



„ČESKÁ TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA ROSTLINNÝCH BIOTECHNOLOGIÍ – ROSTLINY PRO BUDOUCNOST“

STRATEGICKÁ VÝZKUMNÁ AGENDA

vytvořená v rámci SPOLUPRÁCE – Technologické platformy,
Výzva II. v rámci žádosti č. 5.1 SPTPo2/001

AKTUALIZOVANÁ VERZE 2. PRO
OP PIK – SPOLUPRÁCE - PLATFORMY 1. VÝZVA

PŘEDKLADATEL:

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 remediacce a nepostradatelnými 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. Zcela nové 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 reintrodukci autochtonních cenóz a novým akcentům na klimatické, hydrologické i rekreační aspekty jejího využití.

E. MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE ROSTLIN

Je zcela logické, 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 straně druhé pak nutně poskytuje široké možnosti pro agronomické využití, šlechtění i rostlinné biotechnologie a jejich využití pro udržitelný rozvoj.

ÚVOD

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 života vznikl jako reakce na nově vznikající rizika a 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. Koncept 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 a 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 krajinnotvorné, půdoochranné a vodohospodářské 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 z lokálního i globálního hlediska 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 na tom, do jaké míry se podaří omezit hrozbou 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 několika málo 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 a venkovského prostoru je dlouhodobá priorita EU; hlavní směry rozvoje zemědělství a 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 krajin. Jedním z hlavních cílů rozvoje zemědělství je a bude zmírňování klimatických změn.

Návrh budoucích výzkumných řešení by měl reflektovat současnou situaci v agrárním sektoru a měl by být vizí pro rozvoj tohoto sektoru do budoucích let při respektování vazeb agrárního sektoru na oblast životního prostředí. Agrární sektor musí být vnímán jako nedílná součást agroekosystému a jako jeden z hlavních udržovatelů a správců krajiny. Bez optimálního nastavení postupů v agrárním sektoru bude nutně docházet k degradaci všech ekosystémových funkcí. Výzkumné směry musí reflektovat všechny vazby mezi přirozenou a lidskou činností utvářenou biodiverzitou a musí se snažit tyto vazby optimalizovat. Veškerá lidská činnost v této oblasti musí také reflektovat tyto změny především v oblasti klimatu, musí studovat tyto vlivy na fungování agroekosystému a musí dávat ve svých výzkumných výstupech návody, jak předcházet či v horším případě, jak eliminovat tyto vlivy.

Při koncipování bude nutně docházet k překryvům s některými dalšími směry. Změny rozšíření organismů včetně ekologicky klíčových druhů, např. opylovačů, ale i škůdců a patogenů, vliv různých změn na vymírání organismů, vliv znečišťování, eutrofizace a depozice dusíku, šíření nepůvodních a invazních druhů, genetická eroze, to je jen několik příkladů oblastí, kde dochází k prolínání mezi jednotlivými studijními směry.

Citlivou záležitostí, i s politickými konotacemi, je odhad rozsahu a skladby využívání energetických plodin a investic do technologií jejich zpracování. To je do značné míry závislé i na zásadovosti koncepce EU. Nestabilní světová situace na trhu potravinářských i nepotravinářských rostlinných produktů pak vede k potřebě udržovat značnou míru soběstačnosti u základních plodin a na druhé straně schopnosti adekvátně reagovat na otevírající 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 spektra a sezónního výskytu patogenních činitelů.

Samostatným problémem značné společenské důležitosti je zapojení, agrárního sektoru do managementu krajiny, tvorby a ochrany životního prostředí. Jde o konceptuální přístupy napříč institucemi, s mezioborovým přístupem a širokou metodickou základnou.

V devadesátých letech byla stabilizována světová produkce obilovin. V Evropě a Severní Americe to vedlo ke snižování jejich zásob a ke snižování zájmu o intenzifikaci výnosových prvků. Současnost tento obraz dramaticky změnila. Okolnosti, které se na tom podílejí, mají ekonomický, ekologický i demografický charakter. Došlo k růstu cen fosilních energetických zdrojů (částečně spojeném i s pádem dolaru), ke zvýšení

poptávky po potravinářských rostlinných produktech způsobené zvyšující se životní úrovní v lidnatých asijských státech i jejich novými dietetickými návyky (zvýšená spotřeba masa), k boomu energetických plodin (USA) a legislativnímu prosazení biopaliv v rámci EU (10% energetické základny do 2020), což v nějaké míře soutěží s potravinářským využitím plodin. Projevil se také vliv sucha na snížení výnosů (snad jako symptom změn klimatu) v produkčních oblastech obilovin (Ukrajina, Austrálie). To vše vedlo k výraznému nárůstu cen potravin, k přesměrování kapitálových investic do potravinářských surovin a v konečné míře do hrozivého růstu sociálního napětí v řadě zemí třetího světa i k zásadním změnám ve směřování (export/import) rostlinných komodit. Není jednoznačné, kdy jde o přechodné spekulativní projevy a kdy o stabilní trendy. V každém případě se zvýšila obtížnost i střednědobých prognóz a zvýšila se potřeba flexibility ve stanovování priorit agrárního sektoru.

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 a kulturní 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 a dřevnaté suché masy, obilovin a olejnin, které určí i akcenty vývoje a 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 na úrovni 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 v těchto oblastech, zejména při získávání molekulárních markerů a reprezentativních genů, je na místě zahraniční spolupráce. Převod získaných genových materiálů pro šlechtitelské účely přesto vyžaduje kvalifikovanou asistenci. V uváděné problematice bude nezbytně využíváno GM technik a měly by být zahájeny práce na transformaci plodin v hospodářsky významných znacích. Těžiště získávání nových hospodářských genotypů je záležitostí šlechtitelů, kteří mohou využít sekvenování genomů hospodářských plodin, na nichž se již domácí výzkum podílí (pšenice) a jež by měl být dále rozšířen. Zásadním investičním a technologickým problémem je zpracování bioenergetického rostlinného materiálu. Jeho řešení, objemy, finální produkty je ve významné míře závislé na politických rozhodnutích. Způsob řešení krajinných (ekologických) dopadů agrárních ekosystémů je natolik komplexní a interdisciplinární, že se jím na tomto místě nezabýváme, zvláštní pozornost musí být zaměřena na pedologickou problematiku.

Základní charakteristikou budoucího vývoje je používání moderních metod a přístupů (např. molekulární biologie, bioinformatika, genomika atd.). Systematický výzkum v této oblasti přináší a ještě velmi dlouho bude přinášet mimořádné množství poznatků o základních procesech v buňkách a živých organismech, které jsou zcela nepostradatelné nejen pro porozumění životním dějům, ale také pro pochopení příčin nejružnějších onemocnění či biologických procesů s významnými ekonomickými dopady. Výsledky se celosvětově uplatňují

stále více, a to v obrovském rozsahu (nejrůznější produkty biotechnologického průmyslu v nejširším slova smyslu).

V ČR existuje řada týmů slušné evropské úrovně, působících ve výzkumných ústavech v soukromé i veřejné resortní sféře, na ústavech AV, několika univerzitách, resortních výzkumných ústavech a v několika málo biotechnologických firmách. Tyto skupiny jsou schopné obstát v soutěži o mezinárodní granty, na rovnocenné úrovni spolupracují s partnery z nejvyspělejších zemí, publikují v solidních a někdy i špičkových světových odborných časopisech a jsou 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 a zvláště efektivní způsob hodnocení).

