

Aflatoxiny 60. let poté

Ostrý, V., Kýrová, V.

V loňském roce si odborná veřejnost připomněla 60. výročí objevu aflatoxinů. Toto výročí je úzce spojeno s odbornou a výzkumnou činností NRC pro mikroskopické houby a toxiny v potravinových řetězcích při CZVP SZÚ v Brně.

Objev aflatoxinů byl zahájen na počátku 60. let 20. století poté, co uhynulo v Anglii na záhadnou nemoc “turkey “X” disease” více než 100 000 krůt. Záhadné onemocnění bylo spojeno s použitím brazilské arašidové moučky jako krmiva. Mykologickým vyšetřením bylo zjištěno, že arašidová moučka byla kontaminována plísní *Aspergillus flavus*, která produkovala dosud neznámý toxin. Tento *Aspergillus flavus* **toxin** byl pojmenovaný aflatoxin.

Výzkum aflatoxinů ve všech sledovaných oblastech byl a je velmi rozsáhlý.

V příspěvku se budeme věnovat dvěma tématům související s činností NRC pro mikroskopické houby a toxiny v potravinových řetězcích. Jedná se o:

- *aktuální přehled o stavu producentů aflatoxinů,*
- *přehled významných mezníků ve výzkumu aflatoxinů od jejich objevu až do roku 2020.*

Producenti aflatoxinů

Aflatoxiny jsou dosud produkovány 28 druhy rodu *Aspergillus*. Právě *Aspergillus* subgenus *Circumdati* sekce *Flavi* obsahuje některé z nejdůležitějších producentů aflatoxinů.

Přesná identifikace *Aspergillus* sekce *Flavi* vyžaduje polyfázický přístup, protože jednotlivé druhy *A.* sekce *Flavi* spolu úzce souvisejí a nelze je snadno odlišit pouze podle morfologických charakteristik.

Polyfázický přístup zahrnuje:

- *Morfologický přístup* (mikroskopické struktury, jako je uni- nebo biseriální uspořádání konidií na hlavičce, produkce tmavě zbarvených sklerotí u některých druhů a žlutozelené až hnědé zbarvení konidií,
- *chemický přístup* (údaje o extrolitech – tzn. produkováných aflatoxinech a dalších mykotoxinech),
- *molekulární přístup* (parciální sekvence kalmodulinu, β -tubulinu a ITS /internal transcribed spacer/ regionu).

Aspergillus sekce *Flavi* v současné době obsahuje celkem 34 druhů v osmi „clades“: *Aspergillus alliaceus*–„clade“, *A. avenaceus*–„clade“, *A. bertholletius*–„clade“, *A. coremiiformis*–„clade“, *A. flavus*–„clade“, *A. leporis*–„clade“, *A. nomius*–„clade“ a *A. tamarii*–„clade“. V roce 2020 byly identifikovány tři nové „clades“ *Aspergillus texensis*–„clade“, *A. agricola*–„clade“ a *A. toxicus*–„clade“ se třemi druhy.

V **tabulce** jsou uvedeny aflatoxigenní druhy *Aspergillus* z A. sekce *Flavi*, které se vyskytují v potravinách.

