním z mechanismů, které mohou ovlivňovat míru stability mRNA molekul a syntézu proteinů, leží na úrovni RNomu a komplexu proteinů samotném. Celkový obraz přítomných proteinů v buňce se označuje jako proteom. Proteomika je postup, který studuje v širokém spektru proteiny, zejména jejich složení, strukturu a funkci. Proteomika je považována za další stupeň studia funkce buňky po genomice a transkriptomice. Oproti genomice je komplikovanější, protože genom každého organismu je relativně konstantní, kdežto proteom se mění v závislosti na biochemických charakteristikách okolí a také existuje řada interakcí mezi proteiny. Situace je daná tím, že určité geny jsou exprimovány pouze v určitém typu buněk za odlišných situací. Proto nalezení vztahu mezi fyziologickým a vývojovým stavem buňky či organismu a zastoupením určitých proteinů je základním úkolem proteomiky. Pokud tyto znalosti budou kombinovány se znalostmi strukturální genomiky včetně klonování a vysokokapacitních určování RNA profilů, lze získat komplexní pohled na funkci rostlinné buňky za běžných i stresových podmínek. Významné je i stadium terciární a kvartérní struktury proteinu a jejich funkce. S dostatkem základních znalostí je možné navrhnout postupy, jak cíleně získávat genotypy s vyšší stabilitou výnosu a kvalitou produkce.

Celosvětově je produkováno množství dat zejména díky vysokokapacitním technologiím, které používají celé řetězce laboratoří. Tato data jsou často veřejně dostupná a mohou být využita světovou vědeckou komunitou. Genomické sekvence jsou dostupné v několika databázích včetně NCBI, EMBL, GrainGenes, Est nebo Unigenes. Jsou k dispozici také transkriptomická data, ale jejich hodnocení není triviální. Nyní jsou generována daty pomocí metod NGS, avšak jejich zpracování závisí na dostupnosti vhodných nástrojů bioinformatiky. Bioinformatika je proto dalším rychle se rozvíjejícím oborem. V tomto směru je třeba i v ČR vybudovat odpovídající

základnu zemědělského výzkumu, Bude tak možné dostatečně rozsáhlý výzkum zemědělských plodin využitelných v ČR a to jak na úrovni genomu, transkriptomu, proteomu i metabolomu.

Funkce jednotlivých genů je třeba ověřovat na základě transformací rostlin. Výsledky pak mohou být použity pro zlepšování biologického potenciálu rostlin – jejich využití pro potravinářské i nepotravinářské účely, zvyšování výnosů, toleranci ke stresům i pro posklizňové úpravy. Nedílným požadavkem trhu je i zdravotní nezávadnost produkce.

Studium struktury a funkce genů vede také k novým strategiím vývoje zlepšených genotypů, jak o tom svědčí diskuse o nových technikách manipulace s genomem a jejich vztah ke směrnici 18/2001. Zdá se, že nové technologie povedou brzy k novým produktům na trhu se zemědělskými komoditami. Jedná se o využití tradičních postupů transformace a *in vitro* kultur jako využití zinkových prstů, cílená mutagenese pomocí oligonukleotidů, cisgeneze, reversní šlechtění nebo RNA dependentní DNAmethylace. Potenciál technik a bezpečnost vznikajících produktů jsou v EU v současné době široce diskutovány.

Aplikace účinných nástrojů moderní molekulární biologie jako jsou různé vysokokapacitní technologie pro studium různých úrovní buněčných procesů ("omics") a bioinformatika mohou vést k hlubokému porozumění výkonnosti rostlin, kvality produkce včetně adaptability ke stresům. Je třeba studovat modelové a v návaznosti hospodářsky významné druhy, jejich patogeny i významné plevelné druhy agro-ekosystémů. To je směr, který je třeba v ČR podporovat a rozvíjet.

