

NOVINKY Z CRH

říjen 2020



CENTRUM REGIONU HANÁ
PRO BIOTECHNOLOGICKÝ
A ZEMĚDĚLSKÝ VÝZKUM



efb



ROZHOVOR

V poslední době se vám a vašim kolegům povedlo v několika oblastech zúročit výsledky dlouholeté práce. Jedním z nich je článek v Nature Communications, kde jste spolu s kolegy z tuzemska, Rakouska a Švédska přinesli vědecké obci nové poznatky, které mění představy o působení rostlinných hormonů cytokininů na buňky. Jak moc si tohoto úspěchu ceníte?

Cením si ho velmi a děkuji tímto všem kolegům, kteří se na tomto úspěchu podíleli. Nejvíc jsem hrdý na to, že jsme tím ukázali, že CRH dokáže dělat multidisciplinární výzkum na velmi vysoké úrovni. Moderní věda je na tomto principu založená, bez něj by průlomových výsledků nebylo možné dosáhnout.

Důležitá je nejen interdisciplinarita, ale také spolupráce různých institucí v tuzemsku i zahraničí.

Ano, na výzkumu se podíleli vědci z CRH, Laboratoře růstových regulátorů, Regionálního centra pokročilých technologií a materiálů a pracovišť z Rakouska a Švédska. Dosažení výsledků by nebylo možné bez pokročilých mikroskopických metod vyvinutých a využívaných v CRH a především bez spolupráce s Evou Benkovou z Institute of Science and Technology (IST) v Rakousku, s níž jsme na tématu spolupracovali už od roku 2013. Velkým úspěchem a satisfakcí za vynaloženou píli je publikace zejména pro hlavní autorku Karolinu Kubiasovou, která se na mikroskopických pozorováních podílela v CRH a IST v rámci své doktorské práce.

Pro vědce je určitě zajímavé, když svojí práci přispěje k odstranění určitého zájitého závěru. Jaké dogma padlo tentokrát?

Od roku 2000, kdy byly u rostlin objeveny receptory cytokininů, se měnily pohledy na to, odkud dochází v buňce k jejich signalizaci. Původní představa predikovala extracelulární percepci cytokininů receptory na povrchu buněk. Tu vystřídalo přesvědčení podpořené experimentálními daty, že se receptory nacházejí především uvnitř buněk. Stále však existovaly indicie, že funkční receptory by se mohly vyskytovat také na jejich povrchu. Nám se podařilo prokázat, že tomu tak skutečně je a že receptory cytokininů, které jsou nezbytné pro spuštění molekulárně-biologických pochodů v rostlině, se nacházejí také v plazmatické membráně, tedy na buněčném povrchu.

V odborné komunitě jste znám také ve spojení s fenotypizací, jste koordinátorem České sítě pro rostlinnou fenotypizaci (CzPPN – Czech Plant Phenotyping Network). Jak se vaší skupině vede v této oblasti?

LUKÁŠ SPÍCHAL

vedoucí výzkumného programu fenotypizace



Myslím, že se nám v posledních letech podařilo najít pevné místo v oblasti automatizované fenotypizace rostlin a dokázali jsme najít vlastní doménu, ve které jsme vnímáni jako průkopníci. Vyvinuli jsme řadu originálních postupů, které umožňují velkokapacitní screening knihoven látek, rozsáhlých kolekcí genotypů či biostimulantů. CzPPN je

také ve světě viditelná z důvodu efektivní spolupráce akademických pracovišť se soukromou sférou; členem je společnost Photon Systems Instruments, světový leader v oblasti vývoje fenotypizačních zařízení. Doufáme, že se naší skupině v rámci CzPPN podaří doplnit Cestovní mapu českých výzkumných

infrastruktur a staneme se tak funkčním a Českou republikou podporovaným propojením s evropskou infrastrukturou EMPHASIS.