Tabulka Aflatoxigenní druhy *Aspergillus* z A. sekce *Flavi*

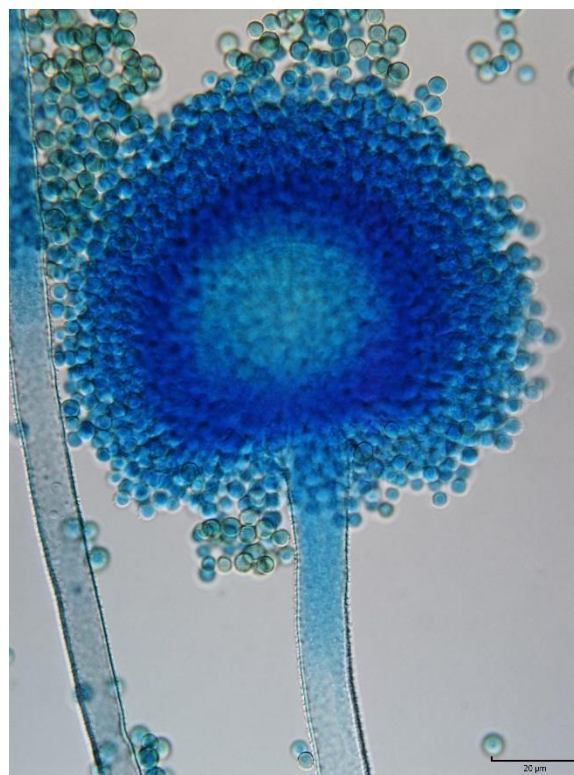
Druh	Produkce aflatoxinů	Rok identifikace	Výskyt
<i>A. aflatoxiformans</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2019	Arašídý, sezam
<i>A. agricola</i> sp. nov.	B ₁ , B ₂	2020	Kukuřice
<i>A. arachidicola</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2008	Karobová mouka
<i>A. austwickii</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2019	Rýže, sezam
<i>A. cerealis</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2019	Rýže, kukuřice, arašídý
<i>A. flavus</i>	B ₁ , B ₂	1962	Arašídý, kukuřice, koření
<i>A. luteovirescens</i> ^a	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2008	Paraořech
<i>A. minisclerotigenes</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2008	Arašídý, kari, čili
<i>A. mottae</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2012	Kukuřice
<i>A. nomius</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	1987	Pšenice, kurkuma
<i>A. novoparasiticus</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2012	– ^b
<i>A. parasiticus</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	1963	Kukuřice, arašídý
<i>A. parvisclerotigenes</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2005	Arašídý
<i>A. pipericola</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2019	Pepř černý
<i>A. pseudocaelatus</i> ,	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2011	Arašídý, paraořech
<i>A. pseudonomius</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	1997	Paraořech
<i>A. pseudotamarii</i>	B ₁ , B ₂	2001	Paraořech
<i>A. sergii</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2012	Mandle
<i>A. texensis</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2018	Kukuřice
<i>A. togoensis</i>	B ₁ , B ₂	2011	Ovoce z <i>Landolphia</i> spp.
<i>A. toxicus</i> sp. nov.	B ₁ , B ₂	2020	Kukuřice
<i>A. transmontanensis</i>	B ₁ , B ₂ G ₁ , G ₂	2012	Mandle

^aDřívější název *Aspergillus bombycis*; ^bSputum leukemického pacienta

Aspergillus flavus (**obr. 1 a 2**), *A. parasiticus* a *A. nomius* z A. sekce *Flavi* patří k nejdůležitějším a nejznámějším druhům produkujícím aflatoxiny (AF) v potravinách. Zatímco *Aspergillus flavus* produkuje AFB₁ a AFB₂, *A. parasiticus* a *A. nomius* mohou produkovat AFB₁, AFB₂, AFG₁ a AFG₂.



Obr. 2. Makroskopický pohled na *Aspergillus flavus* rostoucí na živné půdě “Czapek yeast extract agar” (25 °C, 7 dní)



Obr. 3. Mikroskopický pohled na *Aspergillus flavus* s využitím světelné mikroskopie a barvení s laktofenolovou bavlníkovou modří.

Do *Aspergillus* sekce *Flavi* patří také *A. minisclerotigenes* a *A. parvisclerotigenes*. Oba druhy jsou morfologicky a fyziologicky podobné s *A. flavus*, produkují však více menších sklerocií. Na rozdíl od *Aspergillus flavus* mohou produkovat AFB₁, AFB₂, AFG₁ a AFG₂.

Podobně jako *Aspergillus flavus* další čtyři druhy *A. agricola*, *A. pseudotamarii*, *A. togoensis* a *A. toxicus* produkují pouze AFB₁ a AFB₂. Sedmnáct dalších druhů *Aspergillus* může produkovat AFB₁, AFB₂, AFG₁ a AFG₂ (viz **tabulka**). Je všeobecně známo, že *Aspergillus flavus* není schopen produkovat AFG₁ a AFG₂. V odborné literatuře se však uvádí, že některé korejské kmeny *Aspergillus flavus* jsou schopné produkovat vedle AFB₁ a AFB₂ i AFG₁ a AFG₂.