Z takového výzkumu lze očekávat tři základní výstupy:

- lepší porozumění základním biologickým procesům u rostlin a jejich patogenům;
- data molekulární markery spojené s žádanými znaky, které je možné využít pro konstrukci nových genotypů rostlin;
- metody vhodné pro cílenou a přesnou manipulaci s rostlinným genomem.

1. GENOMICKÉ SEKVENCE, BIOINFORMATIKA A KOMPARATIVNÍ ANALÝZA KULTIVOVANÝCH A PŘÍBUZNÝCH PLANÝCH DRUHŮ A JEJICH PATOGENŮ

I když díky NGS se denně objevují nové informace o sekvencích a jejich transkriptech, stále většina druhů není sekvenována. Nyní existuje velké úsilí sekvenovat nebývale velký genom pšenice, avšak cíle stále není dosaženo. I když velké týmy pracují na celogenomových sekvencích, obvykle je díky problémům se zpracováním dat nákladů na jejich získání sekvenován jeden genotyp. V rámci druhů byl nalezen velký polymorfismus sekvencí, jak to

ukazují studie vnitrodruhového polymorfismu DNA pomocí analýzy SSR, AFLP nebo DArTs. Pro pochopení plasticity genomu je však důležité získat informace opodmíněnosti variant znaků a jejich regulaci. Zatím se věnuje málo pozornosti plevelným druhům, které se obvykle dobře adaptují na stres. Mohou být tedy zdrojem cenných informací pro zlepšování adaptability kulturních druhů.

Obdobně je třeba studovat genomy virů, bakterií nebo plísní, které způsobují závažné choroby. Proto je třeba zavést a aplikovat metody pokročilého sekvenování k získání nových informací a vyvíjet nové postupy bioinformatiky. Ty je třeba aplikovat zejména v níže uvedených oblastech

1.1. Resekvenace genomu významných kulturních apříbuzných druhů

Resekvenace je záležitost, která může být významná pro českou i evropskou vědeckou obec a pro potenciální aplikace. Díky rozvoji nových, výkonných ale zatím finančně nákladných technik (zejména investiční náklady) jsou rychle získávány sekvence významných kulturních druhů, znalosti však nejsou stále dostatečné. Re-sekvenování je další významnou potřebou, protože je třeba analyzovat i místně adaptované genotypy, které mohou napovědět, jakým směrem upravovat genom toho kterého druhu pro dosažení kvality a dostátku lokální produkce, včetně zdravotních aspektů odvozených potravin.

V ČR se využívají zejména metody založené na tradičním sekvenování; programy na resekvenace a sekvenace pomocí NGS jsou financovány zcela výjimečně.

Cíle výzkumu:

- nové znalosti o organizaci genomu významných druhů;
- nové znalosti o polymorfismu sekvencí v rámci jednotlivých druhů;
- charakterizace výkonných genotypů i genetických zdrojů;
- vývoj nových molekulárních markerů;
- klonování a sekvenování genů pro tradiční i biotechnologické šlechtitelské postupy.

Časový rámec

Pět let:

- studium genomu a transkriptomu vybraných plodin, resekvenování
- identifikace polymorfismu sekvencí a jejich funkce
- vývoj systému rychlé detekce alel a genů
- klonování a sekvenování genů

Deset let:

- sekvenačně charakterizovaný soubor genetických zdrojů jako donorů vybraných znaků
- design nových genotypů
- charakterizovaný soubor genů pro transformace
- studium vlivu uspořádání genomu (nekódující oblasti)

Dvacet let:

- tvorba nových odrůd spožadovanými vlastnostmi pomocí biotechnologií
- vysokokapacitní automatizovaný systém designování nových vysokoprodukčních genotypů
- pasportizace GZ a odrůd pro odlišné půdně klimatické podmínky

