



Odrůdy pšenice s barevným zrnem a jejich nutriční hodnota

Současné odrůdy pšenice seté (*Triticum aestivum* L.) jsou výsledkem intenzivního období šlechtění, které se projevilo zásadně zvýšením podílu zrna na celkové biomase rostliny. To se promítlo do zvýšeného výnosového potenciálu oproti odrůdám starším. Současné odrůdy v podmínkách optimalizovaných pěstebních technologií umožňují dosahovat vynikajících výnosových výsledků v praxi. Velká konkurence mezi šlechtitelskými firmami vedla ve šlechtění pšenice k honbě za výnosem, specifickou technologickou kvalitou zrna a ke zlepšování odolnosti k chorobám, stresům a adaptaci na dané agroekologické podmínky.

Toto zacílení vedlo na straně druhé ke zvýšení dostupnosti pšenice a k velkému rozšíření pšeničné suroviny do nejrůznějších potravinářských výrobků (najdeme ji například už i v některých masných výrobcích). Došlo také k přijetí přesvědčení, že běžná pšenice setá nemůže být v zásadě výrazněji odlišná od té, na kterou jsme si již zvykli. Právě velké rozšíření pšenice vede k potřebě kvalitativní pestrosti této komodity a tím k poptávce po geneticky odlišnějších odrůdách. Vzrůstá poptávka i po jiných pšeničných druzích, jakými je například špalda (*T. spelta* L.), pšenice tvrdá (*T. durum* Desf.), dvouzrnka (*T. dicoccum* /Schrank/ Schuebl) a jednozrnka (*T. monococcum* L.). Ty ale ve srovnání s pšenicí setou mají nižší výnosy, některé mají pluchaté zrna, což zvyšuje náklady na zpracování. S výjimkou pšenice tvrdé, která se spíše hodí do teplejších podmínek, nacházejí tyto druhy pšenice využití hlavně v ekologickém režimu hospodaření. To má však v ČR stále malé zastoupení. V konvenčním pěstelském systému zatím nemohou jiné pšeničné druhy ekonomicky konkurovat produkci běžných odrůd pšenice seté.

Řešení může spočívat v zásadním kvalitativním zlepšení pšenice seté, které by mohlo být dosaženo vyšlechtěním odrůd s vysokým obsahem flavonoidů (především antokyanů), fenolických kyselin a karotenoidů (především luteinu), jež jsou významnými látkami s antioxidačním účinkem. V tomto směru se jeví jako perspektivní orientace na odrůdy s odlišným zbarvením zrna, takzvané barevné pšenice. Velmi významné z tohoto pohledu



Obr. 1 – Klasy odrůdy AF Zora v mléčně-voskové zralosti s částečně obnaženými obilkami

Foto Petr Martinek

může být černé zrna, dosažené kumulací genů pro různé barvy zrna. Pochopitelně u odrůd barevné pšenice je potřeba dosáhnout srovnatelné výnosové úrovně, jaká je u běžných odrůd pšenice seté. Výnosová úroveň současných odrůd barevné pšenice je sice o něco nižší než u běžných odrůd, je ale mnohem vyšší než u odrůd výše uvedených jiných pšeničných druhů.

Antokyany

Antokyany jsou sekundární rostlinné produkty metabolismu flavonoidů. Jedná se o rozsáhlou skupinu rostlinných barviv poskytující škálu barev od oranžové a červené až po fialovou a modrou. Ze spotřebitelského hlediska je atraktivní zejména jejich pozitivní efekt na lidské zdraví, neboť jsou přirozenými antioxidanty a jejich benefit tak spočívá v prevenci celé řady civilizačních chorob. Pro své účinky jsou stále častěji vyhledávanou složkou stravy a důraz je kladen