Tým pod vaším vedením vyvinul robotický systém přezdívaný Popelka, který je určený k automatické přípravě vzorků pro výzkum rostlin. Automatizace je ve vědě nezbytná, zvažujete v tomto směru i další spolupráce?

Ano, v našem týmu se zabýváme vývojem „low-cost“ zařízení pro automatizovanou fenotypizaci rostlin. Přináší to nové výzvy, ale také cenné zkušenosti. V naší skupině tak přecházíme od „interdisciplinarit“ k „multidisciplinaritě“ a plně si užíváme propojení základního s aplikovaným výzkumem. Poznáváme, co v praxi znamená experimentální vývoj a také jak dlouhá může být cesta od prototypu ke komerčnímu využití. Velmi mě baví sledovat, jak se členové týmu mohou nečekaně vyprofilovat do zcela jiné oblasti, možná i jimi samotnými neočekávané. Je to velmi inspirativní. Naše zařízení mají primárně sloužit k usnadnění naší vlastní práce, ale věříme, že mohou mít komerční potenciál a spolupráci vedoucí k tržnímu uplatnění se nijak nebráníme.

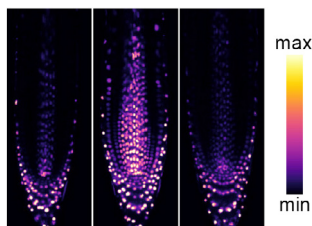
Z VĚDY A VÝZKUMU

OBJEV MĚNÍ PŘEDSTAVY O PŮSOBNÍ ROSTLINNÝCH HORMONŮ NA BUŇKY

Zásadní krok pro poznání působení rostlinných hormonů cytokininů v rostlinách učinili vědci z CRH a dalších tuzemských výzkumných institucí ve spolupráci s kolegy z Rakouska, Švédska a Velké Británie. Prokázali, že receptory cytokininů, které jsou nezbytné pro spuštění molekulárně-biologických pochodů v rostlině, se nacházejí také na povrchu buněk. Výsledky výzkumu publikoval prestižní časopis *Nature Communications*.

„Jako první jsme dokázali zdokumentovat, že receptory cytokininů se skutečně vyskytují na povrchu některých typů buněk. Podařilo se také rozklíčovat, za jakých okolností se tak děje a jakými drahami se receptory pohybují z nitra buňky na její povrch a naopak. Padlo tak letité dogma o tom, že tyto receptory je třeba hledat jen v nitru buněk,“ uvedl jeden z korespondenčních autorů Lukáš Spíchal z CRH.

Cytokiny patří mezi klíčové hormony, které jsou zcela nezbytné pro život rostlin. Čeští vědci mají v jejich studiu



dlouholetou tradici a patří v této oblasti ke světové špičce. Právě na předchozí výsledky badatelé navázali. Cytokiny tentokrát „stopovali“ ve spolupráci se zahraničními kolegy pomocí dvou různých metod. Pracovali s kořeny a izolovanými kořenovými buňkami modelové rostliny huseníčku rolního. Získané výsledky výrazně mění představu o mechanismech působení cytokininů.

Dosažení závěrů by nebylo možné bez využití pokročilých mikroskopických metod vyvinutých a využívaných v CRH a v rakouském Institute of Science and Technology. „Detekovat receptory a jejich fluorescenční ligandy v živých buňkách je velmi složité, ale s využitím superrezolučních metod v mikroskopii se k tomuto náročnému cíli postupně přibližujeme. Důležitou úlohu hraje také výběr správné metody přípravy biologického vzorku,“ objasnila Olga Šamajová z CRH.

Další výzkum by měl objasnit, zda a jak rozdíly v umístění receptorů pomáhají rostlině „vyladit“ působení cytokininů v rostlinách, mimo jiné i v kořenovém systému. „Role těchto hormonů při vývoji kořene stále není dostatečně objasněna a naše výsledky naznačují, že existuje řada regulačních mechanismů, které dosud nebyly zmapovány. Bližší pochopení regulační úlohy cytokininů může být užitečné i pro vývoj nové generace sloučenin odvozených od těchto hormonů, které by byly využitelné v zemědělství,“ vysvětlil Ondřej Novák z Laboratoře růstových regulátorů.