V nejvyspělejších zemích (např. USA, Německo, Nizozemsko, skandinávské země, Švýcarsko, Japonsko, Korea, Singapur) představuje tato oblast výzkumu a vývoje jednu z nejdynamičtějších, s vysokou mírou propojení akademického výzkumu a firemního vývoje. Její úroveň je jedním z dobrých indikátorů celkové vyspělosti dané země. Výsledné high-tech produkty jsou komerčně mimořádně významné a investice velkých farmaceutických, potravinářských a biotechnologických firem do této oblasti rychle rostou. Typickým rysem je v těchto vyspělých zemích velký počet nově vznikajících malých, dynamických biotechnologických firem typu spin-off a jejich dobře fungující napojení nejen na akademický výzkum ale i na velké firmy, které nakonec realizují nejúspěšnější nákladné inovativní výrobky. Je třeba poznamenat, že je tato oblast kupodivu také na vysoké úrovni na Kubě a jejímu rozvoji je věnována vysoká pozornost v zemích jako Estonsko či Maďarsko.

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 a směrů excelentního výzkumu.

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

Silné stránky:

- tradice výroby objemných krmiv ve fázi hlavních jetelovin a jetelotravních směsek na orné půdě;
- funkční výzkumná a šlechtitelská základna tvořená především soukromými výzkumnými ústavami a šlechtitelskými stanicemi se schopností pružně reagovat na požadavky uživatelské sféry, s dostatečnou personální vybaveností a částečně i instrumentální a technikou; pracoviště jsou na srovnatelné úrovni s partnery v okolních zemích, mnohé z nich provádějí excelentní aplikovaný výzkum a na mnohých šlechtitelských pracovištích vznikají nové odrůdy plně srovnatelné se světem;
- pícní leguminózy jako významný zdroj dusíku v rotaci plodin a zdroj proteinů v dietě zvířat;
- pícniny mají nezastupitelnou roli nejen v osevních sledech, ale i v zachování kulturnosti krajiny, různě komponované směsi jsou významným krajinnotvorným prvkem;
- významné uplatnění pícnin v různých systémech hospodaření (konvenční, ekologický apod.) a v různých půdně-klimatických podmínkách - velký význam pro méně příznivé oblasti pro zemědělství (LFA);

- druhová a rozmanitost mj. přispívající kudrzení neškodlivé entomofauny a pícniny jako významného zdroje pro opylovače - široké spektrum druhů, odrůd jetelovin i odrůd hybridů trav z domácího šlechtění, přizpůsobených našim půdně-klimatickým podmínkám;
- zvládnutí základních technologických prvků pro produkci píce a osiva při absenci některých vstupů především v možnostech přímých rostlinolékařských zásahů;
- zvládnutí techniky zlepšování a obnovy trvalých travních porostů (TTP) a jejich využívání pro výrobu siláže a sena;
- permanentně se rozvíjející studium metod konzervace pícnin spolu s rozvojem kvalitativních analytických metod;
- kvalita pícnin jako začátek potravního řetězce - znalost spektra antinutričních a toxických látek a je nutné převádět do uživatelských aplikací;
- pícniny a meziploidy jako zdroj organické hmoty v půdě;
- dostatečně pestrá odrůdová nabídka především tuzemského původu u hlavních pícních druhů, dostatečná nabídka základních osiv jetelovin a trav z vlastního množení a cenově dostupného importu, velký výběr směsí pro TTP, ale značně rozdílné kvality z hlediska druhového zastoupení a odrůdové skladby;
- kontinuální shromažďování planých druhů jetelovin, trav a dalších tzv. komponent květnatých luk jako nových genetických zdrojů pro šlechtění;
- dobré vybavení stroji pro zakládání a sklizeň 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 s travami 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 a pokračující 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 na půdách 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 meziploidy a zlepšit podíl organické hmoty v půdě při úbytku statkových hnojiv a celkově tak přispět k ochraně půdy;
- najít využití pro jeteloviny a jetelotravy v energetice (spalování biomasy, výroba siláží pro bioplyn), aby nedocházelo k dalšímu poklesu podílu víceletých pícnin;
- variabilita ve způsobech výroby krmiv;
- komplexní výzkum na provozních plochách se zaměřením na technologie ošetřování ploch s co nejnižší 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 bilance 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;
- obnova porostů po 2- 3 užitkových letech, zavádění jetelovin do TTP a posilování zastoupení jetelovin (produkce bez dodatkové energie);
- obnova a údržba TTP a jejich využití k energetickým účelům a krajinné úpravě.

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

Úvod

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

Klíčovým faktorem úspěšného rozvoje pěstování a využití nepotravinářských plodin je cena „zelených“ surovin a získaných konečných produktů včetně energie. V současné době je totiž poptávka po „zelených“ produktech, zejména po biopalivech a bioenergii v podmínkách EU způsobena především daňovými úlevami nebo dotacemi, což není z dlouhodobého hlediska ekonomicky udržitelné. Produkce a využití „zelených“ produktů v Evropě se může vyplatit, pokud budou vyšlechtěny a pěstovány vysokoprodukční nepotravinářské rostliny, které poskytne zemědělský výzkum. Ty by měly být dobře uzpůsobeny regionálně klimatickým podmínkám a poskytovat možnost pěstování za méně intenzivních zemědělských vstupů, kterých lze dosáhnout zvýšením účinnosti ve využití vody, živin, prostředků na ochranu rostlin a zefektivnění celkové energetické bilance rostlinné výroby.

Největší potenciál co do objemu produkce a využití zemědělské biomasy má produkce různých forem biogenních paliv a pohonných hmot. První generace paliv odvozených z biomasy, která se v současné době vyrábí, se může přímo přidávat do fosilních paliv jako přísada a výsledný produkt je použitelný jako palivo pro dopravu. Výchozí suroviny jsou buď cukry, nebo škroby, které se fermentací přemění na bioetanol, nebo rostlinné oleje, a které jsou pak přeměněny na bionaftu. První generace takto využívaných rostlin jsou plodiny jako řepka či kukuřice, 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 a v některých případech dosahuje dokonce záporných hodnot.

Druhá generace energetických plodin bude přímo přizpůsobena pro výrobu biopaliv, a to na základě optimalizace výnosů a látkového složení biomasy za účelem 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 lignocelulóзовé bázi, které následně budou přeměněny pomocí nových sacharifikačních a fermentačních technologií na bioetanol a nebo 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 na přímé spalování nebo pro konverzi na biopaliva, cožlepší celkovou bilanci používání biomasy. Podíl a druh produkce a využití biomasy jednotlivých rostlin bude záležet na půdně-klimatických a agroekologických faktorech jednotlivých regionů, což znamená potřebu rajonizace pěstitelských 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 z hlediska využití hnojiv a vody a z hlediska 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 nepotravinářské 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 na sebe 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 a víceúčelových 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 a víceúčelových 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 vícestupňové 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, přídatní 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 a odrůd nepotravinářských a víceúčelových plodin založených na klasických postupech selekce a šlechtění

Charakteristika výzkumu

Záměrem je provést výběr genetických zdrojů a následné šlechtění vhodných odrůd nepotravinářských a víceúčelových plodin na základě prověřování dostupné biodiverzity pro vysoce produktivní druhy rostlin. Zde je důležitým sběr a výzkum genofonu nepotravinářských a víceúčelových rostlin jako zdroje genetické informace pro šlechtitelské práce, což nelze realizovat bez aktivní mezinárodní spolupráce a výměny se zahraničními ústavami 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 a odrůd nepotravinářských a víceúčelových 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 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 a výběr rostlin obsahujících požadované účinné látky nebo jejich prekurzory;
- vytvoření kolekce rozličných genotypů rostlin vhodných pro výběr víceúčelových a nepotravinářských plodin;
- vývoj základních postupů pro cílený výběr a šlechtění vhodných víceúčelových a nepotravinářských plodin;
- vytvoření základních šlechtitelských materiálů pro nové odrůdy jednotlivých víceúčelových a nepotravinářských plodin.

