

Apomixe



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato prezentace je spolufinancována
Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky

Apomixe u kvetoucích rostlin

objev apomixe (Smith, 1841) =
samičí rostliny *Alchornea ilicifolia*
(*Euphorbiaceae*) z Austrálie
tvořily semena v Kew Gardens
v Londýně (bez přítomnosti
samčích rostlin)



1908 Winkler termín apomixis = "substitution of sexual
reproduction by an asexual multiplication process without
nucleus and cell fusion"

současný náhled: apomixis je synonymem termínu
"agamospermie" (Richards, 1997)

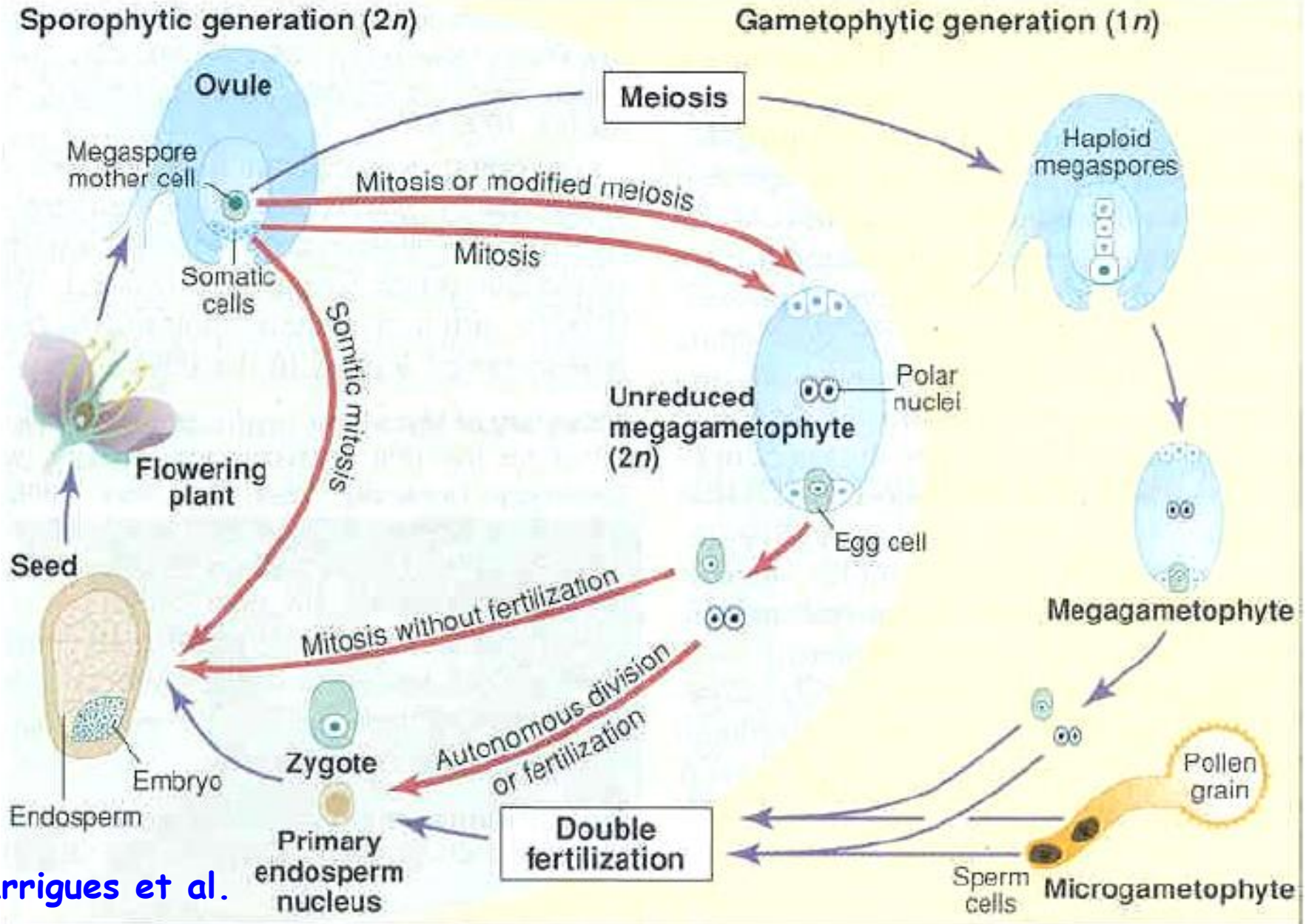
Apomixe (apomixis)

- nepohlavní rozmnožování rostlin semeny
- vyskytuje se přirozeně u stovek druhů (více než 400 a u více než 40 čeledí), časté obzvláště u čeledí *Asteraceae*, *Rosaceae* a u *Poaceae*
- Apomiktická embrya vznikla **pouze z buněk mateřských pletiv vajíčka**, NE splynutím vaječné a spermatické buňky
- apomiktická semena obsahují embrya, která jsou **genetickými kopiemi mateřské rostliny** = velký význam v případě, že mateřská rostlina je hybrid
- **velké využití ve šlechtění** pro produkci hybridních semen - umožňuje enormní snížení času (i nákladů)
- možnost produkovat plodiny adaptované na různé podmínky klimatické i environmentální

Apomiktická embrya

- Nejméně tři vývojové odlišnosti od somatické embryogeneze:
 - AE se vytváří v diferencované struktuře
 - AE se vytváří v nebo poblíž gametofytic. struktur a bez kalusové fáze, která je typická pro somatickou embryogenezi
 - Vývoj AE je téměř neodlišitelný od normálních embrií, což ne vždy platí pro somatická emb.