Kubiasová K., Montesinos J.C., Šamajová O., Nisler J., Mik V., Semerádová H., Plíhalová L., Novák O., Marhavý P., Cavallari N., Zalabák D., Berka K., Doležal K., Galuszka P., Šamaj J., Strnad M., Benková E., Plíhal O., Spíchal L. (2020) Cytokinin fluoroprobe reveals multiple sites of cytokinin perception at plasma membrane and endoplasmic reticulum. *Nat. Commun.* 11:4285. IF = 12,1

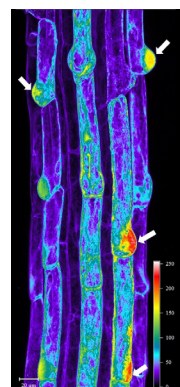
NOVÉ INFORMACE O PROTEINU ANNEXIN 1

Lokalizaci proteinu Annexin 1 se věnovali vědci z CRH ve spolupráci s kolegy z Institutu Maxe Plancka v Drážďanech a Univerzity v Bonnu. Studii, která jako první sledovala daný protein v živých rostlinách během jejich vývoje, publikoval odborný časopis *Frontiers in Plant Science* a lze ji považovat za východisko pro další výzkum tohoto proteinu.

Protein Annexin 1 se vyskytuje u všech eukaryotických organismů. Má velmi pestrý škálu působnosti, v případě rostlin ale není příliš prozkoumán. Vědci protein Annexin 1 spojený se zeleným fluorescenčním proteinem sledovali v huseníčku rolním v jednotlivých etapách vývoje rostlin pomocí pokročilých mikroskopických technik. Většinou z nich disponuje Oddělení buněčné biologie CRH, ale přispěli i kolegové z Institutu Maxe Plancka v Drážďanech.

„Díky možnosti využít lattice light sheet fluorescenční mikroskopii se nám podařilo dokázat, že protein je lokalizován v blízkosti jádra v určitém typu kořenových buněk. Během vývoje kořene jsme mohli pozorovat, jak se tento protein dynamicky přemísťuje společně s jádrem. Další přínos spočívá v tom, že se nám podařilo dokázat, že se tento protein účastní i buněčného dělení,“ uvedla hlavní autorka práce Michaela Tichá, která publikované výsledky získala během svého doktorského studia.

Tichá M., Richter H., Ovečka M., Maghelli N., Hrbáčková M., Dvořák P., Šamaj J., Šamajová O. (2020). Advanced Microscopy Reveals Complex Developmental and Subcellular Localization Patterns of ANNEXIN 1 in *Arabidopsis*. *Front. Plant Sci.* 11:1153. IF = 4,4



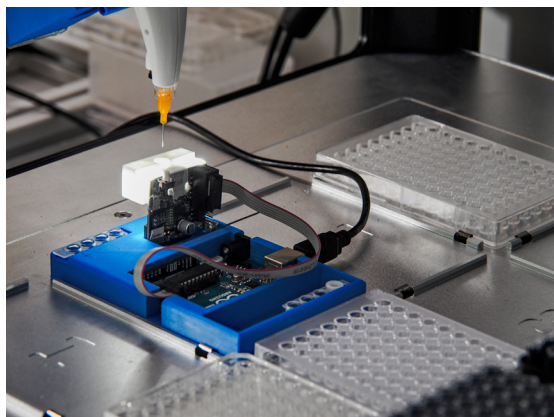
MÍŘÍME DO PRAXE

S PŘÍPRAVOU VZORKŮ POMÁHÁ POPELKA

Výzkumníci CRH ve spolupráci s firmou Stäubli Systems a Vědeckotechnickým parkem (VTP) UP vyvinuli robotický systém přezdívaný Popelka, který je určený k automatické přípravě vzorků pro výzkum chování rostlin v závislosti na prostředí. Automatizované zařízení dokáže výrazně urychlit přípravu experimentů.