Deset let:

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

Dvacet let:

- rozsáhlé rozšíření pěstování nových odrůd víceúčelových a nepotravinářských 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 CO₂. 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 stále 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, transkripcí genů, její regulaci a korelaci s proteomem, physomem, 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. transcriptů, 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 zdaleka prozkoumány 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 RNA čip a sady mutantních linií. Nyní se na trhu objevují i DNA čipy 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 RNom. 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 a molekulární markery 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 a výběr 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 a nepotravinářských plodin.
- vývoj základních postupů pro cílený výběr a šlechtění vhodných víceúčelových a nepotravinářských plodin.

Deset let:

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

Dvacet let:

- nové geneticky modifikované odrůdy víceúčelových a nepotravinářských plodin s požadovanými vlastnostmi vzniklé na základě uplatnění moderních metod molekulární biotechnologie;
- postupné rozšíření pěstování nových odrůd víceúčelových a nepotravinářských 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 vícestupňových technologií produkujících ze stejné suroviny více druhů cílových výrobků. Pro označení zařízení určeného pro vícestupňové zpracování biomasy a získávání více produktů se vžil název „biorafinerie“. 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 za nízkých teplot. Také to bude zahrnovat zlepšení technické a mikrobiální digesce 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 věnovaná 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 za cenu vstupů 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 hydrolyzy lignocelulózové fytohmoty 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 hydrolyzních cukrů. Při bioetanolové fermentaci bude uvažováno o postupech, které využijí i pentosany nebo bude uvažováno s tím, že nižší cukry vznikající hydrolyzou 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 biorafinérii je lignin a ligninové výrobky, zejména lignosulfová kyselina. Koncentrovaný a desulfovaný 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 na krmivo je problematické a úprava na hnojivo je energeticky náročná. Předpokládá se energetické využití tohoto meziprojektu anaerobní digescí na elektrický proud a teplo.

Inventura dílčích problémů, kterými je nezbytné se v technologii LCF (Ligno-Cellulose Feedstock) biorafinérie zabývat, představuje cca 130 položek. Mezi nimi jde i o vstupní LCF suroviny. Mimo tradičních surovin jako jsou obilní a řepková 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 biorafinérie s cyklickou obnovou úrodnosti půdy je možno uvažovat i o pěstování a zpracování 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 biorafinérií minimalizována a zároveň aby provoz biorafinérie nepůsobil neustálé zhoršování kvality zemědělské půdy. Uspokojivá ekonomická efektivnost provozu biorafinérie a návratnost vložených investic bude docílena optimální kombinací produktů biorafinérie a realizace nebude vázaná pouze na jeden hlavní produkt bioetanol. Zaváděním biorafinérií typu LCF dojde k naplnění dílčích cílů vytvořit a rozšířit technologie pěstování rostlin pro energetické využití a zpracovatelský průmysl, ale zároveň dojde k využití zcela inovovaných 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 za celospolečenské 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.

Časový rámec

Pět let:

- vytipování a výběr komerčně žádaných a 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.

Deset 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.

Dvacet let:

- 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 k informacím.

Deset let:

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

Dvacet let:

- prohloubení funkčnosti uživatelských programů;
- vybudování informační a 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 % na hrubé produkci energie z obnovitelných zdrojů. 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 plyná (bioplyn, syntetický plyn atd.). Z hlediska energetické bilance představují tuhá biopaliva nejvyšší 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 plyná biogenní paliva jako paliva s vyšší hmotnostní nebo objemovou koncentrací 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.

Mezi další faktory, které podporují zájem o obnovitelné zdroje surovin a energie patří obavy týkající se globálního oteplování, zabezpečení dodávek energie a ubývajících zásoby fosilních paliv. Nejenže je využívání biomasy jako paliva CO₂-neutrální, ale může znamenat i snížení emisí CO₂ 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 paliva 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 za méně 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 celulózo- a hemicelulózo- vláknata přístupná pro další sacharifikaci užívanými celulózy a hemicelulózy. 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 polovina 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 na rostlinné 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 na úroveň 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 rozpoznaných 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 charakteristika 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. Na druhou 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 látky. 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 mnoha rostlinách - 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 zámoří a 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 plevelům) přispěje ke zlepšení zdravotního stavu rostlin, k minimalizaci spotřeby syntetických pesticidů a při správném systému používání i 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 a vytvoření 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

Na základě 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 na bázi uhlohydrátů;
- biopolymery na bázi 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, adhezín a elastin získávaný z měkkýšů.

Genetické inženýrství může být rovněž použito k syntéze zcela nových materiálů na bázi kopolymerových bloků, kombinaci různých bílkovin jako je hedvábí a elastin nebo k syntéze sekvencí biopolymerů se zcela jinými požadovanými vlastnostmi. Rovněž je možné zaměřit výzkum na vyšší využívání neribozomálně syntetizovaných polypeptidů jako je například cyanophycin - látka produkovaná především cyanobakteriemi, či polylysin - antimikrobiální polymer využitelný jako přídavek do potravin stejně jako polyglutamat.

Do skupiny biopolymerů na bázi 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 funkčností 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 zmapování plodin a možnosti jejich úpravy pro produkci méně krystalického a hydrofobnějšího škrobu, což je předpokladem pro optimální průmyslové využití.

V rámci výzkumu biopolymerů na bázi 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 systému umožňujících syntézu živočišných a neribozomálních polymerů v GM rostlinách;
- stanovení pěstitelských postupů pro nové rostliny poskytující biopolymery;
- poloprovozní zařízení k extrakci a úpravě biopolymerů na požadované 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 do inkoustů, nátěry, kosmetické produkty a surfaktanty. Je známo, že toto použití může být ještě rozšířeno a v řadě případů může nabídnout realizovatelnou náhražku 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 náhražky petrochemických surovin v širokém rozsahu průmyslových aplikací.

Rostlinné oleje se skládají z triacyl-glycerinových 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 vazby 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 a vzcházení. Introdukce neobvyklých mastných kyselin do energetických zásob v některých případech omezuje efektivní užití oleje, kdy tato námi požadovaná složka zabraňuje růstu. Proto je nezbytné introdukovat takové transgeny, které umožní efektivní užití nového oleje během klíčení a vzcházení.

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 a C8-C10 mastné kyseliny);
- polymery (vyšší olejové kyseliny, kyselina ricinová, mastné epoxy-kyseliny a konjugované mastné kyseliny);
- barviva a rozpouštědla (konjugované mastné kyseliny);
- surfaktanty a kosmetika (vyšší olejové kyseliny a C8-C10 mastné kyseliny);
- inkousty a barviva (konjugované mastné kyseliny);
- bionafta (maximalizace výnosu zvýšeným přísunem uhlíku a mastných kyselin na triacylglycerin, stejně tak jako vyšší olejnaté kyseliny).