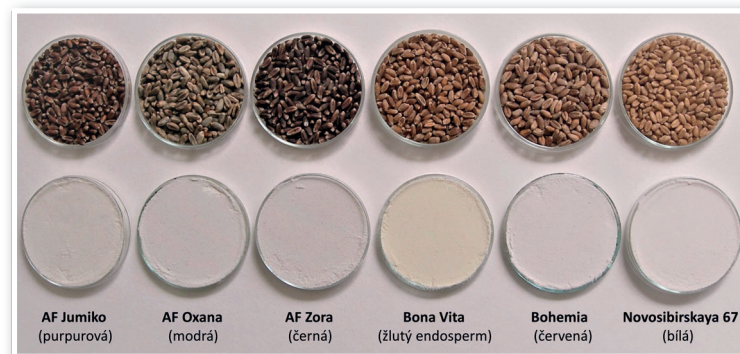
zejména na jejich přirozené potravinové zdroje. V tomto ohledu však zůstávají v pozadí některé komodity s obsahem barevných látek, jejichž nutriční benefity stále nejsou dostatečně doceněny. V první řadě se jedná o pšenici, u které existují donory s přirozeným výskytem těchto látek v zrně. Představují zajímavou alternativu pro inovativní rozšíření využitelnosti obilní suroviny a potenciální zdravotní přínos pro konzumenty. Pšenice tedy má potenciál být dalším významným zdrojem antokyanů pro obohacení lidské stravy.

Nejdůležitějších a nejběžnějších je šest základních antokyanidinů: kyanidin, delphinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin a malvidin. Jednotlivé sloučeniny se od sebe odlišují přítomností různých substituentů na základní struktuře, přítomnost hydroxylových skupin posouvá přirozený odstín do fialova až purpurova, přítomnost metoxylových skupin spíše do růžova až červena. Antokyanidiny se v přírodě vyskytují v převážně většině ve svých glykosylovaných formách (s navázanou sacharidovou složkou), které jsou označovány

jako antokyanany. Barva a stabilita antokyanů jsou ovlivňovány zejména hodnotou pH, teplotou prostředí, typem rozpouštědla, kopigmentací nebo enzymatickou aktivitou. Modré zbarvení je typicky dáno obsahem delphinidin-3-glukosidu a delphinidin-3-rutinosidu, zatímco purpurová barva je tvořena kyanidin-3-glukosidem a kyanidin-3-rutinosidem (Hemerová 2021). V pšenici se vyskytují stejné druhy antokyanů jako v ovoci (borůvky, ostružiny, černý rybíz, černý bez, aronie, červené víno apod.) a v zelenině (rajčata, papriky, červená řepa, červené zelí apod.).

Karotenoidy

Jedná se o žluté až červené (lykopen) pigmenty představované a) skupinou nenasycených uhlovodíků a b) xantofylů, které jsou hydroxylované deriváty karotenů, jež mají jednu nebo více hydroxylových skupin. Na rozdíl od antokyanů mají karotenoidy zcela odlišnou chemickou strukturu. U pšenice seté se vyskytuje žluté zbarvení, které je tvořeno z 86–94 % luteinem. Ostatní karotenoidy, jako jsou zeaxantin a jeho izomery, esterifikovaný



Obr. 2 – Ukázky barev zrna pšenice a barevných odstínů mouky z laboratorního mlýna Bühler MLU-202

Foto Petr Martinek



lutein, Z-izomery luteinu a karoteny (například α -karoten, β -karoten) jsou přítomny v množství 3–5 %. Karotenoidy mají důležitý estetický, nutriční a zdravotní význam. Některé jsou prekurzorem vitamínu A. Všechny karotenoidy vykazují antioxidační kapacitu, která snižuje riziko chronických degenerativních onemocnění.

Karotenoidy (především β -karoten) chrání lidskou kůži před vysokou intenzitou slunečního záření a UV zářením, které může vést k poškození kůže, popřípadě být příčinou rakoviny kůže. Karotenoidy mají také pozitivní vliv na imunitní systém člověka. Lutein výrazně pomáhá zraku, protože neutralizuje volné radikály, které vznikají působením ultrafialových paprsků na oční sítnici. Zastavuje také degenerativní změny na žluté skvrně, jež bývají příčinou slepoty. Žlutá barviva se v zrna vyskytují ve větší míře u většiny tetraploidních druhů pšenice a u pšenice jednozrnky. U pšenice seté je obvykle jejich obsah v endospermu zrna nižší než u žlutozrných odrůd pšenice tvrdé. Žluté zbarvení je u pšenice podmíněno geny *Psy* pro enzym fitoien syntázu, které ovlivňují biosyntetickou dráhu karotenoidů. Žlutá barviva se vyskytují v endospermu i v povrchových vrstvách zrna. Vzhledově se však zrno s vysokým obsahem žlutých látek příliš neliší od červeného zrna běžných pšeníc.