Zařízení v sobě kombinuje automatizované přenášení a kontrolu semínek s přípravou potřebných gelů a kapalin, které obsahují hnojiva či testované látky. „Popelka tak vytvoří komplexní vzorek, který dříve musely ručně chystat laborantky. Umožňuje přípravu precizněji, ve velkém množství, rychleji a v případě potřeby i v nepřetržitém provozu. Celé zařízení je navíc umístěno v boxu s filtrací vzduchu a UV lampou, čímž je zajištěna sterilita prostředí,“ přiblížil výhody molekulární biolog Pavel Mazura, hlavní řešitel projektu Proof-of-Concept (PoC) z programu TAČR GAMA.

CRH je národním koordinátorem pro rostlinnou fenotypizaci v rámci České sítě pro rostlinnou fenotypizaci (CzPPN – Czech Plant Phenotyping Network). Podle koordinátora CzPPN Lukáše Spíchalů nové zařízení může výrazně zefektivnit celý výzkumný proces v tomto oboru. „Jsme schopni v automatickém režimu analyzovat růst



rostlin pomocí neinvazivních senzorů, a to skutečně ve velkém množství. Kritickým bodem při přípravě rostlin je právě přenos semen, který s sebou nese vysoké nároky na manuální práci laborantů. Robot toto odstraní, a laborant se tak bude moci věnovat jiné činnosti,“ objasnil Spíchal.

Ačkoliv je Popelka určena pro laboratoře provádějící fenotypizaci rostlin, je schopná přenášet i jiné malé objekty. Její využití je tedy rozmanitější, a to nejen ve výzkumné praxi. Zástupci CRH a VTP nyní hledají komerčního partnera, který by přístroj uplatnil samostatně nebo jako součást většího zařízení. Pro projekt byla také velice důležitá spolupráce s firmou Stäubli Systems, která bezplatně poskytla k testování klíčové robotické rameno.

VEGETUP ZVYŠUJE ÚRODU PLODOVÉ ZELENINY



O pět až deset procent zvyšuje výnosy plodové zeleniny přípravek VegetUP, který vyvinuli vědci z CRH pro závlivku při hydroponickém pěstování. Při jeho přípravě zúročili dlouholeté studium rostlinných hormonů – cytokininů.

„Přípravek navyšuje produkci plodové zeleniny a současně oddaluje stárnutí rostlin, takže ty mohou plodit rovnoměrněji po celou dobu své vegetace. Pomáhá rovněž rostlinám lépe zvládat teplotní výkyvy,“ uvedl jeden z autorů Radoslav Koprna z CRH. Spolu s ním se na vývoji látky podíleli i další kolegové z Oddělení chemické biologie CRH a Laboratoře růstových regulátorů, která je společným pracovištěm Přírodovědecké fakulty UP a Ústavu experimentální botaniky AV ČR.

VegetUp byl zařazen do databáze hnojiv a pomocných přípravků pro hydroponické pěstování, tedy pěstování bez půdy, které je v posledních letech v rozmachu. Jelikož je roztoku potřebné jen velmi malé množství, jsou pracovníci CRH schopni ho připravovat pro zájemce sami. „Zatímco u jiných látek je nutné použít mikromolární množství, v tomto případě je to nanomolární množství do velkých objemů vody. Doporučené ředění je v jednotkách mililitrů na desetitisíce litrů závlivky. Zájemci se na nás mohou obracet, ale už jsme také sami začali oslovovat velké pěstitele. O žádné podobné látky na trhu nevím,“ doplnil Koprna.