Předpokládaný přínos pro ČR, EU a svět

Ve všech výše uvedených sektorech se požaduje zvýšení obsahu a modifikace mastných kyselin tak, aby se dosáhlo vyšších výnosů oleje. Výzkumné a rozvojové úspěchy v jednom sektoru mohou být okamžitě přeneseny do příbuzných oborů.

Časový rámec

Pět let:

- identifikace vlastností, jejichž adice by významně zlepšila užité vlastnosti olejů k průmyslovému využití;
- analýza mechanismů tvorby rostlinných olejů;
- identifikace a charakteristika potíží limitujících možnosti vysokých výnosů neobvyklých mastných kyselin, jako např. hydroxy, epoxy a konjugované mastné kyseliny a to jak v modelových olejnatých druzích, tak v konvenčních olejnatých plodinách;
- sledování aspektů spojených s biologií semen včetně jejich klíčivosti a následné životaschopnosti v dalších generacích;
- rozvoj strategií tak, aby se maximalizoval přísun uhlíku do oleje během vývoje semene, a tudíž byl co největší výnos oleje z hektaru (zjistit požadavky z průmyslových 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 a metabolického 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 plodinové 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 zabraňující 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 se zaměřit zejména na pochopení genové regulace tvorby buněčné stěny tvořící rostlinná vlákna u vybraných rostlin. Studie s genovou regulací prováděné s huseníčkem (*Arabidopsis*), topoly (*Populus*), kukuřicí (*Zea*) i jinými rostlinnými druhy dokazují, že existují sady genů regulující 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 produkovaných rostlinných vláken. Pro bavlnu a lýková vlákna je třeba popsat vztah mezi vlastnostmi vláken a biochemickými drahami, které určují vlastnosti vláken. Síla, délka a pevnost vlákna jsou jeho důležité vlastnosti. Jakýkoliv výzkum, který pomůže objasnit komplexní genetické a biochemické pozadí vzniku celulóзовých 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. Selektce a šlechtění netradičních rostlin obsahujících vlákna přispěje 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 na míru spotřebiteli. Tím by bylo dosaženo vytvoření vyšší přidané hodnoty i vyššího zisku. Kvalitní rostlinná vlákna na míru šitých parametrů by umožnila návrat ČR jako bývalé textilní velmoci na světové trhy. Rostlinná vlákna nevhodná pro textilní výrobu získaná především z netradičních rostlin mohou být s úspěchem využita pro výrobu kompozitních materiálů, netkaných textilií a izolačních hmot. Výrobky na bázi těchto materiálů 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 vlákna 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 tematických okruhů pro oblast „Udržitelné produkce zdravotně nezávadných a kvalitních potravin a krmiv“ metodicky uplatňující postupy rostlinných biotechnologií, které by měly být v následujícím střednědobém výhledu rozvíjeny v ČR na pracovišti aplikovaného i základního výzkumu, vycházejí ze současných trendů obdobně zaměřených platform na evropské úrovni a z názorů předkladatele tohoto materiálu na vývoj rostlinné produkce do budoucna. Rostliny, a obecně organismy schopné fotosyntetické asimilace, jsou základním, život podporujícím systémem na této planetě. 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 tematických okruhů 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.

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 o klíčových faktorech ovlivňujících složení a kvalitu proteinů, tuků a cukrů, sekundárních metabolitů, determinantů sensorické 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. Za prvé může být optimalizován profil, aroma a textura komponent v základní surovině. Jinou cestou je ochrana aroma a barva v procesu zpracování a posklizňových 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 akceleroval 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 utilizace 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-šlechtitelský 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 degradačním 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 řídící procesy v rostlině a saturovat konzumenta novými 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 rodů jako základny pro další geneticko-šlechtitelské aplikace

Systematicky shromažďovat a uchovávat genetické zdroje, provádět jejich popis a charakterizaci pomocí molekulárně biologických metod, detekci 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 a vybrané zdroje bude možné uplatnit v přípravné fázi šlechtění (prebreeding).

Monitoring a využití vnitrodruhové a mezidruhové genetické diverzity pro rozšíření agro-biodiverzity a setrvalý rozvoj zemědělství s cílem monitorovat odrůdové rozdíly ve spektrech povolených odrůd významných plodin a rizika vyplývající z případného zužování jejich genetického základu, zejména s ohledem na vyskytující se stresy, adaptaci k prostředí a pěstitelským technologiím. Rozšířením druhového spektra pěstovaných plodin přispět k rozšíření tržní produkce a setrvalému 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 setrvalému 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 a nových metod hodnocení a výběru v průběhu šlechtitelského procesu, s ohledem na nové šlechtitelské cíle. Dále zvýšit produktivitu šlechtitelských postupů využitím nové genetické diverzity, zvýšením účinnosti selekce a zkrácením šlechtitelského procesu, při úzké spolupráci výzkumu a šlechtění. Vytvořit předpoklady pro šlechtění nové generace odrůd s požadovanými znaky a vlastnostmi, dle požadavků pěstitelů, zpracovatelů a spotřebitelů.

Časový rámec

Pět let:

- optimalizovat využití biotechnologií a nových metod hodnocení a výběru v průběhu šlechtitelského procesu;
- MAS – marker assisted selection a její optimalizace.

Deset let:

- získat nové zdroje 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.

1.6. Využití biotechnologií ve šlechtění, semenářství a kontrole

Využití strukturální a funkční genomiky a pro zlepšování biologického potenciálu rostlin. Biologický potenciál jednotlivých druhů závisí na jejich genotypu, regulaci exprese genů a vzájemné interakci regulačních faktorů. Studium těchto vztahů je možné přispět k objasnění podmíněnosti hospodářsky významných znaků zemědělských plodin, k objevu variant genů a odvození prakticky upotřebitelných markerů pro asistovanou selekci. Získané poznatky a definované materiály lze využít v aplikovaném výzkumu, šlechtění a kontrole.

Využití transgenóze pro cílenou introdukci významných (nových) genů s cílem ověřit a využít metody transgenóze pro cílený přenos významných genů do zemědělských plodin; ověřit funkčnost přenesených genů a vybrat materiály pro následné šlechtění. Rozšířit genetickou diverzitu druhů zemědělských plodin a vytvořit tak předpoklady pro dosažení nových šlechtitelských cílů.

Výzkum a využití genetických markerů v agrárním sektoru s cílem získat a využít genetické markery (zejména DNA markery a bílkovinné markery) pro charakterizaci genotypů, studium genetické diverzity, výběr materiálů, a kontrolu pravosti. Optimalizace jejich využití pro potřeby studia genofondů, šlechtění, semenářství a kontroly. Využití markerů pro asistovanou selekci.

GMO, jejich kontrola a biologická bezpečnost s cílem zajistit kontrolu GMO a nakládání s nimi, v souladu s národní legislativou a směrnicemi EU. Vývoj a ověřování metod detekce transgenů, posuzování zdravotních a environmentálních rizik a návrhy opatření pro zajištění biologické bezpečnosti.

Časový rámec

Pět let:

- genomické a trans-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 téma současnosti 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 a toxických 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 a 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 s prostředím;
- prebreeding.

Deset let:

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

Dvacet let:

- produkce nových odrůd s vysokou kvalitou.

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

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; 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 a kvality 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 a vysokým výnosem.