1.2. Výzkum transkriptomu a regulace genové exprese

Vývoj nových lépe adaptovaných a výkonnějších odrůd je základním předpokladem pro uspokojení předpokládané vzrůstající poptávky nakvalitní potraviny. Kvalitní potraviny mohou být produkovány jen z kvalitních komodit. Požadavkem je tedy zdravá produkce prostá kontaminací biogenními činiteli a nepostižená podmínkami stresu. Kromě studia genetického základu ve formě polymorfismu sekvence DNA je třeba charakterizovat genovou expresi a její regulaci. Ukazuje se, že regulace transkripce je komplexní záležitost, která je dána nejen charakterem promotorových oblastí, ale je zřejmé, že zaregulace odpovídají i informační molekuly RNA, DNA metylace a další mechanismy, které nejsou zatím tak prozkoumány. Studium RNomu je důležitým komplementem transkriptomu. V současné době jsou pro studium transkriptomu i RNomu využívány technologie RNA arrays a zejména postupy zahrnuté pod termín NGS (New Generation Sequencing). Znalosti jsou k dispozici pro omezený počet druhů, ale stejně jako v případě genomu jejich počet rychle roste.

Pro výzkum je třeba zvolit vhodné techniky a modelové systémy. Je třeba pečlivě charakterizovat fyziologický stav rostlinných materiálů a jejich celkovou reakci na podmínky prostředí včetně abiotických i biotických stimulů. Výsledky transkriptomických i RNomických analýz budou korelovány s kvalitními daty fyziologických měření a polních pozorování. Vzhledem k tomu, že ČR je producentem potravin je třeba zajistit technologickou platformu, která umožní žádaný výzkum. Výsledky toho výzkumu mohou pak být využity pro vývoj rostlin pro alternativní využití.

Je zřejmé, že je třeba i v rámci zemědělského výzkumu sledovat pochody, které jsou spojené s identifikací míry exprese od úrovně transkriptomu až po posttranslační modifikace. Praktické aplikace mohou rychle následovat.

2. ANALÝZA TRANSKRIPTOMU

Analýza transkriptomu je významná pro porozumění regulace genové exprese a jejich vzájemné interakce. Je třeba vyvinout nová data o genové regulaci genové exprese u druhů, které jsou významné z hlediska českého zemědělství využitelné pro potravinářskou i nepotravinářskou

produkci. Je třeba sledovat expresi genů v souvislosti s místním klimatem a technologickými postupy využívaných praxí.

Odpovědi na stresy a adaptace závisí na regulaci genové exprese a již nyní je známo, že transkripční faktory (TF) mohou hrát významnou úlohu. Hrají roli při regulaci transkripce a bylo prokázáno, že některé transkripční faktory mohou regulovat odpověď na několik stresových podnětů. Např. transkripční faktor WRKY je zahrnut ve stresových odpovědích a dalších fyziologických procesech. Další jsou zahrnuty do kaskád, které zodpovídají za vnímání stresu a přenos signálů do dalších kaskád reakcí. Je třeba detailně analyzovat regulace vedoucí k obranným reakcím jako kontrola difuze CO₂ přes stomata, oprava fotosystému II, úloha RuBisCo nebo komplex systému ROS (reactive oxygen species).

V ČR se problematice odpovědi zemědělsky významných plodin na stresové podněty pomocí vysokokapacitních metod věnuje jen velmi málo pracovišť, protože takové zaměření by vyžadovalo vyšší podporu ze strany státního rozpočtu. Rozhodně by taková investice do výzkumu uvedeného zaměření byla vysoce návratná. Získaly by se nové informace o funkci genomu a současně by mohly být vhodné sekvence využity pro transformace a šlechtění pomocí markerů.

Cíle výzkumu:

- získání nových znalostí o reakci rostlinné buňky a organismu na úroveň regulace genové transkripce a posttranskripčních modifikací na environmentální stimuly;
- identifikace klíčových genů;
- identifikace epigenetických změn;
- návrh postupu využití těchto genů pro zlepšení biologického potenciálu rostlin.

