

# PROBLEME AVANSATE DE GENETICA ȘI BIOTEHNOLOGIA PLANTELOR

## CURS 5

### GENETICA GAMETOGENEZEI LA PLANTE

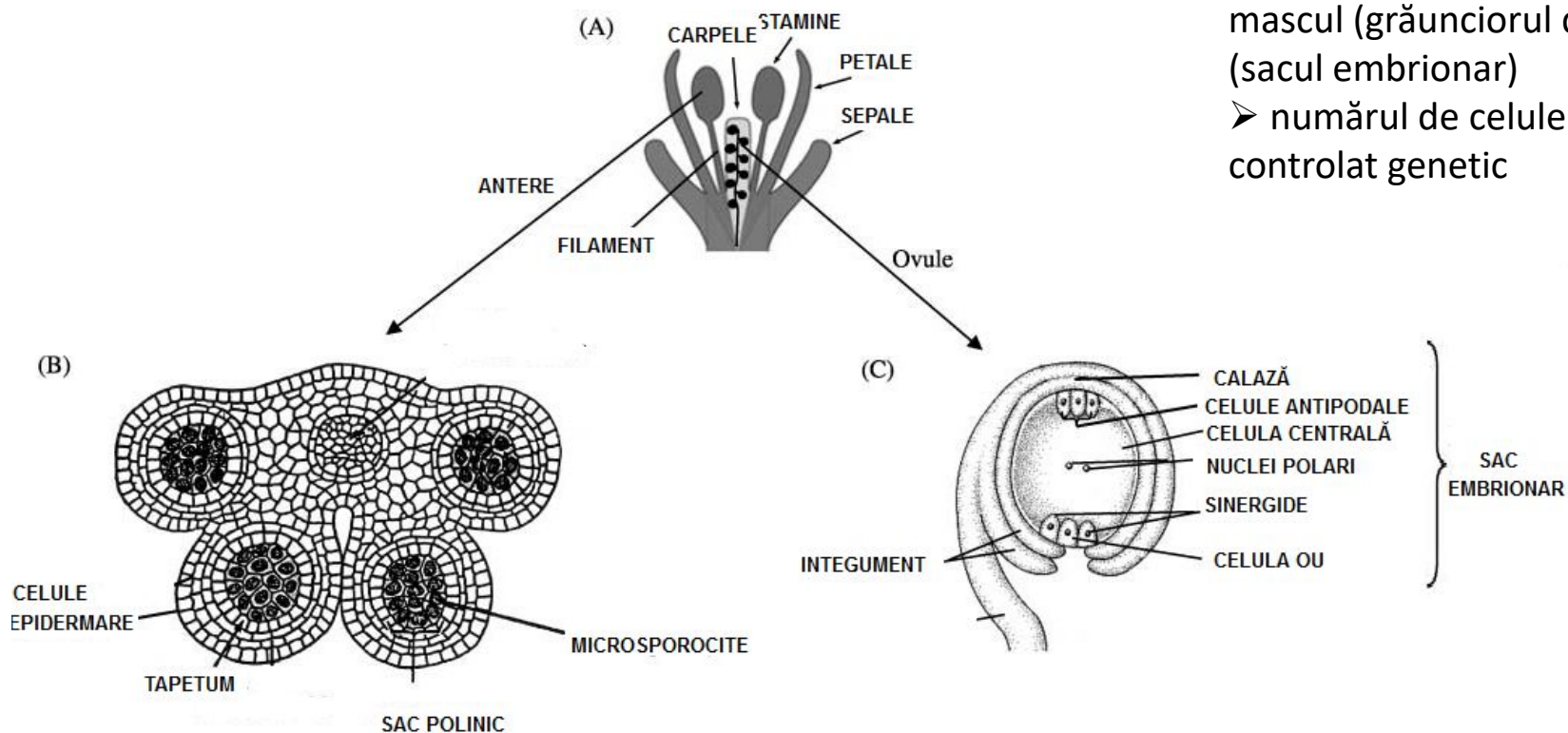
# GAMETOGENEZA LA PLANTE

- inițierea gametogenezei este asemănătoare pentru gameții feminin și masculin, dar soarta ulterioară a produșilor meiotici este diferită:

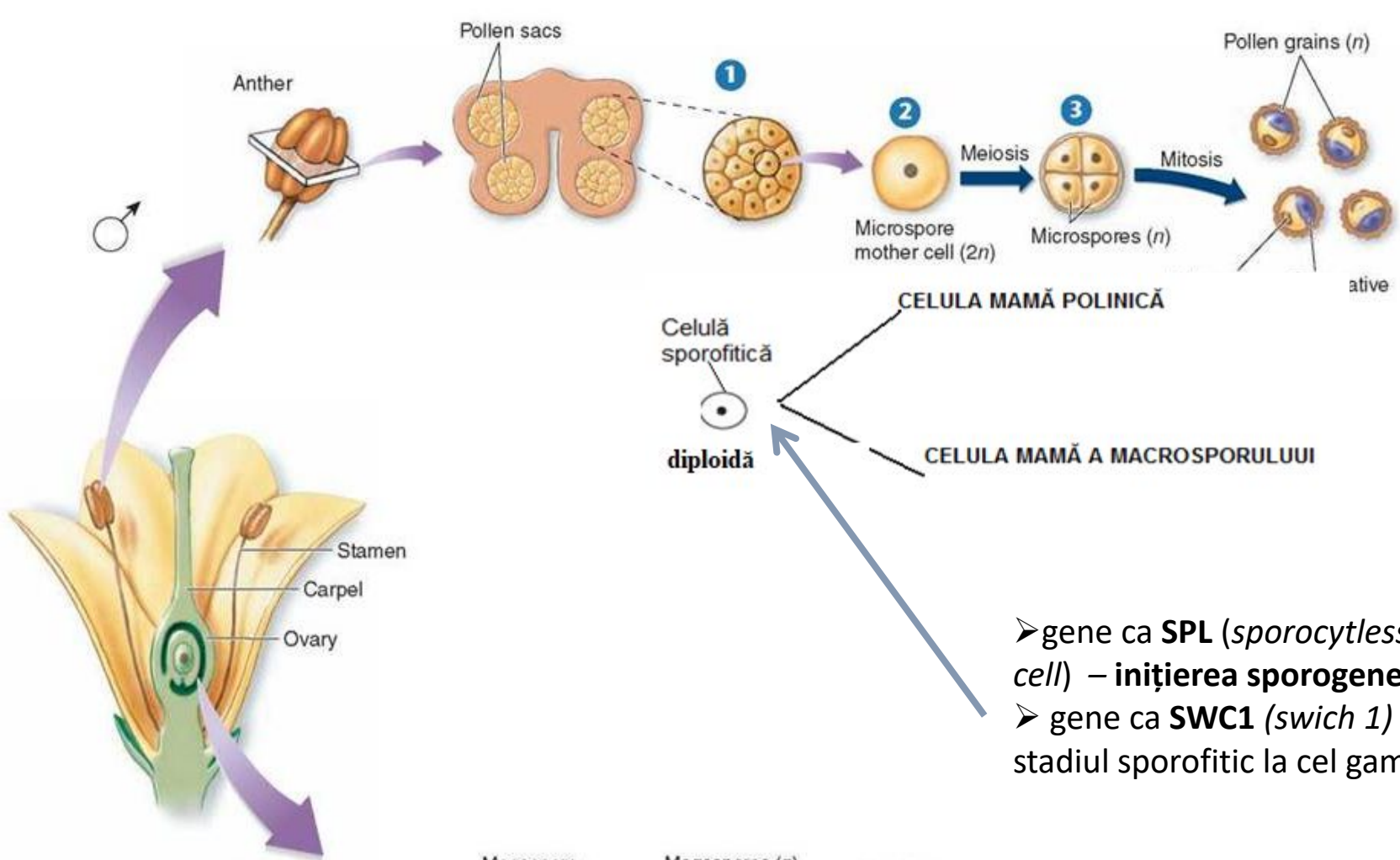
- în organele producătoare de gameți masculi toți cei 4 produși ai meiozei (microsporii) se vor dezvolta pentru a produce un grăuncior de polen

- în organele producătoare de gameți femeli, doar unul din cei patru produși meiotici va continua să se dezvolte, restul de 3 vor degenera

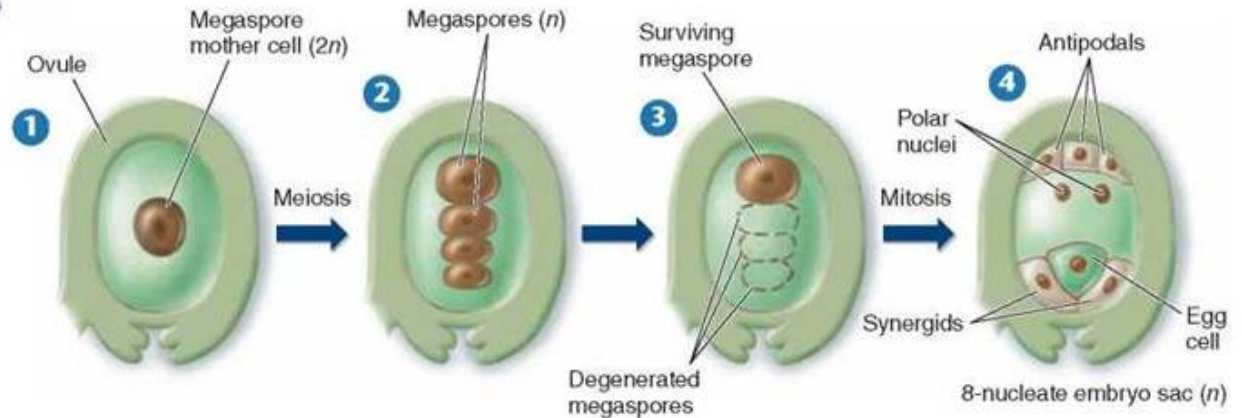
- are loc în organe specializate: în anteră – formarea gametului mascul (grăunciorul de polen) și în ovar – formarea gametului femel (sacul embrionar)
- numărul de celule care se vor divide și vor forma gameții e controlat genetic



# GAMETOGENEZA LA PLANTE



- gene ca **SPL** (*sporocytless*) + **NZZ** (*nozzle*)/**MAC** (*multiple arhesporial cell*) – inițierea sporogenezei
- gene ca **SWC1** (*swich 1*) + **DAY D** / **AMEIOTIC 1** – trecerea de la stadiul sporofitic la cel gametofitic



- Sacul polinic se dezvoltă dintr-o "celulă mamă" = celulă arhesporală.
- Celula arhesporală se divide și rezultă două straturi: intern și extern
- Celulele stratului intern formează **celula mamă polinică**