3. ROSTLINNÉ SUROVINY S RŮZNÝMI ZDRAVOTNÍMI BENEFITY A PRO 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 benefiálně 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 osiva po sklad), která bude použitelná pro producenty/pěstitele a zajistí určitou míru ekonomické efektivity. Bez takové technologie nedojde k rozšíření pěstování plodiny na průmyslově 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 přírodě 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 Bbiopotravin. Posoudit možnosti využití starých, krajových odrůd obilnin a porovnat je s odrůdami používanými v současnosti, zhodnotit obsah N-látek 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 a 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 a kvality 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:

- 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 a selekční 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 na travních porostech je způsobem produkce, který se blíží ideálu uzavřeného výrobního cyklu. Ve společenském kontextu je zemědělství na travních 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 pratotechnické postupy zlepšující botanické složení porostu ve prospěch pícninářsky cenných druhů a odrůd trav a jetelovin.

Časový rámec

Pět let:

- studium skladby porostů;
- kvalita jednotlivých komponent a 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 a údržby.

Dvacet let:

- vypracování nových pratotechnických postupů.

4.2. Způsoby usměrnění kvality píce v krmných dávkách krav BTPM, v závislosti na přírodních 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 a kulturním 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 a 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 a údržby.

Dvacet let:

- vypracování nových metodických postupů pro stabilizaci kvality píce.

4.3. Snížení obsahu toxických alkaloidů, jako produktů činnosti endofytních hub, v pícech travách 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 jílku mnohokvětého italského a některých odrůd jílku 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. Na druhé straně jsou vhodné kmeny některých druhů (např. *Neotyphodium lolii*) záměrně inkorporovány v průběhu šlechtitelského procesu do genotypů trav sloužících pak pro tvorbu populací, resp. odrůd sloužících pro trávníkářské účely za účelem 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 stavy 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 jimi způsobené zatížení životního prostředí či přímé negativní důsledky na biodiverzitu a cenné biotopy, kontaminace půdního profilu a vodotečí toxickými a rizikovými prvky, znečištění ovzduší včetně produkce tzv. skleníkových plynů, degradace biotopů nelesní krajiny či likvidace prvků mimolesní zeleně z důvodu přílišné extenzity zemědělské výroby, rozšiřování invazních a nitrofilních druhů nevhodným obhospodařováním zemědělské půdy ad. 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 prošla z 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 pěstební 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 za následek snížení rozmanitosti pěstovaných plodin a změny v systému rotace plodin, použití vysoce výkonných odrůd s vysokými nároky na průmyslová hnojiva, nezaplevelenost pozemku, chemickou ochranu atd. V současnosti je proto nutné zaměřit se na optimalizaci systémů a technologií pro trvale udržitelné hospodaření na půdě při respektování stále přísnějších environmentálních, sociálních a spotřebitelských standardů. Trvalou udržitelnost hospodaření na půdě nelze

dlouhodobě zaručit. Proto je nezbytné nalézt ekologicky šetrnější technologie s menšími nároky na dodatkovou energii a neobnovitelné přírodní zdroje.

Produkce a kvalita rostlin jsou velice komplexní znaky, které jsou ovlivňovány řadou faktorů. Znalosti zákonitostí tvorby biologického a hospodářského 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 na životní prostředí.

Klima je jedním z nejdůležitějších environmentálních faktorů ovlivňujícím zemědělskou, lesnickou i zahradnickou produkci a očekává se, že měnící se klimatické podmínky v ČR mohou zapříčinit v některých letech místní nedostatky vybraných plodin. Globální oteplování povede k vyšším průměrným teplotám a změnám v množství srážek. Největší vliv na kvalitu a produkci rostlin budou mít změny v dostupnosti vody, zvyšující se vystavení teplotnímu stresu a změny v rozšíření některých chorob a škůdců. Proto je nutné zaměřit se na získávání nových odrůd produkčních i neprodukčních rostlin s vysokým výnosem a kvalitou odolných k těmto negativním jevům. Za tímto účelem bude nutné využít klasické i moderní metody šlechtění s využitím molekulárních markerů. Tento přístup umožňuje přistoupit k výběru na požadovaný znak již v počáteční růstové fázi a u víceletých rostlin a hlavně stromů značně urychlit proces selekce. V souvislosti s rozvojem úrovně šlechtění stoupl podíl odrůdy na výnosu z 5 % v roce 1948 na více jak 30 % v současnosti.

Pro uskutečnění vytyčených cílů je nezbytné uchovávání, výzkum, sběr, charakterizace, hodnocení a dokumentace rostlinných genetických zdrojů. Na základě 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 a stabilitu

Stabilita výnosu 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 ovlivňujících 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 rostliny. 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 cesty 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 odpovědi stavby rostlin a stromů na měnící se podmínky.

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 stromů;
- 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 ovlivňující výnos produkce a stabilitu u neprodukčních rostlin

Produktivita a kvalita okrasných rostlin má poněkud odlišná kritéria. Samozřejmě obojí je ovlivněno vlastnostmi pěstované odrůdy a způsobem pěstování: termíny výsevů a výsadeb, 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 v 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 množárenském a pěstebním prostředí, použití vhodných technologických materiálů při pěstování rostlin v energeticky úsporných podmínkách i 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 neprodučních rostlin.

Deset let:

- efektivní pěstitelské postupy pro jednotlivé neproduční rostliny;
- identifikace alel ovlivňujících výnos a jeho stabilitu u neprodučních rostlin;
- vytvoření šlechtitelských metod optimalizujících zvyšování a stabilitu výnosu.

Dvacet let:

- vytvoření nových odrůd neprodučních 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 zasloužovalo, 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 a kvalitu bílkovin, tuků, sacharidů, vlákniny atd. Každý z těchto komponentů může být optimalizován s ohledem na následné využití.

1.3.1. Podpora zvyšování kvality rostlinných produktů

Výchozím bodem pro zvyšování kvality je vytvoření analytických nástrojů pro monitorování kvality produkce jednotlivých rostlin. Fyziologická a molekulární analýza 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 a 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 na chuťové vlastnosti, které jsou často v rozporu se skladovacími.

Zvyšování kvality je nutné také u rostlin, které jsou používány jako základní suroviny i 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 kvalita dána 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, balkónové květiny) a po výsadbě na konečné 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.

Efektivní 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;
- analýza 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 a neprodukčních rostlin se zvýšenou kvalitou rostlinných produktů.

2. OPTIMALIZACE DOPADŮ ZEMĚDĚLSTVÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Rozvoj zemědělství od období klimatického optima v Atlantiku (před ca 8 tis. lety) podstatně změnil vegetační kryt a zásadním způsobem změnil koloběh látek a energií na velkých územích v ČR. Postupné zvyšování produkce zemědělské výroby dosáhlo u nás vrcholu začátkem 60. let min. století, kdy zemědělská produkce byla realizována ve 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 kazů, potočních niv atd.). 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). 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 na ráz a ekologickou stabilitu krajiny.

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 a rizikové prvky vstupují do lesních a polních ekosystému nejen ze zemědělských, ale i z průmyslových emisních zdrojů. Proto je žádoucí dlouhodobě sledovat aktuální úrovně atmosférické depozice rizikových prvků a vyhodnotit potenciální rizika pro kontaminaci plodin a potravinových řetězců.

2.1.1. Snížení vstupů toxických a rizikových 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 ad.), 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 snížení jejich náročnosti na obsah živin.