Aflatoxiny mohou produkovat také některé druhy *Aspergillus* z *Aspergillus* sekce *Nidulantes* nebo *A.* sekce *Ochraceorosei*.

Identifikace *Aspergillus* sekce *Nidulantes* vyžaduje také polyfázický přístup, který opět zahrnuje *morfologický přístup* (mikroskopické struktury jako barva, tvar, velikost a ornamentace askospor, tvar a velikost konidií a vezikul, teplotní růstové křivky), *chemický přístup* (údaje o extrolitech) a *molekulární přístup* (sekvence ITS oblasti, β -tubulinu, kalmodulinu a RNA polymerázy II, druhé největší podjednotkové sekvence). AFB₁ byl produkován čtyřmi druhy z uvedené sekce: *Aspergillus astellatus*, *A. miraensis*, *A. olivicola*, a *A. venezuelensis*.

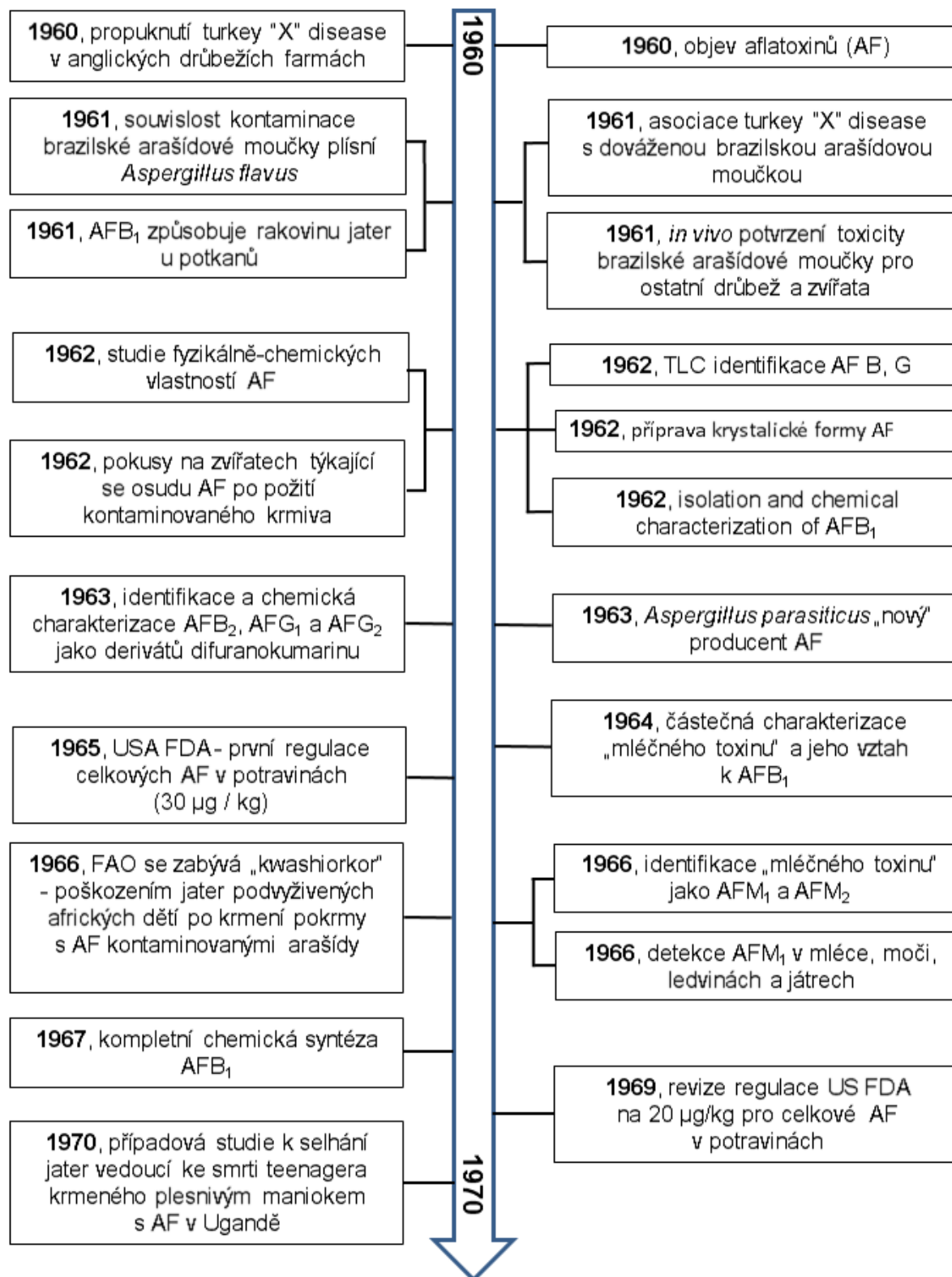
Poslední zástupci aflatoxigenních druhů *Aspergillus ochraceoroseus* a *A. rambellii* patří do *A.* sekce *Ochraceorosei*. *Aspergillus ochraceoroseus* a *A. rambellii* mohou produkovat AFB₁.