Časový rámec

Pět let:

- studium transkriptomu a epigenomu vybraných plodin
- odvození molekulárních markerů
- vývoj systému rychlé detekce transkripčních a epigenetických změn

Deset let:

- charakterizovaný soubor genetických zdrojů jako donorů vybraných znaků pomocí transkriptomických epigenetických studií
- pre-breeding žádaných genotypů
- studium genových interakcí, epigenom
- vývoj systému pro manipulaci s rostlinným transkriptomem a epigenomem

Dvacet let:

- produkce nových odrůd s požadovanými vlastnostmi
- vysokokapacitní automatizovaný systém tvorby modifikovaných rostlin na základě epigenetických změn.

3. VÝZKUM PROTEOMU A INTERAKCE MEZI PROTEINY

Nejvíce informací v oblasti výzkumu proteomu rostlin bylo publikováno o huseníčku (*A.thaliana*) arýži (*O.sativa*). Byly získány informace o stavu apřípadných rozdílech ve složení proteomu v orgánech, buňkách i sub-buněčných frakcích v souvislosti s ontogenezí a jako odpověď na působení stresorů. I když se stále využívá dvourozměrná elektroforéza i v případě studií proteomu, zavádějí se také metody, které nevyužívají gelovou separaci a jsou založeny na druhé generaci technik kvantitativní proteomiky. Proteomická data jsou pak validována pomocí dalších vysokokapacitních metod nebo technik biochemie a buněčné biologie. Experimentální uspořádání a statistické vyhodnocení musí odpovídat minimálním požadavkům na proteomické experimenty (Minimal Information About Proteomic Experiment (MIAPE) standards). Počet studií stále roste, avšak ve srovnání se studiemi na lidském nebo kvasinkovém proteomu je informací stále menší počet.

Stále vznikají nové koncepty, které zahrnují kvantitativní analýzu celého proteomu včetně posttranslačních modifikací. I když se rostlinná proteomika vyvíjí a neustále jsou publikovány nové a nové výsledky stále je třeba zlepšovat koncepční a metodické postupy.

Současný zemědělský výzkum v ČR využívá zejména výsledky získané na akademické půdě a vysokých školách, které jsou však málo zaměřeny na prakticky pěstované plodiny. V rezortním výzkumu je na problematiku vyčleněno méně kapacit, než by si problematika zasloužovala.

Cíle výzkumu:

- zavedení nových technik pro charakterizaci proteomu rostlin;
- zavedení nových technik pro studium interakcí mezi proteiny;
- získání nových informací o proteomu rostlin zejména o změnách souvisejících se stresovými podněty u významných plodin.

Časový rámec

Pět let:

- studium proteomu hospodářsky významných druhů
- vývoj systémů vysokokapacitní charakterizace protein-proteinových interakcí

Deset let:

- studium proteomu donorů cenných znaků včetně planých druhů
- vysokokapacitní systémy izolace a purifikace intaktní funkčních proteinů
- studium interakce genom – proteom

Dvacet let:

- vývoj rostlin jako producentů cenných peptidů a proteinů

- vysokokapacitní automatizovaný systém designování nových proteinů sprůmyslovými aplikacemi

4. BIOMARKERY: ŠLECHTĚNÍ POMOCÍ MARKERU

Veškeré znalosti získané při výše uvedených činnostech mohou být využity pro praktické aplikace a zlepšování biologického potenciálu rostlin. Biomarkery mohou signalizovat přítomnost žádaného genu – sekvence DNA, protein, nebo určitého fyziologického stavu. DNA nebo izoenzymové markery se již po delší dobu úspěšně používají pro charakterizaci výchozích materiálů – genetických zdrojů, šlechtitelských materiálů a nových odrůd. Řada šlechtitelských firem využívá molekulární markery pro efektivní selekci. Charakterizace fyziologického stavu rostliny, napadení biotickým činitelem, interakce s prostředím. Biomarkery mohou být využity pro identifikaci genotypů, ale i jako signály pro nutné ošetření a ochranu porostů před škodlivými činiteli. V současné době se ve světovém měřítku využívají DNA markery ve šlechtitelských programech předních firem. Rozmáhá se i automatizovaná fenotypizace. V ČR je aplikace takových technik pro šlechtitelské firmy nákladná a provozují ji pouze v omezeném měřítku (např. Selgen).