Časový rámec

Pět let:

- vyhodnocení stávající míry zatížení půd toxickými a rizikovými 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 na celosvětové úrovni nadbytek produkce, v budoucnu se půda může znovu stát strategickým zdrojem z hlediska zajištění dostatečného množství potravin (tj. z hlediska tzv. potravinové bezpečnosti). Základním předpokladem je dlouhodobé zachování produkčního potenciálu zemědělské půdy a krajiny v ČR, což je podmíněno právě ochranou půdního fondu. Rozloha půdního fondu je ovlivňována několika faktory. Jedním z nich je vodní a větrná eroze, jimiž je v současné době ohroženo až 50 % zemědělské půdy. Před jejich negativními vlivy lze půdní fond chránit vhodným způsobem hospodaření (vedení rádků, výběr vhodných kultur a plodin, posilování neprodukčních kulturních ploch jako záloh do budoucna a snižování degradace nevyužitých ploch zatravňováním, zakládáním protierozních krajinných prvků, větrolamů apod.). Druhým faktorem je zastavování krajiny v souvislosti se suburbanizačními procesy a vyčleňování zemědělské a lesní půdy pro jiné účely, což vede k trvalému snižování podílu zemědělské a lesní 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 a provzdušnění půdy.

Časový rámec

Pět let:

- sledování postupu vodní a větrné eroze a utužování půd;
- analýza snižování podílu zemědělské půdy.

Deset let:

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

Dvacet let:

- zavedení navržených opatření do praxe.

2.2. Návrh managementu vodních zdrojů při zachování dostupnosti a kvality vod

2.2.1. Ochrana povrchových a podzemních vod

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

Časový rámec

Pět let:

- monitoring kvality povrchových a podzemních 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 v souvislosti 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 potřeba identifikovat vhodné a ekologické způsoby zemědělství, které by přispěly k obnovení 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 poldrů. 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 k 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 (CO_2 , NH_3 , NO_x , CH_4 , H_2S 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 CO_2 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 a nafty).

Časový rámec

Pět let:

- monitoring zdrojů znečišťování ovzduší z emisních zdrojů v zemědělství.

Deset let:

- návrh a verifikace opatření ke snížení emisí ze zemědělské produkce.

Dvacet let:

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

2.3.2. Vývoj efektivních technologií vazby uhlíku z atmosféry na biomasu

Snižování obsahu CO_2 v ovzduší je jedním z hlavních cílů politiky ochrany životního prostředí. Levné a přírodě blízké snižování obsahu uhlíku (CO_2) v ovzduší je vazba uhlíku na biomasu rostlin, neboť k ní není

třeba žádných dodatečných zdrojů energie. Lesní a neprodukční půdy lze využít jako deponia biomasy (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 a lesnickou produkci a pro energetické účely.

Deset let:

- optimalizace způsobu deponování biomasy v krajině (zvláště na polích a loukách);
- 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 a biodiverzity

Velkoplošné a dlouhodobé pěstování jen několika málo druhů plodin může podstatně změnit krajinný ráz, snížit biodiverzitu a ekologickou stabilitu území. Změna krajinného rázu v ČR nastala hlavně po sloučení parcel a dramatický 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 - nebyla dosud věnována 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 studia 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 dálkové migrace organismů vyšších teritoriálních škál. Návazným úkolem studia 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 NATURA 2000.

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 polní 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 drn a spásána 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 A ZVYŠOVÁNÍ BIODIVERZITY

Snížování úrovně biodiverzity je považováno v měřítku mezinárodní ochrany přírody a krajiny za jeden z nejvýznamnějších 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, ekonomickým 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. 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 měla 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 vázána 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 bezzásadových 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 zákon č. 334/1992 Sb. má v úmyslu zvýšit ochranu půdního fondu a podpořit využívání starších zemědělských území v souladu s jejich původní charakteristikou. V souvislosti s tímto předpokládaným nárůstem množství intenzivně obhospodařované půdy pak logicky vyplývá i potenciální zvýšený zájem 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 organismu 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 stanovena však chybí).

Aktuální přístup zemědělské politiky ČR je založen na multifunkčnosti zemědělství. Za 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 lokálních 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 a zachování starých domácích taxonů produkčních i neprodukčních rostlin ČR

3.1.1. Monitoring změn vegetace v závislosti na míře antropického zatížení stanoviště

V posledním období nastává potřeba pravidelného sledování kvality přírodního prostředí zejména v souvislosti s hledáním možností objektivního posouzení účinnosti dotací na zlepšení životního prostředí. Zejména v rámci EU je vynakládání finančních prostředků pro zlepšení životního prostředí soustavně kontrolováno prostřednictvím monitoringu. Závěry těchto průzkumů přinášejí nové poznatky jak z teoretického tak z praktického 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) na biodiverzitu, který je koordinován MZe ČR. Provádět monitoring vegetačních změn je potřeba také v rámci chráněných území soustavy NATURA 2000 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 a detailní mapy aktuální vegetace na lokalitě.

Dvacet let:

- budou standardně aplikována účinná opatření agroenvironmentálních opatření na biodiverzitu.

3.1.2. Studium genetické a druhové diverzity u ohrožených rostlin

V ČR jsou početní stavy některých populací rostlin na samé hranici existence. Všechny lokality jsou neustále ohrožovány postupnou změnou složení vegetačního krytu (zarůstání stanovišť náletovými dřevinami a invazními 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 redukováné populace, druhů s velmi nízkou produkcí semen a druhů, 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 na oslabení původní populace ohroženého druhu. Sterilní kultury jsou ve smyslu uchování genofundu ohrožených rostlin použitelné nejen k vlastnímu 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 na jižní Moravu). Tyto druhy však v evropském měřítku reprezentují na našem území cennou část své variability a fylogeograficky obvykle jedinečný genofond. Kromě toho je několik domácích druhů dřevin na našem území endemických, resp. subendemických, tj. nevyskytujících se nikde mimo ČR nebo zasahujících jen nedaleko za naše hranice. Oba 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 mnoha případech přirozeně zplaňují a začleňují 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 mezidruhovou hybridizací).

V souvislosti s potřebou ochrany genofundu lesnický využívaných i nevyužívaných dřevin probíhá v současné době v Evropě intenzivní výzkum jejich genetické variability. Mezi populacemi, které se vyskytují v rámci různé

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 záchrany ohrožených druhů a 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 diferenciací 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 diferenciací 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 disturbance vyvířené člověkem v minulosti. Velmi aktuální je i otázka dostatečné rozlohy a možné míry negativní fragmentace na síť 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 podmíněné činností člověka v krajině. A nejsou 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 a ekologické limity hlavních hospodářských dřevin;
- dlouhodobý výzkum zaměřený na stav biodiverzity v hospodářských lesích, lesích vedených jako bezzásahová území a konečně i 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 kulatina nebo vláknina, připadá dnes v potaz i zpracování tzv. potěžebních zbytků. Konkrétně se jedná např. o větve či pařezy. Tato praktika má za důsledek 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

V nejbližších dvou dekádách se předpokládá realizace nových požadavků na využití hospodářských plodin i nový přístup k managementu krajiny. Jsou dostatečně přesně formulovány v tezích Evropské technologické platformy „Plants for the Future“ a jako celek odpovídají i potřebám ČR.

Jde v zásadě o tyto oblasti.