Odrůdy barevných pšeníc v České republice

Odrůdy s antokyany v zrna

První českou odrůdou pšenice s odlišným zbarvením zrna byla ozimá odrůda Skorpion s modrým zrnem, která byla registrována v roce 2011 v Rakousku firmou Saatbau Linz, GmbH. Tato odrůda byla v roce 2012 zařazena do Společného katalogu odrůd druhů zemědělských rostlin EU. Na jejím vytvoření se významně podílel pan Miroslav Škorpík (1931–2019). Ten jako technický pracovník Výzkumného ústavu rostlinné výroby Praha-Ruzyně postupným křížením donorů pšenice s modrou barvou zrna (původem z pozůstalosti Ericha von Tschermaka) s kulturními pšenicemi přenesl gen *Ba2* (*Blue aleurone 2*) pro modrý aleuron do pěstitelky přijatelného

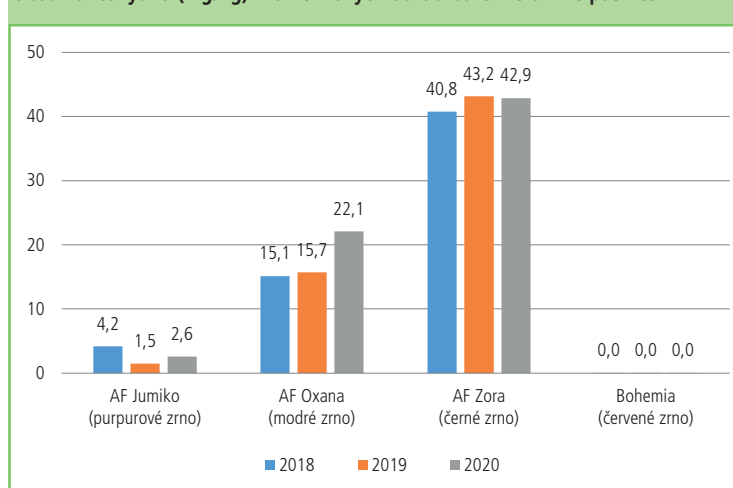
materiálu. Z něho byla následně ve firmě Agrotest fyto, s. r. o., v Kroměříži vybrána odrůda s názvem Skorpion. První pěstovanou registrovanou odrůdou s purpurovým zbarvením zrna v ČR byla slovenská ozimé pšenice PS Karkulka vyšlechtěná ve VÚRV Piešťany – Výskumno-šľachtiteľská stanica Víglaš-Pstruša, registrovaná v roce 2014. Donor purpurového zbarvení pro tuto odrůdu byl dodán pracovištěm v Kroměříži. V ČR byla pěstována PS Karkulka firmou SEMO, a. s., Smržice a zrno bylo zpracováváno na „chléb Karkulka“ v Karlově pekárně, s. r. o. – v provozovně v Židlochovicích.

Firmou Agrotest fyto, s. r. o., byly vyšlechtěny tři odrůdy ozimé pšenice: AF Jumiko s purpurovým zrnem (registrace 2019), AF Oxana s modrým zrnem (registrace 2020) a AF Zora s černým zrnem (registrace 2021) – obr. 1. Tyto odrůdy vznikly postupně za přispění tří výzkumných projektů financovaných Ministerstvem zemědělství České republiky: MZE-RO1118, QJ1510206 a QK1910343. Jedná se o odrůdy, kde je odlišné zbarvení zrna způsobeno antokyany. Odrůdu AF Jumiko lze považovat za první českou odrůdu pšenice s purpurovým zrnem. Zbarvení zrna je podmíněno komplementárním působením dvojice genů *Pp1* a *Pp2* (*Purple pericarp*). Modré zbarvení odrůdy AF Oxana je způsobeno genem *Ba2* přeneseným z odrůdy Skorpion. V roce 2021 byla rovněž registrována odrůda jarní pšenice Rufia s purpurovým zrnem, která pochází z VÚRV, v. v. i., v Praze-Ruzyni. Černé zbarvení odrůdy AF Zora je způsobeno kombinací genu pro modrý aleuron *Ba2* s geny pro purpurový perikarp. Název „černé zrno“ (black grain) je převzat z literatury. Odrůdu AF Zora lze pokládat za velmi výjimečnou, protože obsah antokyanů u ní výrazně převyšuje odrůdy AF Jumiko i AF Oxana (graf). Tato odrůda zřejmě předurčuje nový směr šlechtění pšenice, který by mohl být technicky efektivně prováděn s využitím optických třídících s volbou barevného nastavení.