Srovnání pohlavního rozmnožování a apomixe

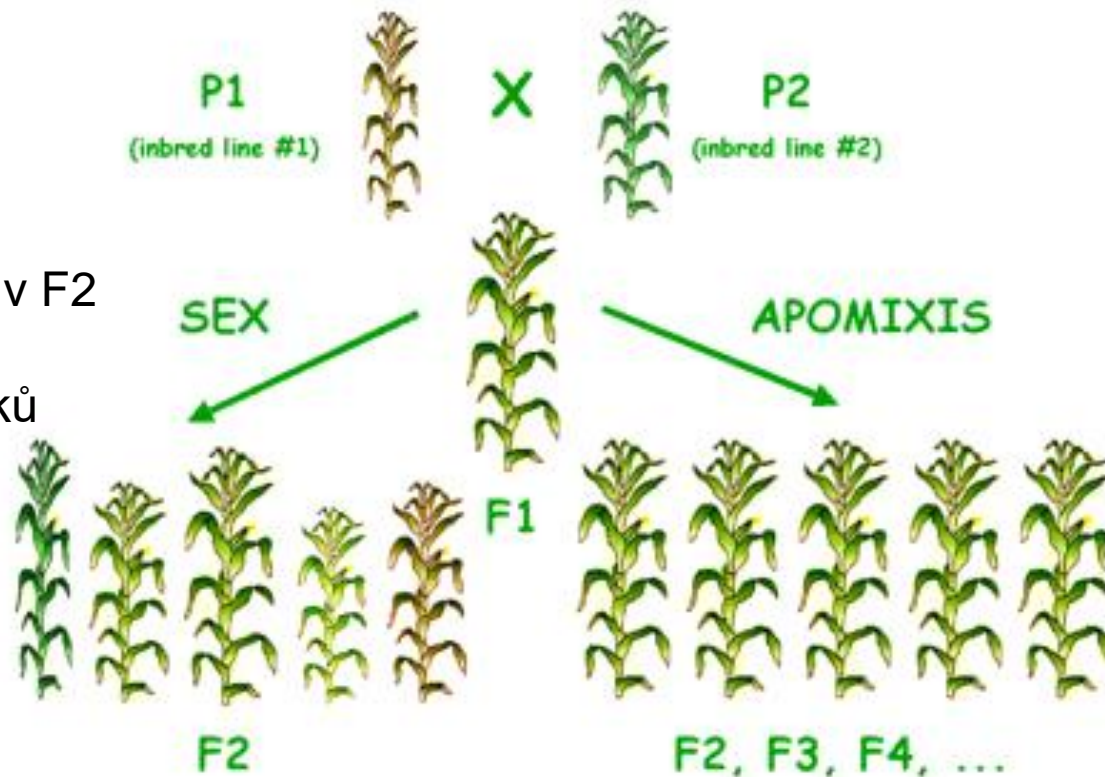


Význam apomixe

- umožňuje tvorbu velkých **geneticky uniformních** populací
- zachovává **hybridní vigor** (vlastnosti získané hybridizací) v následných semenných generacích
- plánuje se její využití v zemědělství:
 - rychlá **tvorba** a **množení** nejlepších odrůd
 - **redukce** nákladů a času při šlechtění
 - překonání problémů spojených s pohlavním rozmnožováním, jako jsou opylovači, kros-kompatibilita
 - **redukce přenosu virů** u vegetativně množených plodin

Význam apomixe pro produkci hybridních semen

při pohlavním
rozmnožování v F2
dochází k
segregaci znaků



při apomixi se
heterozní efekt
zachovává

Mechanismy apomixe

- existence buněk schopných tvořit embryo bez předcházející meiózy (**apomeióza**)
- spontánní tvorba embrya nezávislá na oplození (**partenogeneze**)
- schopnost autonomně produkovat endosperm nebo využít endosperm vyvíjející se po oplození

Původ apomiktického embrya

- **sporofytická dráha** - embryo vzniká přímo z nucelu nebo integumentu vajíčka = **adventivní embryonie**

- **gametofytická dráha** - vytváří se zárodečný vak:

diplosporie - zárodečný vak vzniká

přímo z mateřských buněk megaspor (*Antennaria*,
Cortaderia) (vůbec neproběhne meióza)

nebo po narušení meiózy (*Taraxacum*)

aposporie - zárodečný vak vzniká z buněk nucelu (*Hieracium*)