MÍŘÍME DO CATRIN

JUBILEJNÍ VĚDECKÁ RADA CRH PATŘILA CATRIN



Poněkud netradiční program mělo jubilejní 20. zasedání Vědecké rady CRH, které se uskutečnilo 16. září. Mimo jiné se na něm představila vědecká centra vstupující do vysokoškolského ústavu CATRIN, který na základě rozhodnutí Akademického senátu Univerzity Palackého zahájilo svoji činnost 1. října.

„Centrum regionu Haná v letošním roce završuje úspěšnou etapu svého rozvoje a vstupuje do nové, pod hlavičkou CATRIN. Jsem rád, že jsme naše jubileum mohli oslavit u příležitosti založení CATRIN a že se k nám přidali zástupci Regionálního centra pokročilých technologií a materiálů a Ústavu molekulární a translační medicíny. Představení výzkumných programů všech tří výzkumných center potvrdilo jejich špičkovou vědeckou úroveň a nastínilo možnosti dalšího rozvoje a prohlubování vzájemné spolupráce. Během relativně krátké doby od svého vzniku získala všechna tři centra řadu prioritních výsledků a stala se z nich mezinárodně respektovaná pracoviště,“ uvedl vědecký ředitel CRH a vedoucí olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky Akademie věd ČR Jaroslav Doležel.

Vysokoškolský ústav – Český institut výzkumu a pokročilých technologií (CATRIN) integruje tři univerzitní vědecká centra. Společně budou hledat možnosti pro řešení globálních problémů mimo jiné s využitím biomedicíny, biotechnologií či nových materiálů.

CATRIN REACTOR NABÍDL TÉMATA OD KONOPÍ K NANOMATERIÁLŮM

O magnetických nanostrukturách, využití nanomateriálů v medicíně, pokročilých mikroskopických metodách, o konopí coby léčivé rostlině i průmyslové plodině, vývoji nových léčiv či diagnostice virů včetně nového koronaviru a řadě dalších témat hovořili účastníci CATRIN Reactoru. Zúčastnili se ho vědci ze všech tří univerzitních center, která propojí svůj výzkum v novém vysokoškolském ústavu. Cílem setkání bylo sdílet znalosti a zkušenosti jednotlivých výzkumných skupin a hledat prostor pro vzájemnou spolupráci.

Na setkání představila svůj výzkum zhruba dvacítku vědců z Regionálního centra pokročilých technologií a materiálů, CRH i Ústavu molekulární a translační medicíny. Například pro Petra Tarkowského z CRH bylo setkání důležité z několika důvodů. „Zprv jsem se ujistil při diskuzích s kolegy z ÚMTM i RCPTM, že můžeme a chceme společně realizovat aktivity, o kterých už přemýšlím delší dobu, tedy například testování biologické aktivity rostlinných extraktů nebo využití

nanomateriálů k udržení mikrobiální jakosti léčebného konopí. Z druhého jsem získal detailnější informace nejen o výzkumných oblastech kolegů z center, ale i dostupných metodách, zařízeních a přístrojích ke společnému využití. V neposlední řadě mě toto setkání přimělo přemýšlet o možné spolupráci v oblasti fytořemediace,“ prozradil Tarkowski.



STRUČNĚ

Po změnách v zemědělství, lepším hospodaření s půdou, výraznější podpoře transferu znalostí do praxe i politických rozhodnutích či po snížení byrokracie volali účastníci zářijové debaty s názvem Klimatická změna: Co budeme dýchat, jíst a pít?, kterou v rámci projektu Partnerská síť vysokých škol pro společenskou odpovědnost na Ostravské univerzitě uspořádalo několik tuzemských vysokých škol. Univerzita Palackého, která se na organizaci rovněž podílela, do debaty vyslala rostlinného genetika Aleše Pečinku z olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR, které je součástí CRH. Mimo jiné hovořil i o metodách cíleného editování genomu, které mohou pomoci zajistit dostatek potravy pro světovou populaci bez dalšího zatěžování životního prostředí. Záznam debaty je dostupný na www.universitas.cz.