- a) Výrazným způsobem poroste nepotravinářské využití plodin. Ty se stanou ve zvýšené míře průmyslovou surovinou (např. biodegradabilní plasty), energetickým zdrojem nahrazujícím fosilní paliva, prostředkem fyto remediací a nepostradatelnými 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) s ohledem na diferencované dietetické požadavky, omezování toxických i antinutričních látek a naopak zvýšení obsahu látek limitujících preventivně výskyt civilizačních chorob.
- b) Zároveň 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).
- c) Jde jak o ochranu biodiverzity, tak cílené využití rostlin pro dekontaminaci životního prostředí - půdy, vod i ovzduší. Zcela nové 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 reintrodukci autochtonních cenóz a novým akcentům na klimatické, hydrologické i rekreační aspekty jejího využití.

Cílem je širší uplatnění rostlinných biotechnologií, v rámci životního prostředí, k dekontaminaci půdy, odpadních vod zemědělského i průmyslového původu a vzduchu.

Tento přístup by měl umožnit mimo jiné i zemědělské využití kontaminovaných půd pro ekonomickou produkci nepotravinářských plodin a pro 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 vlastnosti 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 na pěstování jednotlivých rostlin. Očekávané menší množství srážek a zvyšující 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 a nalézt vhodné donory 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 rostlina měla čas se adaptovat na nízké teploty. Schopnost rostlin přizpůsobit se chladu je vývojově kontrolována a závisí 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 k 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 a 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 sekvenovat genom nebo jeho části. Získané informace je tak možné využít ve šlechtění a to hlavně v procesu selekce za použití 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 a neprodukčních rostlin se zvýšenou odolností k biotickým a abiotickým vlivům.

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

1.2.1. Studium a využití geneticky podmíněné odolnosti k závažným abiotickým stresům

Cíle: Stanovit dopady klimatických změn na toleranci zemědělských plodin vůči abiotickým stresům, určit priority a připravit optimální metody pro výběr odolných plodin a šlechtění adaptovaných odrůd. Vytvořit podmínky pro zlepšení odolnosti nové generace odrůd ke stávajícím a novým formám abiotických stresů v důsledku klimatických změn.

1.2.2. Výzkum zdrojů a mechanismů tolerance rostlin k abiotickým stresům a jejich využití ve šlechtění a v systémech pěstování

Cíle: Získat nové zdroje tolerance k abiotickým stresům, objasnit mechanismy odolnosti a uplatnit je při získávání nových genotypů s kombinovanou tolerancí k nejdůležitějším hospodářsky významným abiotickým stresům (zejména sucho a extrémní teploty).

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

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

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

Cíle: Identifikovat nové geny a markery a využít je pro zlepšení kombinované rezistence k abiotickým a biotickým stresům, na základě současných a nově vyvíjených vysokokapacitních metod funkční genomiky, proteomiky a metabolomiky. Vybrat (vytvořit) materiály nesoucí vhodné kombinace takových genů a navrhnout jejich uplatnění ve šlechtění a hodnocení nových odrůd a genetických 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 a biotickým 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 portfolia 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 dostat požadavkům na potravinářskou a biopalivovou produkci bude spočívat v co nejvyšších výnosech při co možná nejnížší náročnosti na vodu 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 neutralita, nebo jeho absorpce jsou úžasnou možností pro biopaliva 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 aklimatizovaná lokálním klimatickým podmínkám;
- velkovýrobní produkce nových plodin a jejich zpracování na látky požadovaných vlastností.

2. VÝVOJ ROSTLIN S UPRAVENÝMI VLASTNOSTI PŘÍJMU XENOBIOTIK, TEDY SE ZVÝŠENOU AKUMULACÍ (DEGRADACÍ) ČI NAOPAK S OMEZENÝM 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 stářím 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 fytoremediace 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 CO₂, stejně jako při spalování fosilních paliv, ale v případě biomasy nastává nulová bilance, tzn.: kolik se ho uvolní při spalování, tolik jej 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 problému – 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 existující technologie, v případě organických xenobiotik, u kterých dochází k degradaci výchozí látky, je produktem spalování CO₂ 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. kejda pro provoz bioplynových stanic) nebo nutriční potenciál. Na rozdíl od ostatních odpadních toků z industriálního sektoru agrární odpadní vody je zpravidla možné pro své vlastnosti stabilizovat bez nutnosti přílišné intenzifikace procesu a využít 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 a zvláště 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 na venkově je logicky pro svůj tristi stav věnována přednostně nakládání s komunálními odpadními vodami obcí.

Základními cíli výzkumu budou především:

- decentralizace péče o odpadní vody v agrárním sektoru;
- identifikace, evaluace a vytváření alternativního a konkurenceschopného toku živin;
- následné zlepšení celkové udržitelnosti hospodaření zemědělského podniku s podstatným efektem minimalizace dopadů produkovaných vod na životní prostředí.

Časový rámec

Pět let:

- výběr rostlin a dalších 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

Za nejvýznamnější rizika pro 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 a doprava. Hlavními emisemi látek znečišťujících ovzduší jsou oxidy síry (SO_x), prach, oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO) a uhlovodíky (C_xH_x). Z dlouhodobého pohledu postupně klesá imisní zatížení oxidem siřičitým a prachem, imisní koncentrace oxidu dusíku se pohybují pod hranici povoleného ročního limitu. Do ovzduší se dále dostávají i uhlovodíky a těžké 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 výsadba provedena. 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 v intravířanu sídel.

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

3.1. Klimatické změny a 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.

Studována 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 a fyziologických a anatomicko-morfologických znaků rezistence vůči stresovým environmentálním faktorům;
- vývoj a ověřování vhodných agrotechnických postupů pro vybrané rostliny s požadovanými vlastnostmi.

Deset let:

- návrh zemědělsko-technických prostředků a úprava složení 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 i 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 sucho, extrémní teploty, zvýšenou koncentraci CO₂ a vliv těchto stresů na jejich fyziologické procesy.

Časový rámec

Pět let:

- nalezení, shromáždění a charakteristika rostlinných genetických zdrojů s požadovanými 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.

Úvod

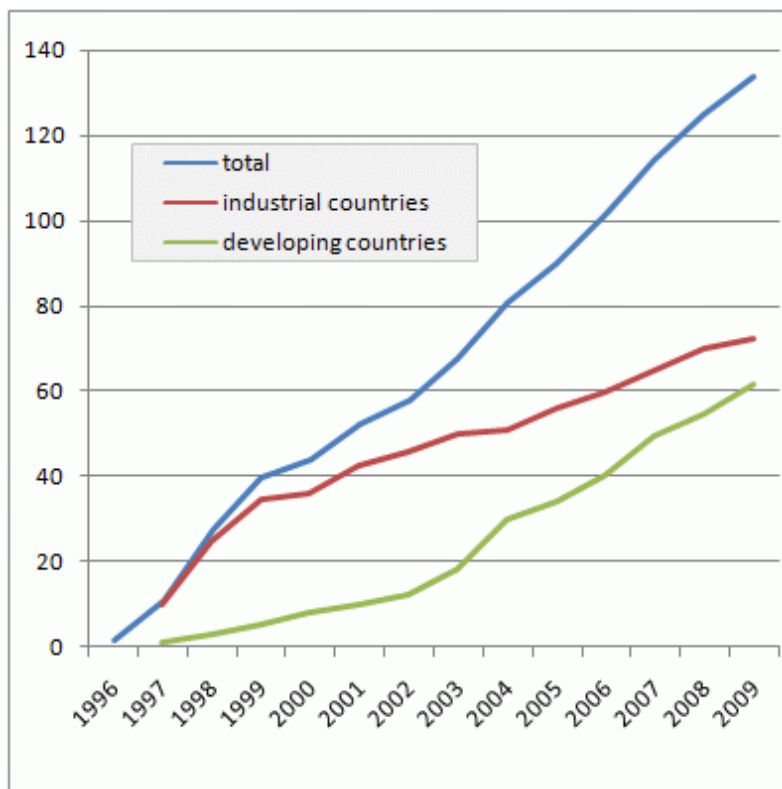
Od doby, kdy byly popsány G. Mendlem základní principy dědičnosti, došlo ve vztahu ke genetice a samotné biologii rostlin k řadě velmi významných objevů. Byla popsána základní struktura a funkce DNA jako nositelky dědičné informace, byly zavedeny metody indukované mutagenese jako nástroj pro navození změn v této genetické informaci. S úspěchem byly a jsou využívány *in vitro* kultury nebo metody vzdálené hybridizace. Pro zlepšování biologického potenciálu rostlin byla aplikována i řada dalších objevů a postupů. Dnešní genotypy hospodářsky významných plodin, které jsou registrovány jako odrůdy, jsou obecně adaptovány na podmínky klimatu, ve kterých se využívají.