Odrůdy s karotenoidy v zrna

Kromě odrůd s antokyanovým zbarvením existují rovněž odrůdy se žlutým zbarvením endospermu,

Obsah antokyanů (mg/kg) kroměřížských odrůd barevné ozimé pšenice



kde je barva zrna ovlivněna přítomností karotenoidů. V České republice byly v roce 2011 registrovány firmou Hanácká osiva, s. r. o., dvě německé odrůdy pšenice se žlutým endospermem: ozimá Citrus a jarní Luteus. V roce 2018 byla vyšlechtěna firmou SELGEN, a. s., česká odrůda jarní pšenice Pexeso, u které byl zjištěn rovněž vysoký obsah žlutých látek v zrna.

Standardní barva zrna

Běžné odrůdy, které se u nás pěstují, mají jantarové zbarvení zrna, které se oficiálně označuje jako červené. Toto zbarvení má spojitost s výskytem hořkých látek v zrna (především taninů a některých fenolických sloučenin). Kromě červeného zbarvení existuje rovněž bílé zrno, postrádající tyto hořké látky a zrno je přirozeně sladší. Nepřítomnost hořkých látek v bílém zrna však má spojitost s jeho větší náchylností k porůstání. V roce 2005 byla registrována firmou RAGT Czech, s. r. o., německá ozimá odrůda Heroldo s bílou barvou zrna.

Problém s označením výrobků

V obchodech zdravé výživy se někdy můžeme setkat s výrobky s názvem „červená pšenice“, případně „mouka z červené pšenice“. Toto označení je terminologicky nesprávné, protože „červené“ zrno mají podle oficiálního označení současné běžně pěstované odrůdy pšenice. Ve skutečnosti se však v těchto případech jedná o výrobky z pšenice s purpurovým zrnem. Nesprávné označení výrobků se traduje ještě z doby, kdy o barevných pšeni-

cích neexistovalo v ČR žádné povědomí. Výrobci se tehdy dostala do rukou neregistrovaná pšenice s purpurovým zrnem, pro kterou neznali adekvátní název. Od té doby se u nás stále vyskytují potravinářské výrobky (většinou jde o bio výrobky) s tímto terminologicky zavádějícím názvem.

Zdravotní význam barevných pšeníc

Výsledky testů

Pro pšenice s jiným než běžným (červeným, případně bílým) zbarvením zrna se vžil název „barevné pšenice“ a tento název se uplatňuje i v odborné literatuře „coloured wheat“. Myslí se tím pšenice s antokyany nebo karotenoidy v zrna. Tyto látky, o které je běžná pšenice obohacena, vykazují značnou antioxidační aktivitu a přinášejí tak mnohé zdravotní benefity. Lze předpokládat, že obohacení zrna pšenice o tyto látky bude mít vzhledem k vysoké produkci a spotřebě cereálních výrobků zdravotní přínos pro konzumenty. Pochopitelně by bylo žádoucí, aby těchto látek v zrna bylo co nejvíce. Význam antokyanů dokládá rozsáhlá literatura, která vychází ze studia jejich účinků v ovoci a zelenině. Antokyany působí preventivně proti kardiovaskulárním onemocněním, nádorovým onemocněním, hyperglykémii, ateroskleróze, výskytu cévních a mozkových příhod, revmatoidní artritidě, neurodegenerativním onemocněním, diabetu druhého typu, obezitě a některým typům rakoviny (tlustého střeva).



Mají protizánětlivé účinky, pomáhají při zpevňování cévních vlásečnic.