**din fiecare celulă sporofitică (2n) - MITOZĂ – 2 cel. 2n**

- dintr-o celulă = celula inițială a tapetumului - MITOZĂ - tapetun
- din cealaltă celulă = celula mamă polinică = CMP = microsporocit

**celula mamă polinică** (celulă 2n) – la Zea reglarea numărului de celule care încep să se dividă și deci a numărului de *celule mamă ale grăunciorului de polen* este controlată de mai multe gene.

ex. g. EXS – *extra sporogenous cell*

g. EMS 1 – *excess microsporocytes 1*

**!!!! Deoarece grăunciorul de polen este o structură pluricelulară (3 celule) cu celule haploide – GENERAȚIE GAMETOFITICĂ și nu doar gamet (o singură celulă n)**

**MICROGAMETOGENEZA**

1. CMP – MEIOZA I și II

distrugerea stratului de caloză, care ține împreună cei 4 produși meiotici) se realizează sub acțiunea unei enzime (calaza) sintetizată de celulele tapetumului

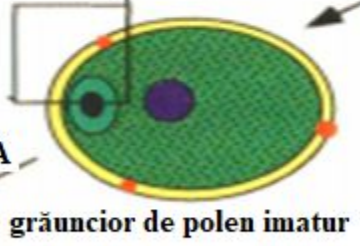
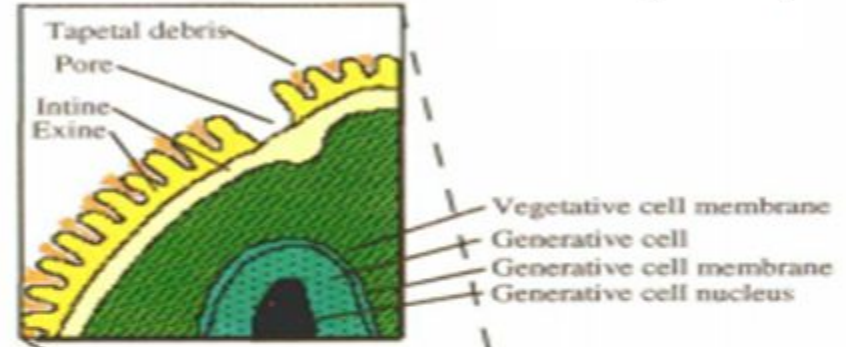
2. 4 celule n învelite într-un înveliș proteic = caloză

3. fiecare microspor suferă prima MITOZĂ (care e asimetrică)

**REZULTĂ 2 celule**

**celula vegetativă** - are un N cu cromatină necondensată, nu se mai divide, stochează nutrienți pentru perioada de creștere asociată cu formarea tubului polinic

**celula generativă** - are un N cu cromatină puternic condensată (se exprimă foarte puține gene, de ex.. Genele pentru histone), se divide prin mitoză → celulele spermatică





celula generativă

a II-a MITOZĂ

**Formarea celor 2 celule** (generativă și vegetativă) – foarte bine controlate genetic:  
ex. mutantele SIDECAR și GEMINI POLEN – prezintă o diviziune prematură, simetrică a microsporului (cele două celule sunt identice ca dimensiune și funcții)  
→ polenul are două celule identice, cu cromatină decondensată, capabile să exprime gene specifice pentru stadiul vegetativ

2 celule spermatice

**Dpdv. genetic** – 60 – 90% din genele care se exprimă în gametofit se exprimă și în sporofit  
**DAR** există și gene care se exprimă exclusiv în anteră (aprox. 350) și codifică pentru:

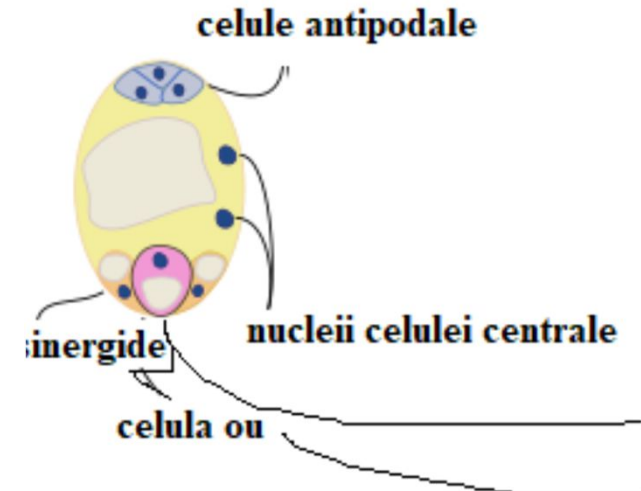
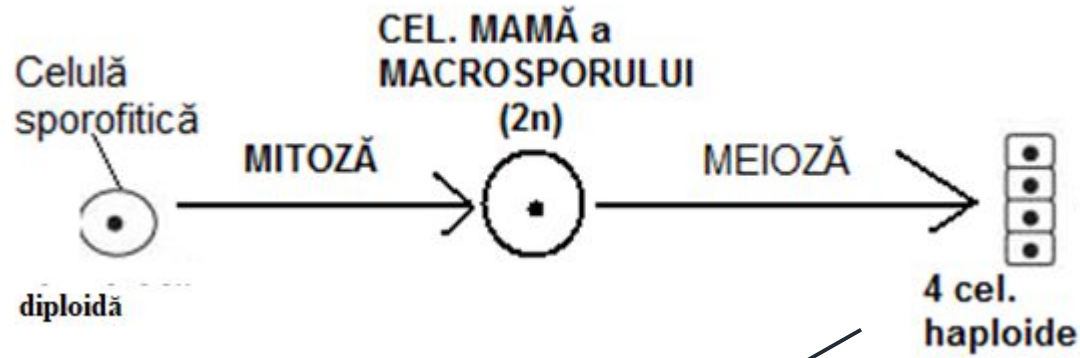
**Proteine specifice polenului:**