V Pevnosti poznání se v úterý 15. září uskutečnila podzimní etapa festivalu dokumentárních filmů o jídle Země na talíři. Akci pořádaly organizace Na mysl, výzkumný program Potraviný pro budoucnost Strategie AV21, Ústav experimentální botaniky AV ČR a Pevnost poznání.

Program letní zahradnické a květinové výstavy Flora Olomouc i letos obohatilo olomoucké pracoviště

Výzkumného ústavu rostlinné výroby, které je součástí CRH. V pavilonu H ve Výzkumné laboratoři rostlin představilo interaktivní expozici Semenářství. „Naše expozice byla věnována semenům a jednosemenným plodům zelenin a léčivých, aromatických a kořeninových rostlin. Pozornost jsme soustředili na semenářství různých druhů těchto plodin, přesněji na posklizňovou úpravu semen, kam patří například různé způsoby ručního i mechanizovaného čištění, třídění, posklizňové dozrávání nebo obrušování a jejich klíčení. Pracovníci seznámili veřejnost s pojmy jako dormance, stratifikace, skarifikace a dalšími. Mnohé z představovaných procesů si návštěvníci mohli i sami vyzkoušet,“ uvedla Kateřina Směkalová z Výzkumného ústavu rostlinné výroby.

Všechny tři partnerské instituce tvořící CRH obdržely v rámci hodnocení výzkumných organizací Radou pro výzkum, vývoj a inovace (RVVI) podle Metodiky 2017+ „známku“ vynikající. Univerzita Palackého v Olomouci, Ústav experimentální botaniky AV ČR i Výzkumný ústav rostlinné výroby po dvou letech implementace hodnocení figurují v nejvyšší ze čtyř skupin škálování výzkumných institucí v ČR. O zařazení rozhodla kvalita jejich vybraných výsledků v národním měřítku.

BLAHOPŘEJEME

IVO FRÉBORT JE VICEPREZIDENTEM EFB

Ředitel CRH Ivo Frébort se stal novým viceprezidentem Evropské biotechnologické federace (EFB). Současně povede nově zřízenou divizi Rostliny, zemědělství a potravin.

„Pozice viceprezidenta EFB si velmi vážím, je výsledkem dlouholeté spolupráce našeho vědeckého centra s touto organizací. Velmi rád přispěji k naplnění hlavního cíle EFB, jímž je propagace a podpora rozvoje biotechnologií v Evropě,“ uvedl biochemik Frébort. Jím vedené CRH je členem EFB od roku 2011 a je českou pobočkou této instituce. Úzce spolupracuje rovněž s Asijskou biotechnologickou federací.

Profesor Frébort bude spolu s dalšími viceprezidenty spolupracovat s novým prezidentem EFB. Od ledna příštího roku jím bude emeritní profesor mikrobiologie Univerzity v Birminghamu Jeff A. Cole, který je současně



členem Vědecké rady CRH. Ve funkci vystřídá švédského mikrobiologa Mathiasa Uhléna, který neziskovou organizaci vedl od roku 2015.

EFB MÁ NOVOU ORGANIZAČNÍ STRUKTURU

Zefektivnění řízení a lepší koordinaci aktivit si vedení Evropské biotechnologické federace (EFB) slibuje od změny organizační struktury. Z pozice člena řídicího výboru se na ní podílel i ředitel CRH Ivo Frébort, jenž byl jedním z iniciátorů nové divize Rostliny, zemědělství a potravin, kterou povede. Dosavadní sekce nahradilo sedm divizí, novinkou je i divize Biofarmaceutické a lékařské biotechnologie.