S vývojem moderních molekulárně biologických a chromatografických metod budou brzy identifikováni další noví producenti aflatoxinů. Uvidíme, co nový výzkum v této oblasti přinese.

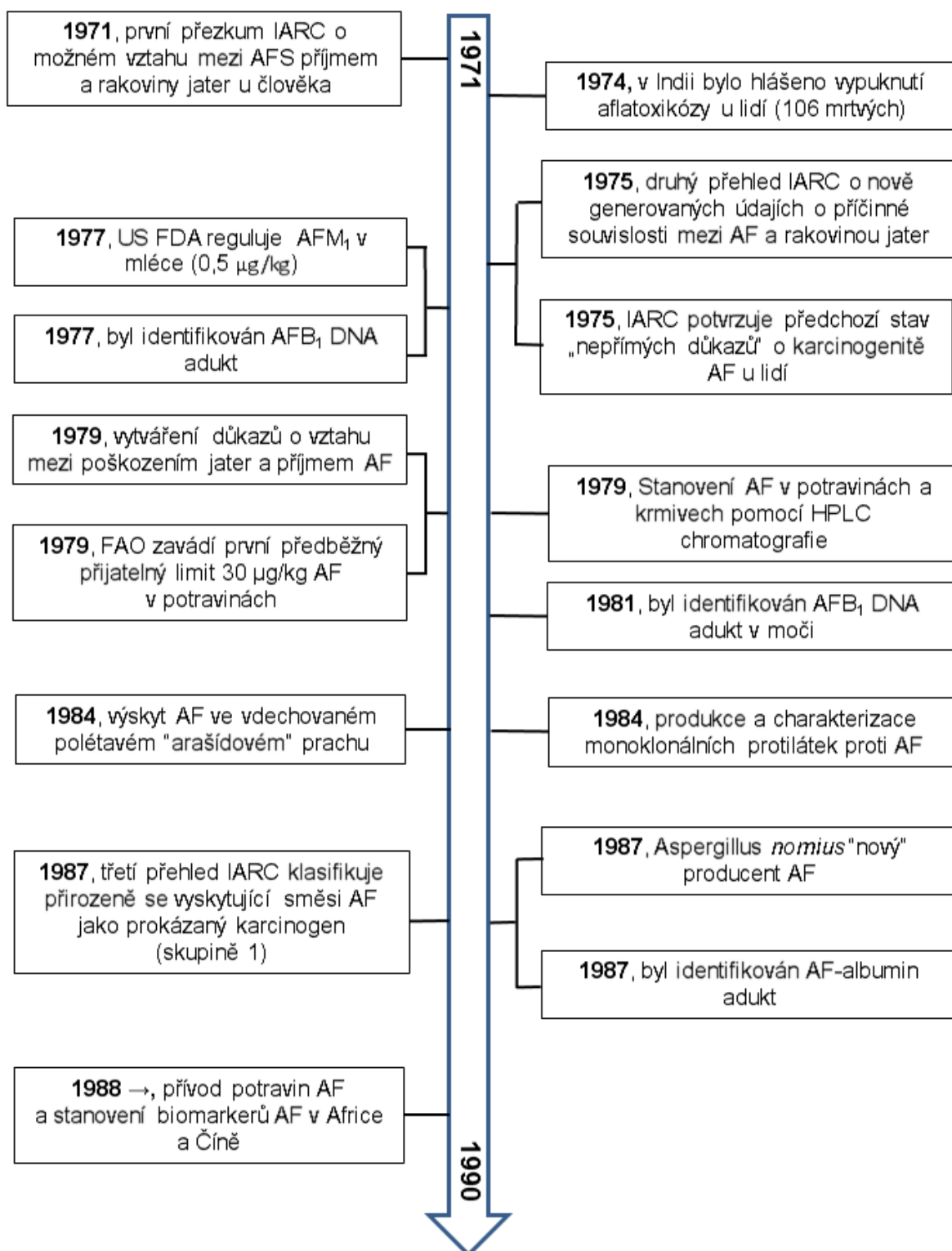
Mezníky ve výzkumu aflatoxinů

Výzkum aflatoxinů ve všech sledovaných oblastech je velmi rozsáhlý. V letech 1960 až leden 2021 bylo ve Web of Science publikováno celkem 19180 článků a 1037 přehledových článků o výzkumu aflatoxinů (WoS, 2021).

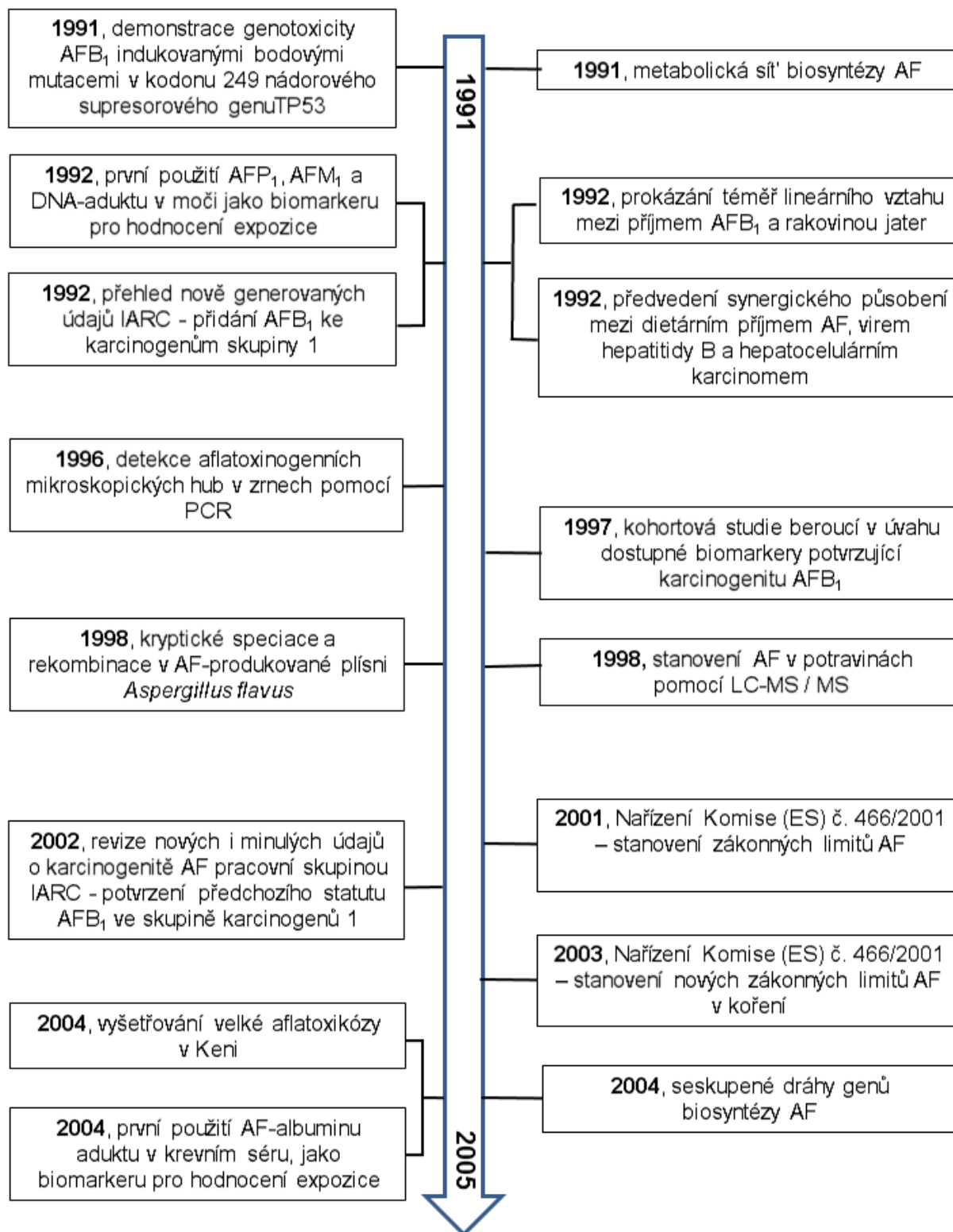
V posledním desetiletí bylo publikováno několik velmi cenných přehledových článků (review) o aflatoxinech (Benkerroum, 2019a, 2019b, 2020; Fouché a kol., 2020; Gnonlonfin a kol., 2013; Kensler a kol., 2011; Kumar a kol., 2017; Richard, 2008; Rushing a Selim, 2019; Smith a kol., 2019; Wild a Gong, 2010). Hodnotné přehledové články sloužily k přípravě hlavních mezníků ve výzkumu aflatoxinů. Starší údaje uvedené v meznících byly nezávisle potvrzeny. Hlavní mezníky tak představují odborný přehled z mnoha oblastí výzkumu aflatoxinů od jejich objevu do roku 2020. Jako forma v prezentaci mezníků byla zvolena info grafika. Hlavní mezníky jsou uvedeny na **obr. 3-6**.