Například pšenice s modrým zrnem pomáhají při prevenci ukládání tuků, zlepšují toleranci k inzulinu, regulují hladiny glukózy a snižují hladinu cholesterolu v krvi. Kromě antokyanů mají barevné odrůdy relativně vysoké hladiny proteinů a životně důležitých stopových prvků, jakým je zinek. V krmných testech na laboratorních potkanech se podařilo prokázat nižší obsah cholesterolu v krvi po krmení pšenicí s modrým zrnem. V testech na nosnicích byla při dávce 60 % purpurové pšenice Rufia do krmné směsi od 46. týdne věku zlepšena intenzita snášky až o 5 %. Zařazení této krmné směsi mladým nosnicím (od 20. do 46. týdne věku) vedlo ke snížení intenzity snášky, a tím i produkce vajecné hmoty. Použití purpurové pšenice v krmné dávce u starších slepic prodlužuje užitkovost a zpomaluje opotřebení organismu. V krmných pokusech s purpurovou pšenicí byly výsledky u brojlerových kuřat srovnatelné s kontrolní skupinou. Ve všech krmných experimentech s purpurovou a modrou pšenicí došlo ke zvýšení antioxidační kapacity v krevní plazmě testovaných zvířat. Byla potvrzena estrogení aktivita barevných pšenic na organismus nosnic, která může souviset s jejich vlivem na snášku. Zajímavé je, že antokyanů černého rybízu, kyanidin-3-glukosid, kyanidin-3-rutinosid, delfinidin-3-glukosid a delfinidin-3-rutinosid, což jsou rovněž hlavní antokyanů modrých pšenic, vykazují fytoestrogení aktivitu (Mrkvicová 2020). Hypoteticky by mohly být účinné pro zlepšení různých hormonálních poruch spojených se stárnutím, jako je menopauzální porucha a rakovina prsu.

Dobrých výsledků bylo dosaženo i během výkrmu brojlerových kuřat se zařazením 60 % pšenice Citrus se žlutým endospermem do krmné směsi. Byla u nich zjištěna vyšší antioxidační kapacita krve, neprůkazně vyšší hmotnost kuřat na konci výkrmu a nižší spotřeba krmiva. Použití speciálních odrůd pšenice s barevným zrnem má velmi příznivý vliv na obsah vlákniny, bílkovin, antokyanů a karotenoidů ve výsledných výrobcích. Pekařské výrobky z barevných pšenic mohou

splňovat požadavky na výživová tvrzení, že se jedná o potraviny s vysokým obsahem vlákniny a bílkovin. S přihlédnutím k obsahu dalších důležitých biologicky aktivních látek s antioxidačními vlastnostmi mohou tyto výrobky představovat vhodné zpestření sortimentu nutričně hodnotných potravin (Šmídová a kol. 2020).

Šlechtitelské zacílení na černé zrna

Za velmi perspektivní lze pokládat pšenice s černým zrnem, které mají vyšší obsah antokyanů než pšenice s purpurovým a modrým zrnem. Dohládá to rovněž nejnovější publikace indických autorů, kteří pod vedením Dr. Moniky Gargové (National Agri-Food Biotechnology Institute, Punjab, India) vyšlechtili pšenici „Black 76“, kde je černé zrna výsledkem kombinace genů pro purpurový perikarp a genu *Ba1* pro modrý aleuron. V Indii a Číně jsou se šlechtěním pšenice nejdále na světě. Výhoda černé pšenice spočívá v tom, že obsahuje více genů pro biosyntézu antokyanů. Podle výsledků indických autorů (Dhua a kol. 2021) černá pšenice kromě antokyanů obsahuje mnoho výživných a biologicky aktivních látek, včetně fenolických sloučenin, karotenoidů, esenciálních aminokyselin kyseliny fytové, vlákniny, vitamínů a minerálů. Má vyšší obsah bílkovin, vlákniny, vápníku, vitamínu K, celkového obsahu flavonoidů a fenolů a antioxidační aktivitu než běžně zbarvené červené konvenční pšenice. Obsah fenolických sloučenin černé pšenice je šestkrát vyšší než u konvenční pšenice, přičemž nejhojnější fenolovou kyselinou je kyselina ferulová. Uvádějí, že běžná pšenice se od černé pšenice liší asi 225 metabolity, které jsou odpovědné za barevný rozdíl a jež patří hlavně do skupiny flavonoidů.