Diplosporie a aposporie

vývoj z megasporocytu:

- typ *Taraxacum* - v jádře megasporocytu začne probíhat meiotická profáze, ale díky poruchám vznikne tzv. **restituční diploidní jádro**, které se dělí mitoticky (*Chondrilla, Arabis*)
- typ *Ixeris* se liší tím, že neprobíhá cytokineze (*Erigeron, Rudbeckia*)

= meiotická diplosporie

- u typu *Antennaria* je meióza úplně redukována (*Calamagrostis, Poa, Rubus, Eupatorium*)

= mitotická diplosporie

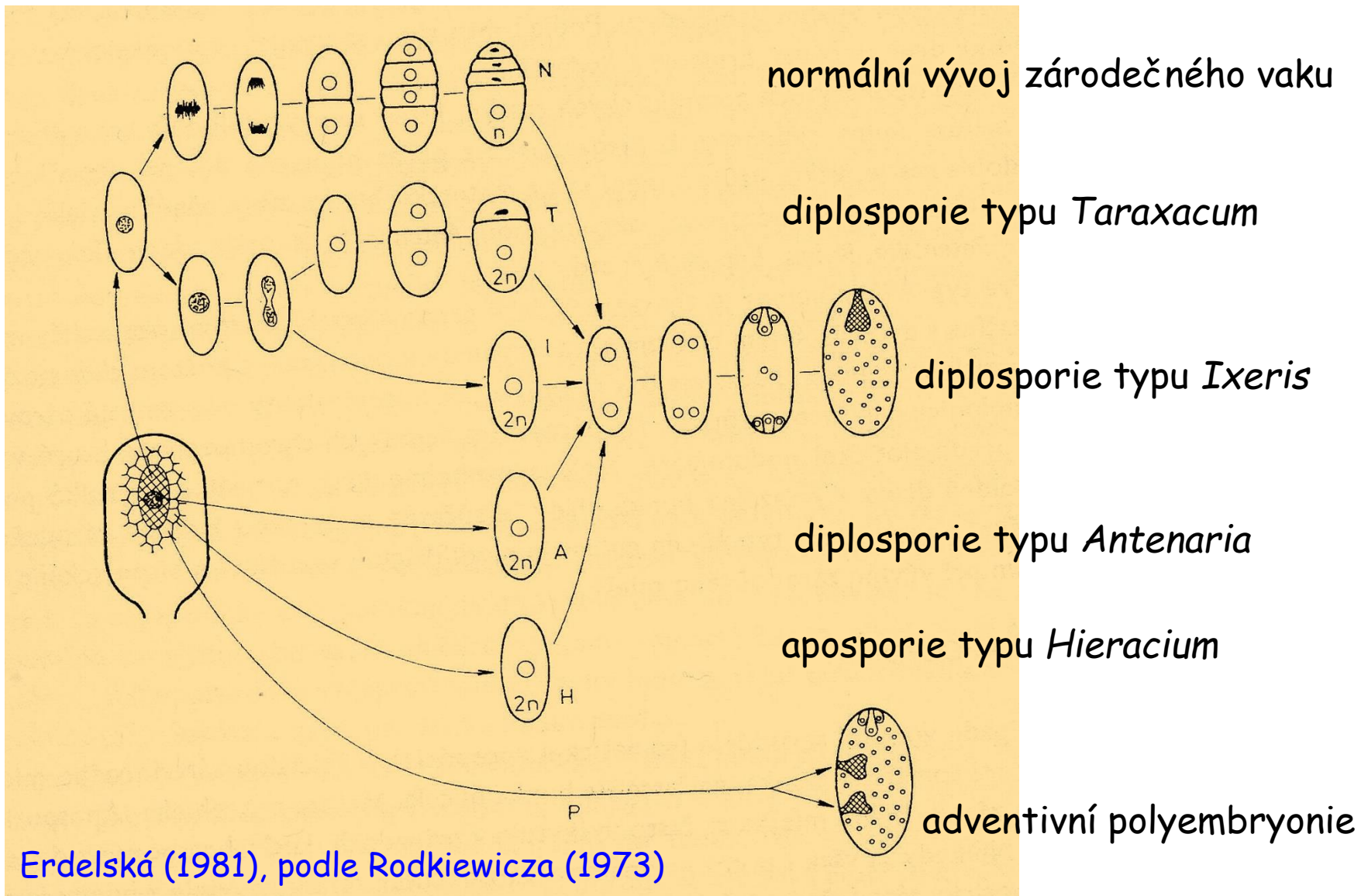
- typ *Hieracium* - vývoj zárodečného vaku z buňky nucelu, meióza neprobíhá (*Artemisia, Hypericum, Alchemilla, Ranunculus, Crepis*)