- LAT 52, 59 – pectatliaze specifice pentru tomate (alergeni puternici)
- importante în formarea și creșterea tubului polinic prin țesutul femel

**Variante proteice specifice polenului ale unor proteine existente și în alte celule**

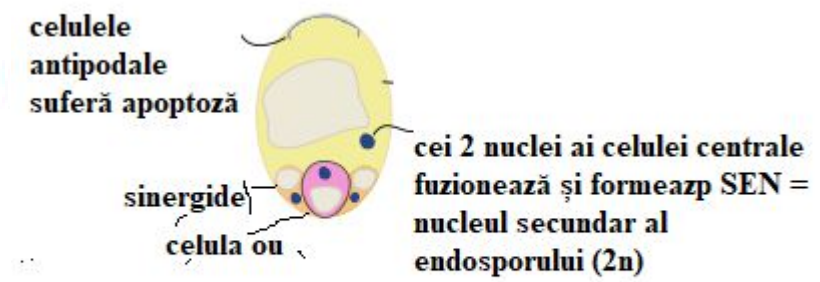
- expansinele – proteine asemănătoare cu tubulina și actina, dar specifice pentru polen (alergenii de la graminee)

# MACROGAMETOGENEZA



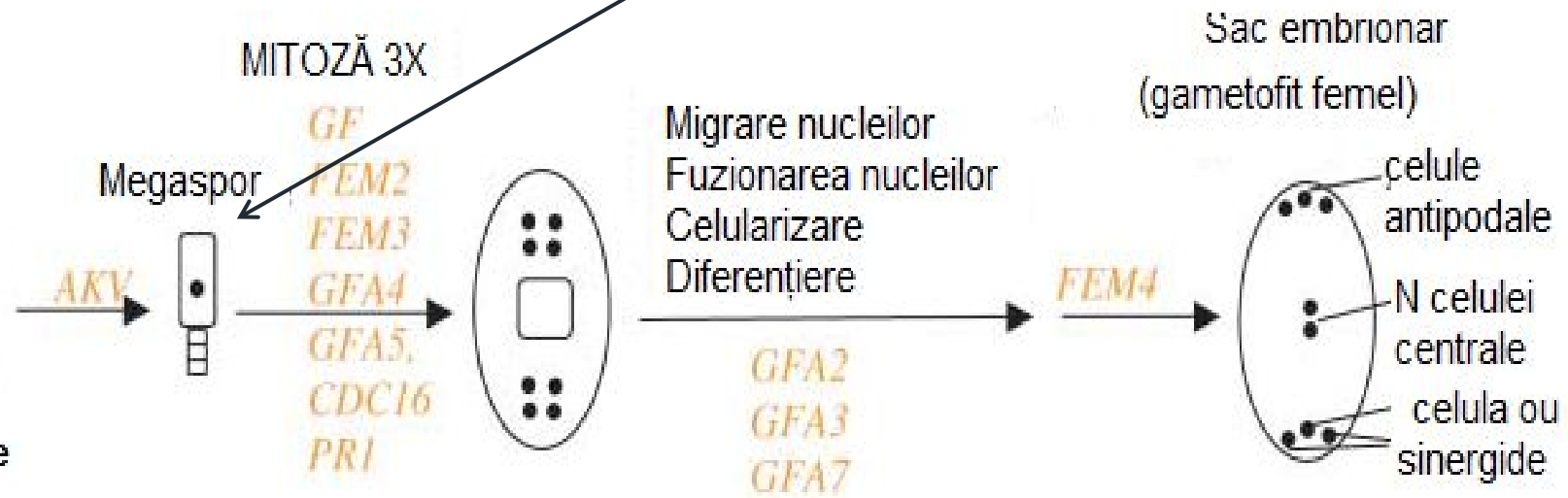
*Zea mays*

## SAC EMBRIONAR



*Arabidopsis thaliana*

## SAC EMBRIONAR



e

**Gametofitul femel = SACUL EMBRIONAR = structură pluricelulară cu celule haploide = GENERAȚIA GAMETOFITICĂ (HAPLOIDĂ)**

# **AUTOINCOMPATIBILITATEA**



**La plantele cu flori hermafrodite**, evitarea autopolenizării se bazează pe mecanisme de autoincompatibilitate genetice/biochimice.