Konzumace celého zrna černé pšenice vedla k prevenci kardiovaskulárních chorob, zánětů, rakoviny, cukrovky, obezity, stárnutí a ochraně tlustého střeva. Klinické studie odhalily, že dietou z černé pšenice bylo zabráněno projevu tumor nekrotizujícímu faktoru v důsledku a indukcí interleukinu-6, který je významnou průvodní látkou syndromu uvolnění velkého množství cytokinů jako

následku infekčních stavů. Černá pšenice je bohatá na živiny a biologicky aktivní sloučeniny a nabízí velký potenciál pro vývoj zdravých funkčních potravin. V současnosti existuje možnost kumulace tří rozdílných genů pro modré zbarvení zrna, několika genů pro purpurové zbarvení zrna a několika genů pro fytoen syntázu do jednoho genotypu pomocí tak zvaného pyramidování genů (gene pyramiding), což by vedlo k dalšímu zvyšování obsahu barevných látek v zrně.

Zpracování barevného zrna

Rozložení antokyanů v zrně pšenice
Na rozdíl od ovoce a zeleniny, kde převažují dužnatá pletiva s velkým množstvím vody, lze zrna pšenice snadno dlouhodobě uchovávat v suchém stavu. Navíc dobře zvládnutá technologie pěstování pšenice na velkých plochách by umožňovala získávat velká množství suroviny se zvýšeným obsahem barevných látek pro její průmyslové potravinářské zpracování. Antokyanů nejsou v zrně zastoupeny rovnoměrně, nejvíce se jich vyskytuje v povrchových vrstvách zrna (perikarpu a aleuronu). Z tohoto důvodu je pro potravinářskou výrobu doporučováno využití celého zrna. Při výrobě standardní bílé mouky jsou obalové vrstvy obsahující žádanou barviva součástí odrůd, které jsou vedlejším produktem. V bílé mouce je proto poměrně malé zastoupení antokyanů, které dodávají mouce slabý fialový nebo šedomodrý odstín (obr. 2). Během zpracování zrna tedy mohou být povrchové vrstvy bohaté na barevné látky snadno separovány a použity jako koncentrované zdroje přírodních barviv. Bylo by možné jimi nahradit například syntetická barviva běžně používaná v potravinách, lécích a kosmetice. Získané barevné přísady by navíc mohly zlepšovat nutriční hodnotu, vzhled, strukturu a chuť potravinářských výrobků. Na obrázku 2 je pro porovnání zařazena slovenská ozimá odrůda Bona Vita se žlutým endospermem zrna, u které je žluté zbarvení mouky výraznější než barevné odstíny mouk odrůd s antokyanů.

Degradace antokyanů během zpracování zrna

Antokyanů jsou chemicky málo stabilní látky a je pochopitelné, že tepelnými úpravami dochází k jejich degradaci. Proto by mělo být následné zpracování obilného zrna z odrůdy AF Zora co nejšetrnější. Problematiku degradace obsahu antokyanů během zpracování zrna uceleně zpracovala Hemmerová (2021) v doktorské disertační práci. Jako nejšetrnější způsob zpracování se jeví vaření, uspokojivé bylo také pečení, kdy byla pozorována degradace nejvýše 24,5 % antokyanů. Překvapivě u extruze docházelo k jejich úbytku o 42,2 % a nejhorší výsledky byly zaznamenány v případě pufování (expandování), kde maximální ztráta dosáhla 82,9 %. Vyšší retence antokyanů byla pozorována u genotypů s purpurovým zrnem než u genotypů se zrnem modrým. U odrůdy AF Zora, s mnohem vyšším obsahem barevných látek než u pšenice s purpurovým a modrým zrnem, lze předpokládat, že i při výraznější míře degradace během zpracování zůstane v hotovém potravinářském výrobku zachováno nezanedbatelné množství těchto barviv. Jejich konečný obsah bude pochopitelně velmi závislý na zvolené technologii zpracování.

Závěr

Článek přináší nové informace o barevných pšenicích a zřejmě předznamenává nástup intenzivního šlechtění odrůd pšenice s černým zrnem, jako výsledku kumulace genů pro různé barvy (purpurovou, modrou, žlutou). Cílem tohoto úsilí bude další zvyšování zdraví prospěšných látek. Popularizace informací o barevných pšenicích by měla vytvořit vhodné informační pole, které by mělo vzbudit zájem praktické veřejnosti z řad spotřebitelů, zpracovatelů a pěstitelů o tuto problematiku. *

Článek byl uveřejněn za podpory Ministerstva zemědělství při České technologické platformě pro zemědělství.

Použitá literatura je k dispozici u autora článku.

Ing. Petr Martinek, CSc.,
Agrotest fyto, s. r. o., Kroměříž