Profesor Frébort coby lídr divize plánuje v této oblasti pořádání konferencí, letních škol či popularizačních akcí pro veřejnost. „Pod hlavičkou divize budeme i nadále pořádat mezinárodní konferenci Plant Biotechnology: Green for Good, která se v Olomouci koná jednou za dva roky. Další akce budou pořádány zejména partnery z Německa a Švýcarska. Za velice důležité považuji i to, že na činnosti divize se budou podílet významné biotechnologické společnosti Syngenta a Novozymes.

Počátkem října naše divize zaštitila jednu z programových součástí Evropského fóra pro průmyslové biotechnologie a bioekonomiku (EFIB), kde delegáti získali aktuální informace o současném stavu a dalších perspektivách odvětví založených na biotechnologiích,“ uvedl biochemik, který je mimo jiné i zastáncem úpravy stávající evropské legislativy ohledně GMO.

EFB má 80 členů z řad institucí z celé Evropy a přes 25 tisíc členů z řad odborníků. Propaguje bezpečné, udržitelné a prospěšné využívání základního výzkumu a inovací v biologických vědách a zároveň poskytuje prostor pro mezioborovou a mezinárodní spolupráci. Česká republika v této instituci díky působení CRH coby českého zastoupení v EFB posílila. V jejím vedení působí ve funkci viceprezidenta Ivo Frébort, členkou řídicího výboru EFB se stala Michaela Holecová z CRH.

DALŠÍ VÝZVA VĚDCŮ KE ZMĚNĚ EVROPSKÉ LEGISLATIVY O GMO

Evropští vědci znovu vyzvali ke změně evropské legislativy týkající se GMO, která je podle nich nezbytná pro další rozvoj udržitelného zemědělství, zajištění dostatku potravin pro rostoucí populaci i pro ochranu životního prostředí. Prohlášení vydala Evropská iniciativa pro udržitelné zemědělství pomocí editace genomu (EU-SAGE) v červenci k druhému výročí kontroverzního rozsudku Soudního dvora EU, podle nějž rostliny získané pomocí moderních metod editování genomu jsou geneticky modifikovanými organismy (GMO). K výzvě se připojilo rovněž vedení CRH i Evropská biotechnologická federace.

Rozhodnutí Soudního dvora EU ze dne 25. července 2018 říká, že i rostliny získané metodami přesného šlechtění pomocí editace genomu metodou CRISPR jsou geneticky modifikovanými organismy (GMO). „To ale znamená, že i plodiny s nejdrobnějšími úpravami genomu, ke kterým může spontánně docházet i v přírodě, podléhají restrik-



tivním evropským předpisům, které tyto úpravy prakticky zakazují,“ upozorňuje vědecký ředitel CRH a vedoucí olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky Akademie věd ČR Jaroslav Doležel.

Evropští vědci proto doporučují Evropské radě, Evropskému parlamentu a Evropské komisi revizi existujících směrnic týkajících se GMO, neboť jsou v rozporu se současnými vědeckými poznatky o editování genomu rostlin. Text je dostupný zde: https://www.eu-sage.eu/sites/default/files/2020-07/Open%20Statement%20EU-SAGE%20July%202020_EN.pdf



Centrum regionu Haná pro biotechnologický a zemědělský výzkum

CRH sdružuje vědecké týmy Univerzity Palackého a olomouckých pracovišť Ústavu experimentální botaniky AV ČR a Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v. v. i. CRH je Regional Branch Office Evropské biotechnologické federace.

Šlechtitelů 241/27
783 71, Olomouc – Holice

Telefon: +420 585 634 979

Email: crh@upol.cz

Web: www.cr-hana.eu

Facebook: www.facebook.com/Centrumregionuhana/

Twitter: www.twitter.com/crh_olomouc

Vydalo:
Centrum regionu Haná pro
biotechnologický a zemědělský
výzkum 2020

Editor: Martina Šaradínová

Foto:
Vědeckotechnický park UP, archiv CRH

Grafické zpracování:
Ondřej Růžička