- Autoincompatibilitate sporofitică
- Autoincompatibilitate gametofitică

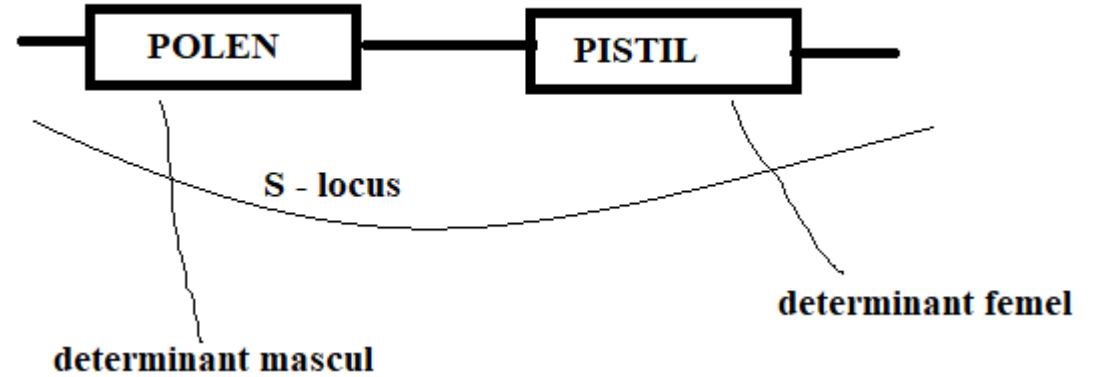
**Autoincompatibilitatea** = situația în care polenul produs de un individ nu se dezvoltă în organele reproducătoare feminine ale aceleiași plante (polenul de la alte plante se dezvoltă).



- Nu formează tubul polinic
- Nu fecundează oosfera
- Nu se dezvoltă embrionul

**Autoincompatibilitatea** = cauza răspândirii și succesului Angiospermelor.

**Autoincompatibilitatea** este, în general, controlată de un complex de gene strans linkate, denumit **S-locus**.



Codifică proteine specifice pistilului și polenului

- genele din pistil sunt mai cunoscute (determinant feminin)
- genele din polen sunt cunoscute la Brassicaceae (determinant masculin).

Numarul de alele specifice locusului S este foarte mare.

Se bazeaza pe interacțiunea dintre proteine, care generează un raspuns de incompatibilitate atunci când determinanții (masculini și feminini) sunt codificați de același haplotip (aceleași alele).

Dacă determinantul feminin interacționează cu un determinant masculin care aparține altui haplotip are loc fertilizarea.

# Autoincompatibilitatea gametofitica (AIG)

Este determinată de **genotipul haploid (n) al polenului**.

Este cel mai răspândit mecanism de AI, fiind observat la mai mult de 60 de familii de Angiosperme. Ex.:  
Solanaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Fabaceae, Campanulaceae, Papaveraceae.

Au fost descrise în detaliu 2 mecanisme:

**a) Mecanismul S RN-azei**

**b) Mecanismul glicoproteinei S**

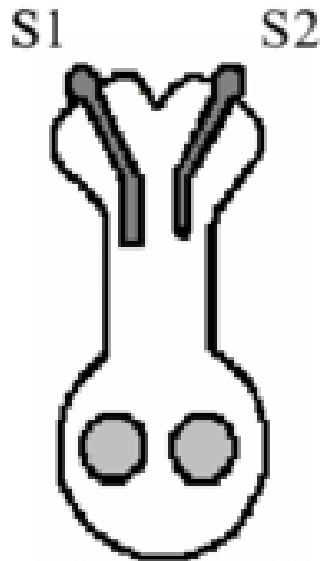
**În auto-incompatibilitatea gametofitică fenotipul S al polenului este determinat de propriul său genotip haploid (de genotipul gametofitului). Acesta este cel mai frecvent tip de AI**

**AI are același mecanism de bază, DAR fiecare tip de mecanism are alte tipuri de proteine care îndeplinesc rolul de determinant masculin/feminin**

- fiecare gamet femel/ mascul va exprima pe suprafata lui un singur tip de determinant, de la o singura alela S – fie de la alela S1 fie de la alela S2

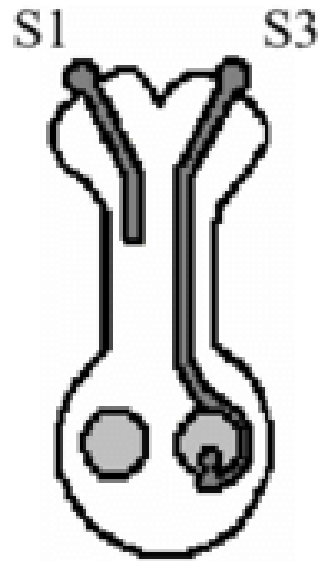
Genotype recipient plant x genotype donor plant

**S1S2 x S1S2**



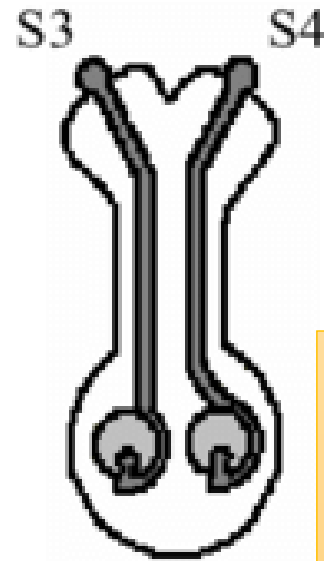
S1S2

**S1S2 x S1S3**



S1S2

**S1S2 x S3S4**

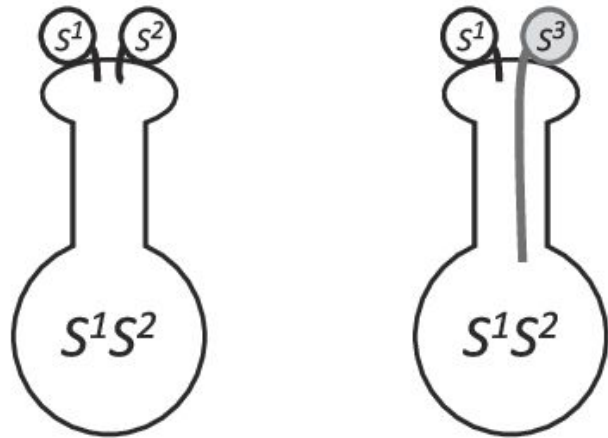


S1S2

- deoarece fenotipul este determinat de genotipul n al gametului – grăunciorul de polen exprimă pe suprafata lui **doar un singur tip de determinant** (S1 SAU S2)