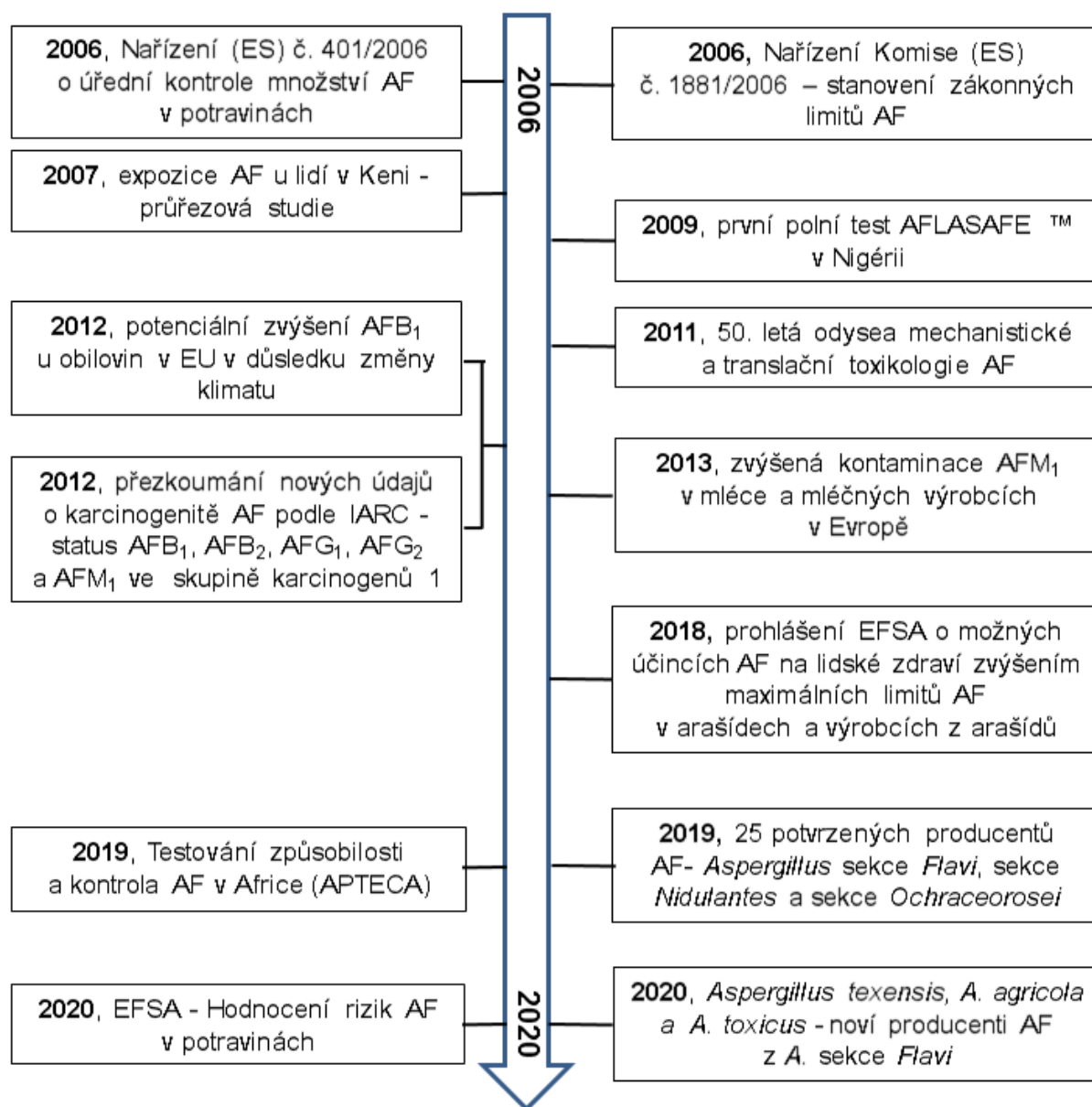
Obr. 3 Mezníky ve výzkumu aflatoxinů v letech 1960 – 1970