Výsledky šlechtění rostlin spolu s úspěchy tzv. Zelené revoluce v 50. letech minulého století pomohly zvýšit celosvětovou zemědělskou produkci a tím i výrobu potravin. Přesto se i v současné době potýká část populace s nedostatkem kvalitních potravin a krmiv. Navíc, předpokládaný demografický vývoj, který v nejbližších 50 letech počítá s enormně rostoucím počtem obyvatel planety, klade na rostlinnou výrobu nové požadavky a úkoly. Jak bylo konstatováno Evropskou Technologickou Platformou “Rostliny pro budoucnost (Plants for the Future)” bude potřeba rozsáhlý výzkum v oblasti molekulární biologie rostlin, aby bylo možné zvýšit rostlinou produkci a pokrýt 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 a posklizňové ochrany produkce;
- tradiční postupy šlechtění;
- biotechnologické postupy založené na rozsáhlých znalostech funkce rostlinného genomu.

Očekává se, že nové odrůdy, založené na kombinaci tradičních a biotechnologických 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.) a vyvíjí se rostliny i pro chudší půdy. Podle předpokladů budou do roku 2015 k dispozici rostliny s lepším vodním hospodářstvím, utilizací živin, ale i odolné vůči toxikogenním houbám, které představují zdravotní hrozbu a mají vliv i na posklizňovou kvalitu. Takové programy, kromě rozvitých zemí, podporují například velmoci 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 r. 2009 za úspěšnou aplikaci gnomického 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.

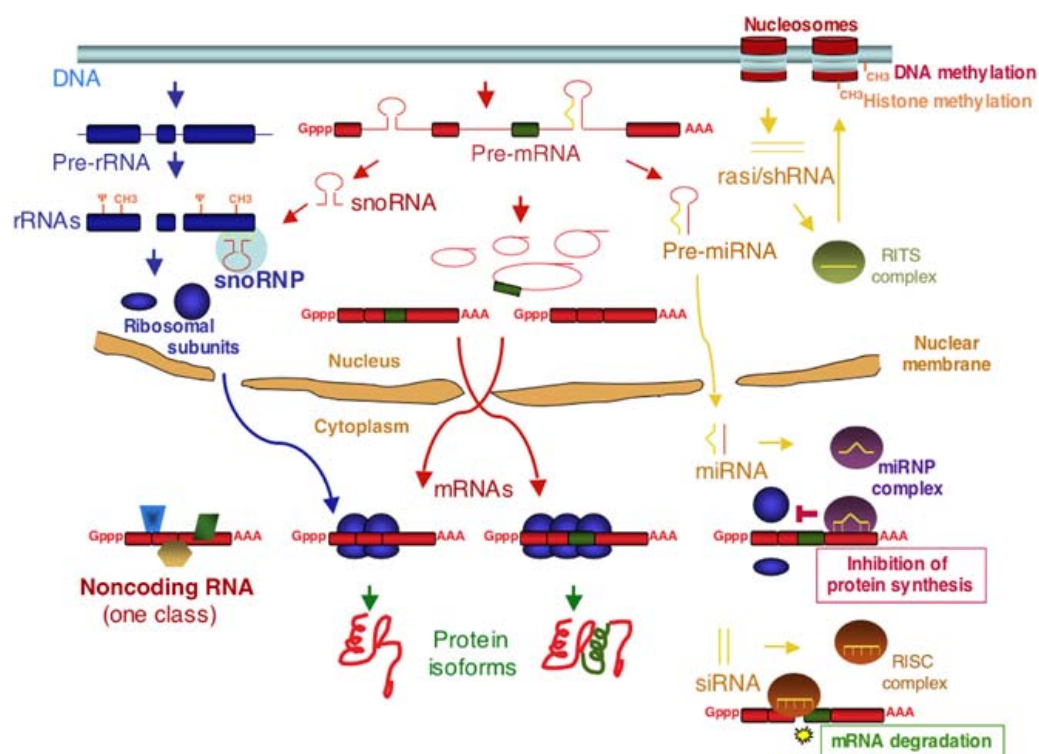
Pořadí nukleotidů v řetězci DNA každé buňky představují základní dědičnou informaci. Proto je určování tohoto pořadí tzv. DNA sekvence základním nástrojem výzkumu dědičnosti a regulace procesů v rostlinné buňce. Metody sekvenování jsou základním diagnostickým nástrojem. S precizací metod sekvenování byly

získány miliony sekvencí nejen jednotlivých genů a jejich alel, nekódujících sekvencí, ale i celých genomů. Kromě sekvence genomu virů, mykoplasmat nebo bakterií, byly sekvenovány genomy rostlin a zvířat. Velkým úspěchem bylo přečtení sekvence genomu člověka (International Human Genome Sequencing Consortium, 2001). Z rostlin je třeba zmínit celogenomové sekvence modelové rostliny *A. thaliana* (huseníček), rýže (*O.sativa*, *O.japonice*), 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 sekvence, sekvence transkribovaných úseků (ESTs), nekódující repetitivní sekvence. Zejména jsou cenné sekvence 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 umožňuje *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 delecí, 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 za syntézu 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 neboli 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 studia 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. RNomika 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 pak 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 data 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 mutageneze pomocí oligonukleotidů, cisgeneze, reversní šlechtění nebo RNA dependentní DNA metylace. 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 vest 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 a 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 a 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 o podmíněnosti 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 a příbuzných 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 druhu pro dosažení kvality a dostatku 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 s požadovanými 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 na kvalitní 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 za regulaci 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 postranlační modifikace. Praktické aplikace mohou rychle následovat.

2. ANALÝZA TRANSKRIPTOMU

Analýza transkriptomu je významná pro porozumění regulaci 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 úrovni 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 rtranskripčních 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 tvorbu 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*) a rýži (*O. sativa*). Byly získány informace o stavu a případných 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 studia 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 studii na lidském nebo kvasinkovém proteomu je informací stále menší počet.

Stále vznikají nové koncepty, které zahrnují kvantitativní analýzu celého proteomu včetně post translačních 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 s průmyslovými 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 s požadovanými vlastnostmi
- vysokokapacitní automatizovaný systém designování nových vysokoprodukčních odrůd

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 Usták, 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.