- în cazul gametului femel, exprimarea genelor pentru determinantul femel nu se face pe suprafata celulei ou, care este adânc îngropată în țesutul ovulului, ci se exprimă pe stigmă, astfel încât pe stigmă vor exista și determinantul femel S1 și cel S2

(A) Self-pollination      Cross-pollination



**Controlul genetic al auto-incompatibilității gametofite (AIG). (A)**

polenul este respins atunci când haplotipul său S se potrivește cu

oricare dintre haplotipurile S de pe pistil. Încrucișarea este

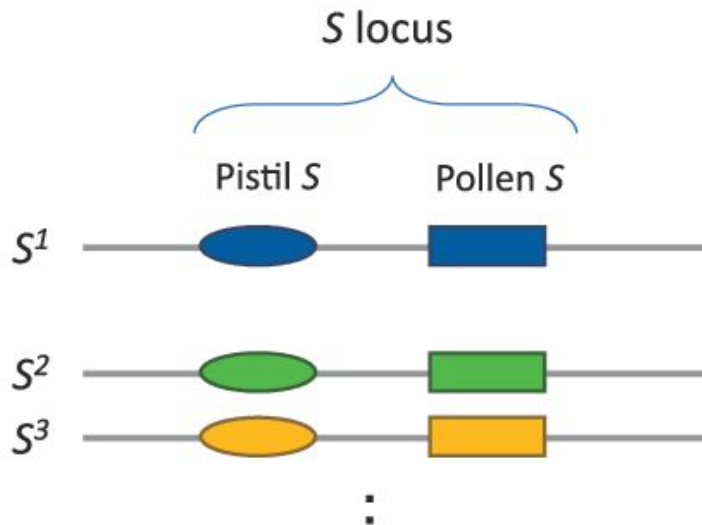
incompatibilă atunci când haplotipurile S ale părinților se potrivesc

perfect ( $S^1S^2 \times S^1S^2$ ), în timp ce încrucișarea este compatibilă când

doar o parte din haplotipurile S sunt comune ambilor părinți ( $S^1S^2 \times$

$S^1S^3$ ).

(B)



(B) AIG este controlat în general de un singur locus S, care conține cel

puțin două gene, una pentru determinantul mascul, specific

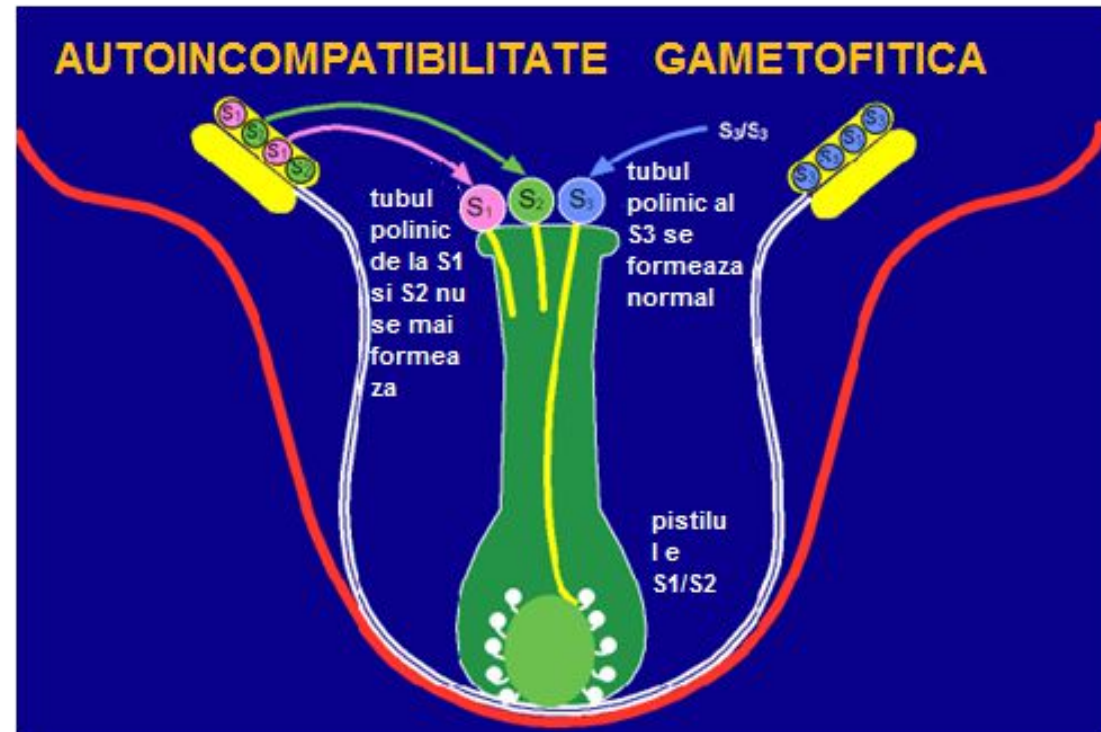
polenului și alta pentru determinantul femel, specific pistilului