Cíle výzkumu:

- vývoj levných a efektivních DNA a proteinových markerů pro asistovanou selekci;
- vývoj konstruktů pro zlepšování rostlin (genetické modifikace);
- vývoj biomarkerů fyziologického stavu;
- vývoj biomarkerů pro systém včasného varování.

Časový rámec

Pět let:

- studium genomu a transkriptomu vybraných plodin
- odvození molekulárních markerů
- vývoj systému rychlé detekce alel a genů

Deset let:

- charakterizovaný soubor genetických zdrojů jako donorů vybraných znaků
- pre-breeding žádaných genotypů
- charakterizovaný soubor druhů vhodných jako biomarkery
- studium genových interakcí, epigenom

Dvacet let:

- produkce nových odrůd požadovanými vlastnostmi
- vysokokapacitní automatizovaný systém designování nových vysokoprodukčních odrůd

Zdroje

- Bell et al. (2018) EU ambition to build the world's leading bioeconomy—Uncertain times demand innovative and sustainable solutions, *New Biotechnology* 40 (2018) 25–30
- Efken et al. (2016) Measuring the importance of the bioeconomy in Germany: Concept and illustration *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 77 (2016) 9–17
- Egenolf, V., Bringezu S. Conceptualization of an Indicator System for Assessing the Sustainability of the Bioeconomy *Sustainability* 2019, 11, 443;
- EC (2018) A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment Updated Bioeconomy Strategy
- Mengal Ph, Zika E, Wubbolts M, Rúaiz A, Brigitta D, et al. Bio-based Industries Joint Undertaking—the catalyst for the sustainable bio-based economic growth in Europe. *New Biotechnol* 2017;4 Bio-based Industries Joint Undertaking, <http://www.bbi-europe.eu/>. (Accessed 24 February 2017).
- Lewandowski I. (2018) *Bioeconomy Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy*, Springer ISBN 987-3-319-68151-1
- Lokko et al., *Biotechnology and the bioeconomy—Towards inclusive and sustainable industrial Development* *New Biotechnology* 40 (2018) 5–10 2018
- Schütte What kind of innovation policy does the bioeconomy need? *New Biotechnology* 40 (2018) 82–86
- Philip, 2018 The bioeconomy, the challenge of the century for policy makers, *New Biotechnology* 40 (2018) 11–19
- The Perfect Storm. <https://www.theguardian.com/science/2009/mar/18/perfect-storm-john-beddington-energy-food-climate>. (Accessed 16 May 2016).
- Viaggi, D. (2018) *The Bioeconomy: Delivering Sustainable Green Growth*, ISBN 178-6-39276-3

Autorský kolektiv SVA

RNDr. Jan Nedělník, PhD.

Doc. Ing. Ivo Tábor, CSc.

RNDr. Hana Vejsadová, CSc.

RNDr. Tomáš Vaněk, CSc.

Prof. RNDr. Ing. František Kocourek, CSc.

RNDr. Jaroslava Ovesná, CSc.

Ing. Sergej Ušťak, CSc.

RNDr. Tomáš Vaněk, CSc.

Ing. Josef Vačkář

Ing. František Brožík

Autorský kolektiv verze 2.

RNDr. Tomáš Vaněk, CSc.

RNDr. Jan Nedělník, PhD.

Ing. Marie Kubáňková, Ph.D.

Autorský kolektiv verze 3.

RNDr. Tomáš Vaněk, CSc.

RNDr. Jan Nedělník, PhD.

Ing. Marie Kubáňková, Ph.D.