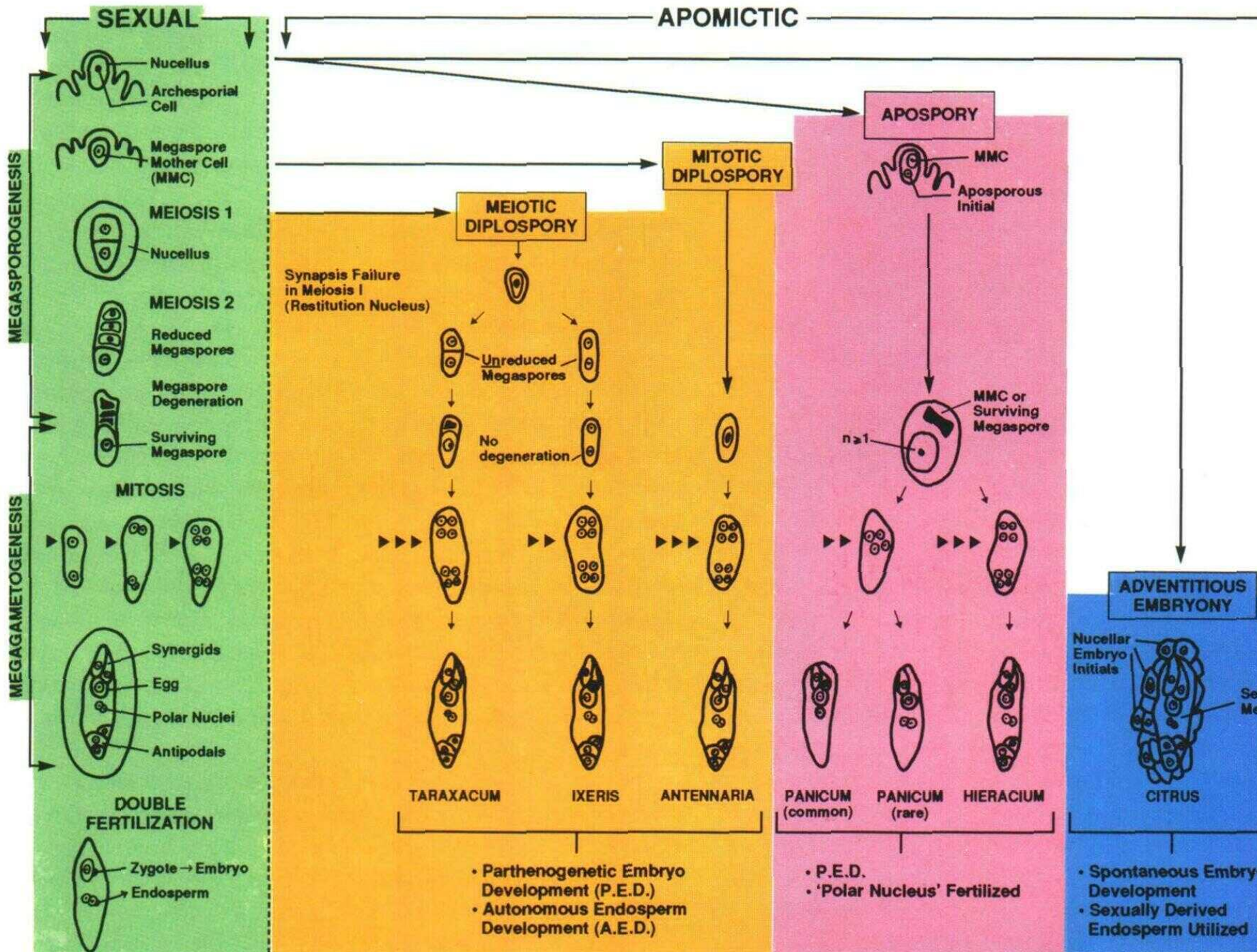
= aposporie

Adventivní embryonie

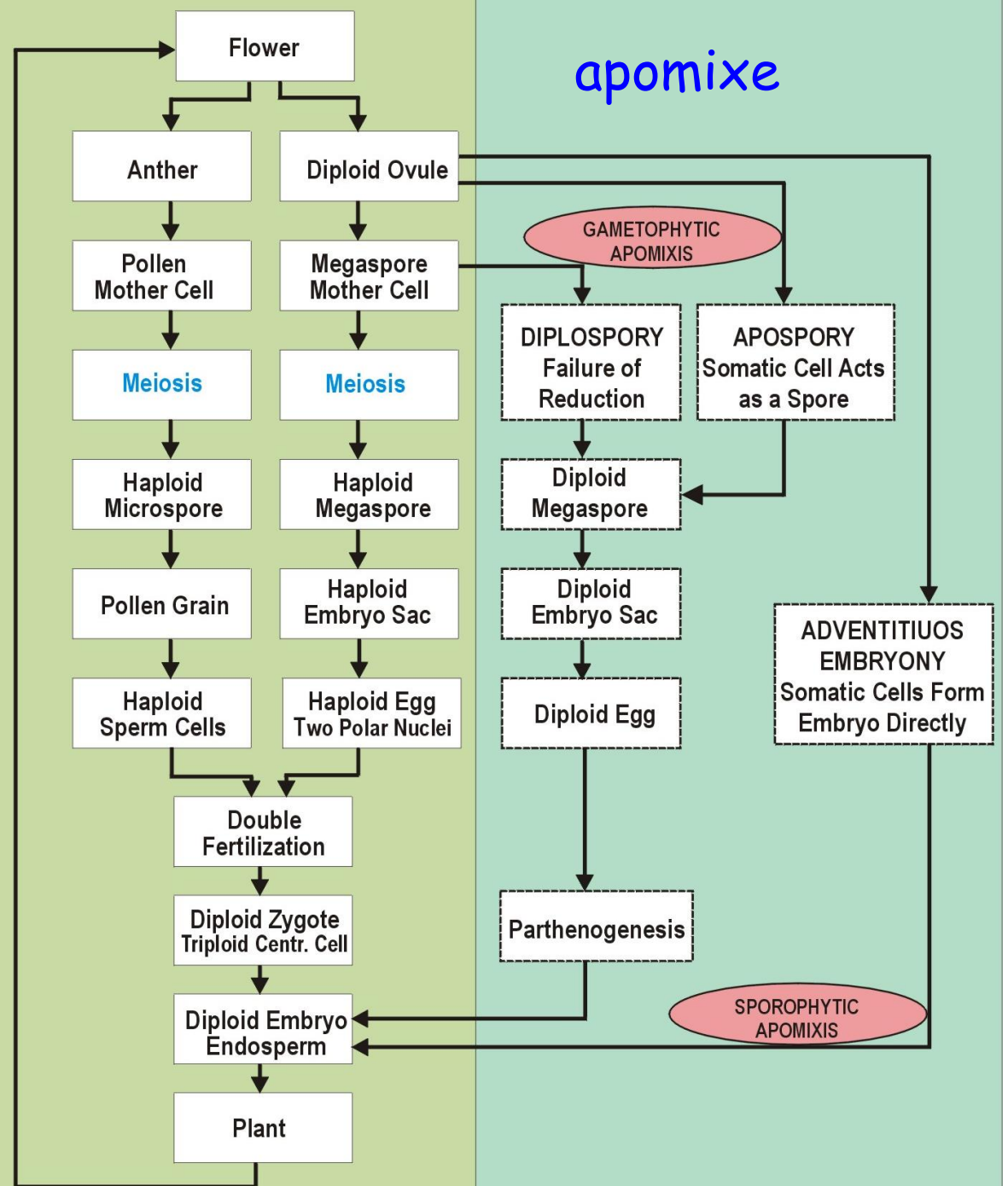
- Embrya vznikají z buněk nucelu nebo vnitřního integumentu (ne ze zárodečného vaku)
- V jednom vajíčku mohou být adventivní embrya i zygotické (vzniklé splynutím gamet)
- Embrya vrůstají do zárodečného vaku
- Mohou vznikat i v neoplozeném vajíčku, ale většinou je jejich vývoj závislý na oplození centrálního jádra ZV pro vznik endospermu (výživa)