### a) Mecanismul S RN-azei:

- Este un mecanism ancestral, vechi de peste 90 milioane ani
- Descoperit la Solanaceae (1989) și ulterior la Rosaceae și Plantaginaceae (dovada că sunt similare: omologie a determinantilor masculini)
- Elongarea tubilor polinici este stopată după ce au parcurs 1/3 din stil
- Determinantul feminin este o ribonuclează, care determină degradarea ARNr din tubul polinic dacă alelele masculine și feminine sunt identice
- Determinantul masculin este o proteina din familia F-box, care funcționează ca o ubiquitin ligază

**Compatibilitate** – ubiquitin ligaza sechestrează moleculele de S-RN-aza și le trimite în proteosomi pentru degradare

**Incompatibilitate** – determinantul masculin blochează degradarea RN-azei care, ajunsă în citoplasmă distruge ARN-ul din tubii polinici



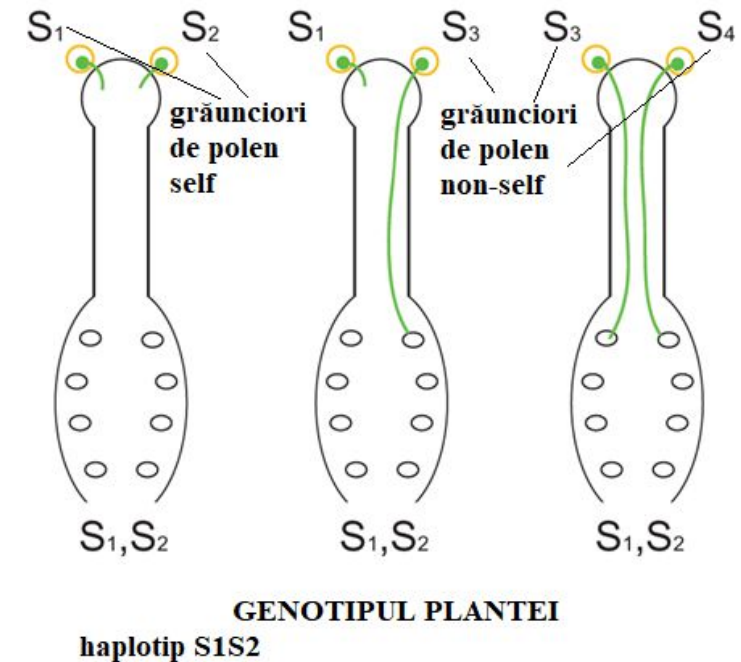


### a) Mecanismul glicoproteinei S:

- Descris la *Papaver rhoeas*
- Elongarea tubilor polinici este inhibata la cateva minute dupa ce a atins stigma
- Determinantul feminin este o molecula mica (15kDa), extracelulara, exprimata pe stigma
- Determinantul masculin nu se cunoaste, probabil un receptor membranar

Interacțiunea dintre determinanți determină un **influx masiv de  $Ca^{2+}$**  in polen, care declanșeaza o cascada de semnale intracelulare ce duc la:

- Inhibarea creșterii
- moartea polenului



## Autoincompatibilitatea sporofitica (AIS)

Este determinata de **genotipul diploid (2n) al anterei**.

A fost identificat la Brassicaceae, Asteraceae, dar a fost descris in detaliu la *Brassica oleracea*.

**Determinantul masculin** este o proteina bogata in reziduuri cisteinice (SCR=S cysteine rich), care se exprima in tapetumul anterei (sporofitic) si in polen (gametofitic)

**Determinantul feminin** este reprezentat de :

- SRK=S receptor kinase (receptor kinazic transmembranar)
- SLG=S locus glicoproteine (glicoproteina din peretele celular)

Interactiunea SCR/SRK declanseaza transmiterea unor semnale care inhiba dezvoltarea polenului.

Genotype donor plant x genotype recipient plant

S1S2 x S1S2

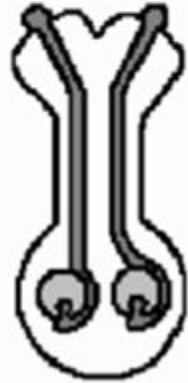
S1S3 x S1S2

S3S4 x S1S2

S1 S2

S1 S3

S3 S4



S1S2

S1S2

S1S2

AIS

în cazul AIS - polenizarea este permisă doar în condițiile în care ambele alele ale locusului S sunt diferite între planta donor și cea acceptor (S1S2 x S3S4) deoarece FIECARE grăuncior de polen va prezenta pe suprafața lui 2 DETERMINANȚI

deoarece în AIS fenotipul gametului mascul și femel, în ceea ce privește tipul de determinant sunt codificate de **GENOTIPUL 2n al SPOROFITULUI**, atât grăunciorul de polen cât și stigma vor prezenta pe suprafața lor 2 proteine, corespunzătoare celor 2 alele

- în cazul AIG genotipurile donor și acceptor pot să difere doar la nivelul unei singure alele (S1S2 x S1S3) deoarece fiecare grăuncior va prezenta pe suprafața lui 1 **singur tip** de determinant (fie S1, fie S3)