Obr. 4 Mezníky ve výzkumu aflatoxinů v letech 1971 – 1990



Obr. 5 Mezníky ve výzkumu aflatoxinů v letech 1991 – 2005



Obr. 6 Mezníky ve výzkumu aflatoxinů v letech 2006 – 2020

Závěr

Navzdory vědeckému pokroku ve znalostech o AF a úsilí vynaloženému na snížení zdravotního rizika pro veřejné zdraví, musí rozvojové země stále tolerovat vysokou úroveň kontaminace potravin a krmiv aflatoxiny tak, aby neohrozily dodávky potravin.

Ve výzkumu aflatoxinů existuje v současnosti celá řada výzev např.:

- zajistit dostupnost údajů o aktuálním výskytu AF v potravinách a dostupnost aktuálních údajů o individuální spotřebě potravin k provedení „Total Diet Study” jako nejefektivnějšího způsobu odhadu dietární expozice AF, co se týká nákladů na její provedení,
- zajistit aktuální toxikologické údaje, které jsou požadovány pro hodnocení závažnosti toxicity AF, odhad dietární expozice a hodnocení zdravotních rizik,
- zajistit podporu výzkumu týkající se rozmanitosti a genetické variability produkce AF u *Aspergillus flavus* a dalších producentů aflatoxinů,
- dále pokračovat ve strategii biologické ochrany při použití neaflatoxigenních kmenů *Aspergillus flavus* při pěstování potravinových plodin ohledem na lepší ochranu veřejného zdraví a zabránění ekonomických ztrát.

Použitá literatura je k dispozici u autorů

Podpořeno MZ ČR - RVO (Státní zdravotní ústav - SZÚ, IČ 75010330)