Schéma některých typů apomixe



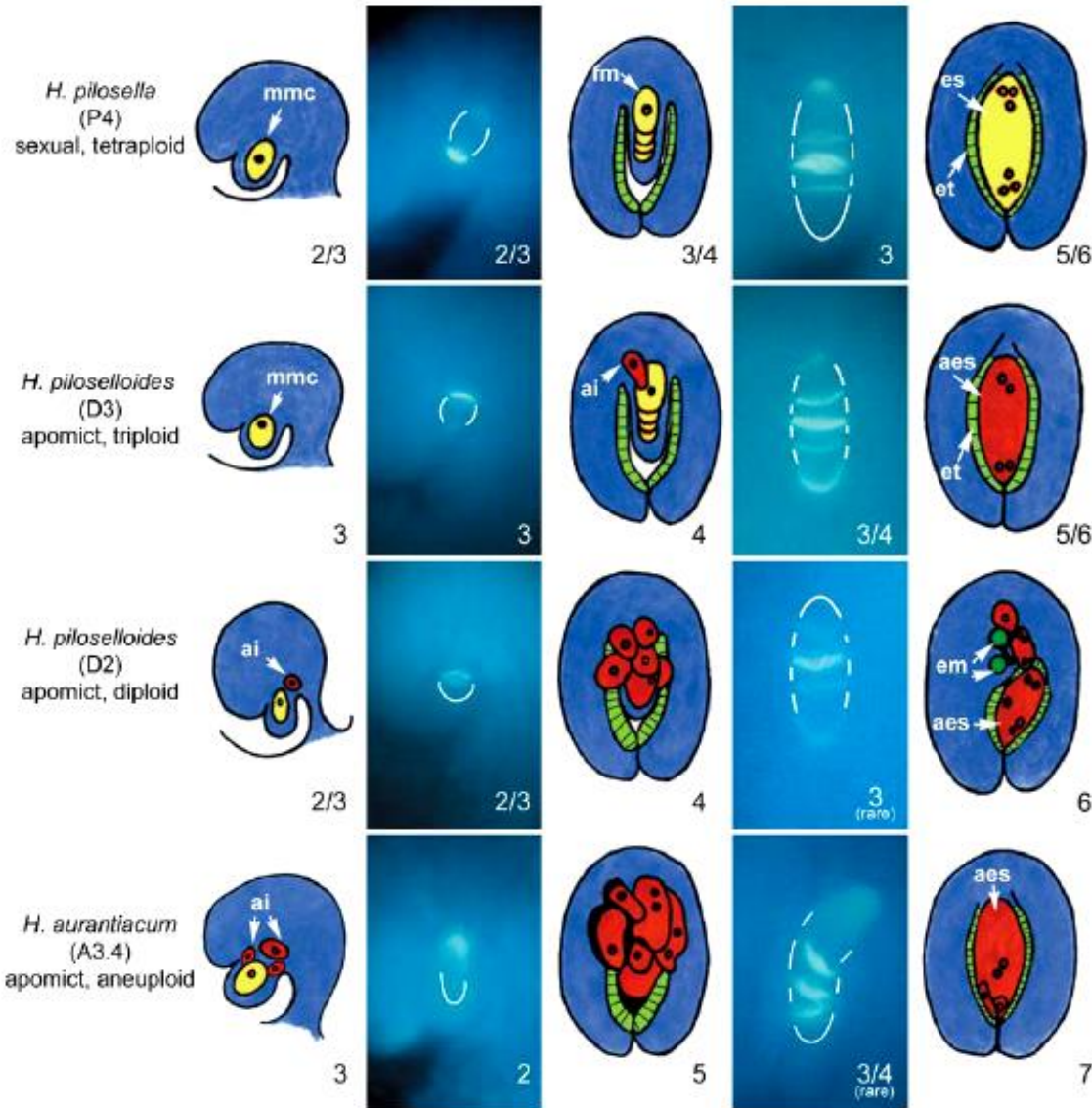


Srovnání pohlavního rozmnožování a apomixe



upr. podle
Koltunov 1995

Aposporie u rodu *Hieracium*



ai iniciála aposporie

aes aposporický
zárodečný vak

kalózové stěny barvené anil. modří

Bicknell a Koltunov 2004

Proč apomixe fixuje určitý genotyp

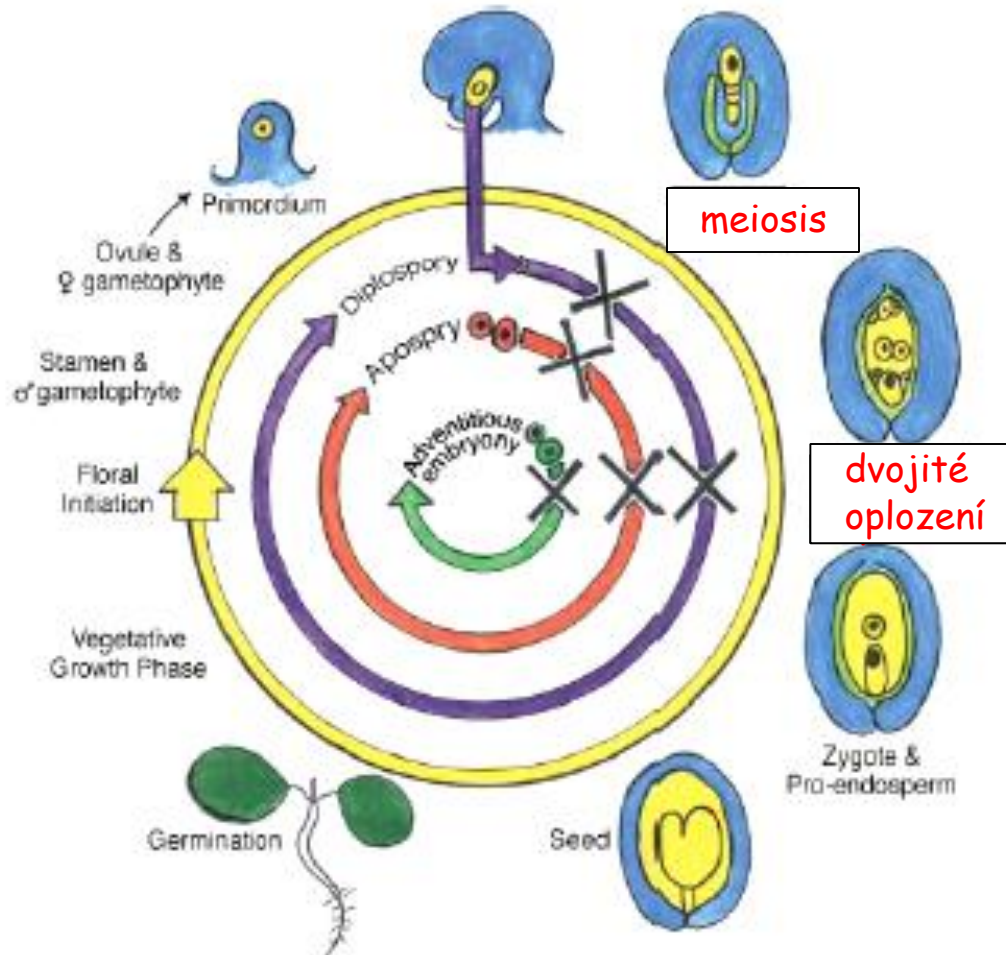
- protože pro tvorbu zárodečného vaku nebo vaječné buňky **není nutná meióza**
- chybí tak možnost rekombinace alel
- samčí gametofyt nepřispívá ke genetické výbavě embrya
- apomixe vylučuje potřebu událostí považovaných za nezbytné pro úspěšnou produkci semen

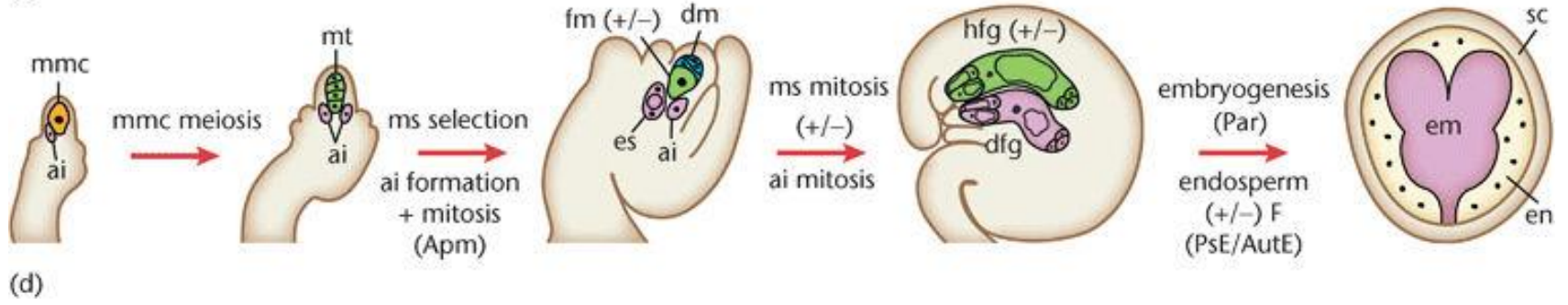
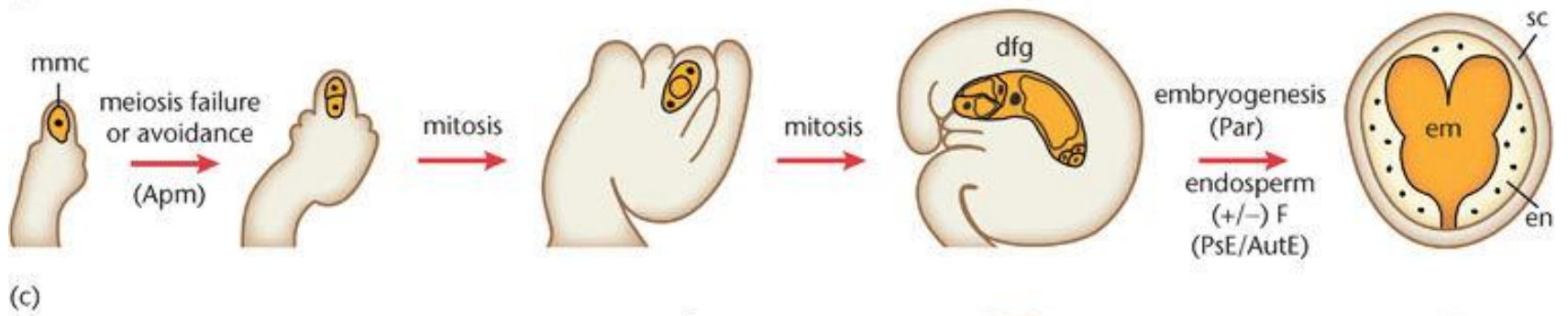
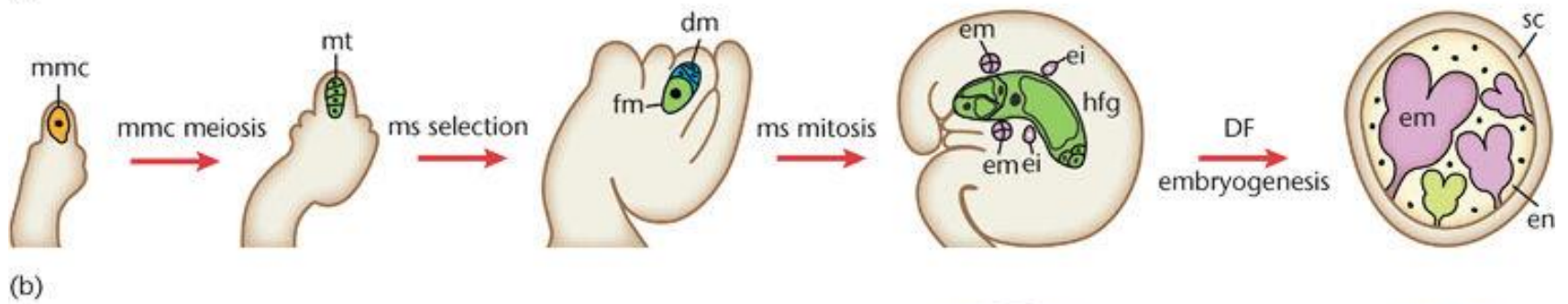
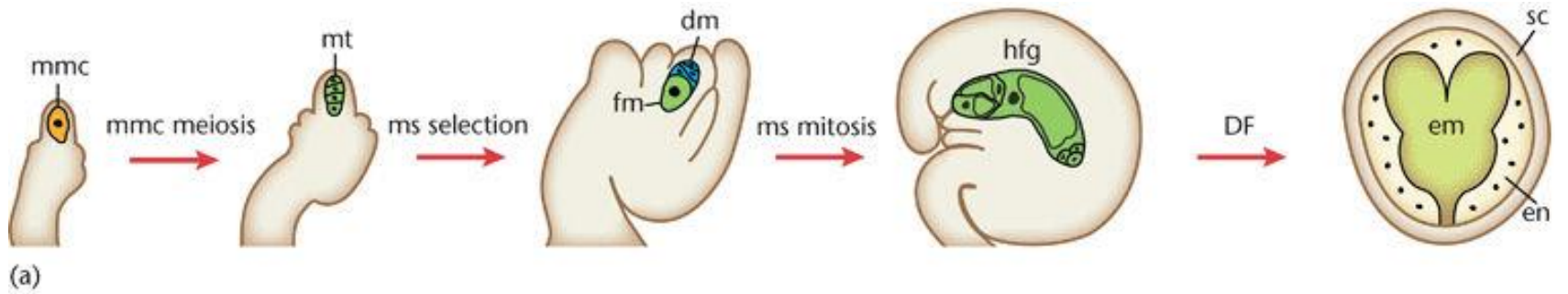
přesto jsou produkována životaschopná semena !

apomixe a sexuální rozmnožování se nemusí vždy vylučovat:

- u **obligátních apomiktů** je pohlavní reprodukce vyloučena, protože všechna semena mají genotyp matky
- u **fakultativních apomiktů** mohou být získána jak zygotická, tak klonální semena - pohlavní a apomiktický způsob rozmnožování tak může koexistovat

Srovnání pohlavního rozmnožování a apomixe





Vliv samčího gametofytu

- Autonomní apomixie – průběh nezávisle na opylení a prorůstání pylové láčky
- Indukovaná apomixie – vliv samčího gametofytu
- Automixie – speciální případ partenogeneze, normální zárodečný vak s redukováným počtem chromozómů, ale před vstupem do embryogeneze se chromozomy vaječné buňky bez oplodnění zdvojnásobí (endomiticky nebo splynutím s jinou haploidní buňkou zárod. vaku)
- Pseudogamie – indukovaná apomixie, nutná účast samčího gametofytu a oplození centrálního jádra kvůli vývoji endospermu (např. adventivní embryonie, aposporie)
- Semigamie – spermatická buňka pronikne do vaječné buňky, ale jádra nesplynou. Jádra se dělí samostatně a výsledkem je chiméra poskládaná z částí samičího a samčího genomu.

Apomixe a komerce

- **US Department of Agriculture (USDA)** - první instituce, která patentovala výsledky z oblasti apomixe
- projekt ve spolupráci s **Institutem cytologie a genetiky** v Novosibirsku na Sibiři - křížení kukuřice s jejími divokými příbuznými (*Tripsacum*)
- 2008 - Leblanc *et al.* - problémy s přenosem apomixe do plodin

Apomixis a komerce

GRAIN 2001

Company	Partner	Relationship
Syngenta	EPEN (European Plant Embryogenesis Network)	Novartis involved in the project " <i>Apomixis in agriculture: a molecular approach</i> "
Syngenta	ECAA (European Concerted Action on Apomixis)	Syngenta to participate in the creation of European Apomixis network
Limagrain	ECAA	Limagrain has followed up Biogema's work in the ECAA
Limagrain	Australian National University	Common research to find genes regulating meiosis
Pioneer, Syngenta, Limagrain	IRD/CIMMYT	Non-exclusive use of IRD/CIMMYT patent
Pioneer Hi-Bred	USDA	Pioneer providing money and technology for USDA work on pearl millet
Pioneer Hi-Bred	Agricultural University of Norway	The university uses Pioneer's gene collections in its research

- 1989 - **IRD/CIMMYT** Projekt Apomixis - cílem byl **přenos apomixe do obilovin**, aby malí farmáři rozvojových zemí mohli skladovat hybridní semena
- únor 1997 - francouzská vývojová agentura **IRD** (Institut de Recherche pour le Développement) a **CIMMYT** (the International Maize and Wheat Improvement Centre v Mexiku) - patentovali použití metod pro identifikaci genů podílejících se na apomixi u *Tripsacum*