Genotype recipient plant x genotype donor plant

S1S2 x S1S2

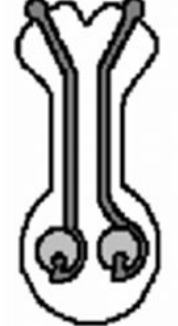
S1S2 x S1S3

S1S2 x S3S4

S1 S2

S1 S3

S3 S4



S1S2

S1S2

AIG

S1S2



**codifică  
pt. o parte  
a receptorului**

**codifică  
pentru  
un ligant  
al aceluiaș  
receptor**

**codifică  
pt. receptor**

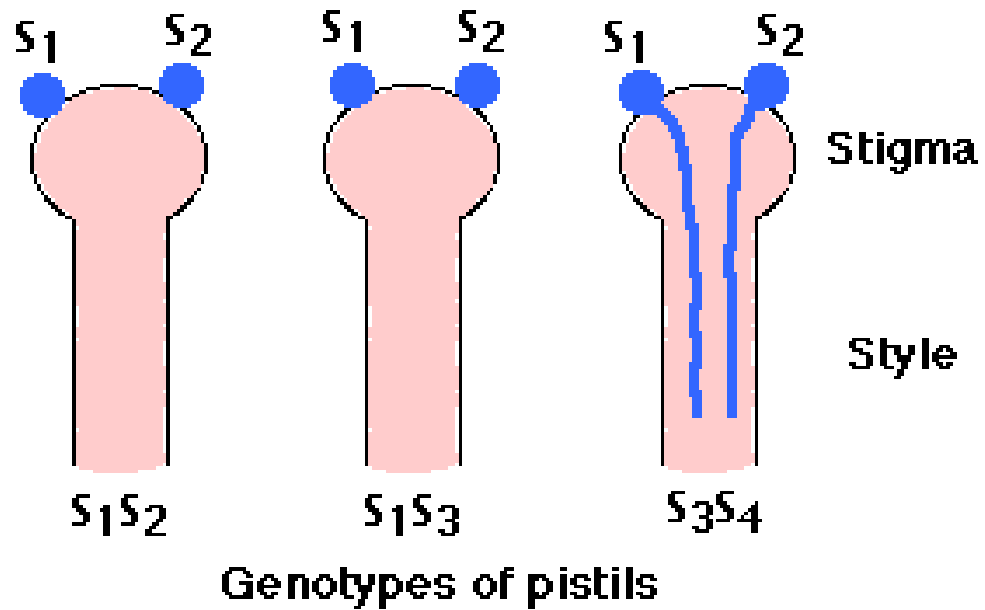
**SLG** = S-locus glicoprotein – codifică pentru o proteină receptor din peretele celular al stigmei

**SRK** = S-locus receptor kinaze – codifică pentru o proteină transmembranară din celula stigmei

**SCR** = S-locus cystein rich protein – codifică pentru un ligant pt receptor

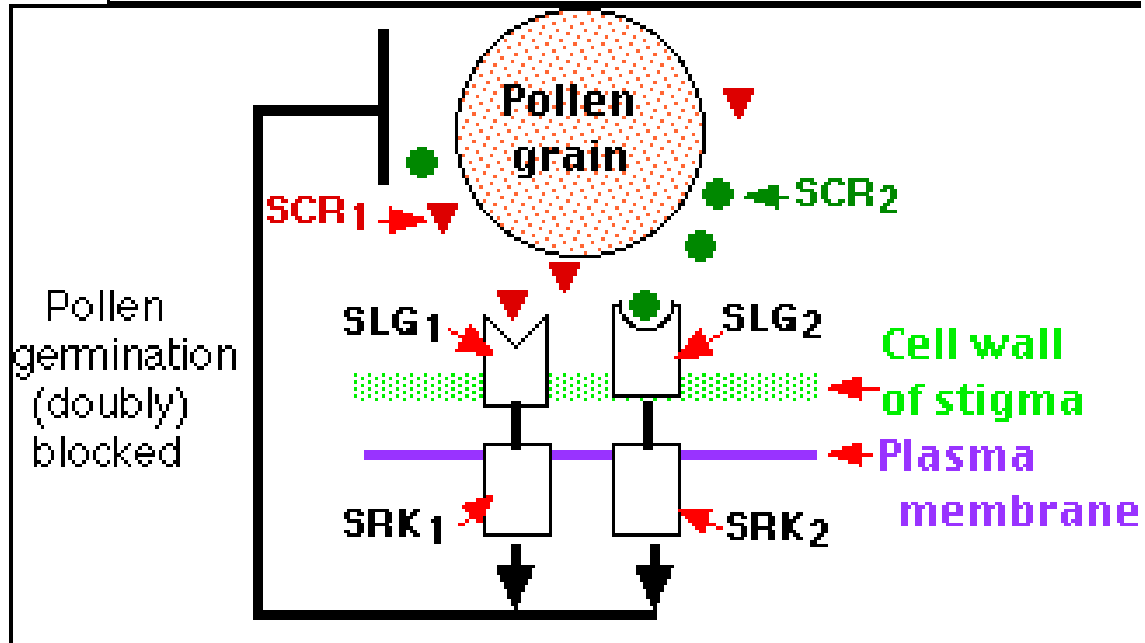
**Structura locusului S în sporofit  
pentru o plantă SIS2**

All pollen grains produced by an S<sub>1</sub>S<sub>2</sub> plant

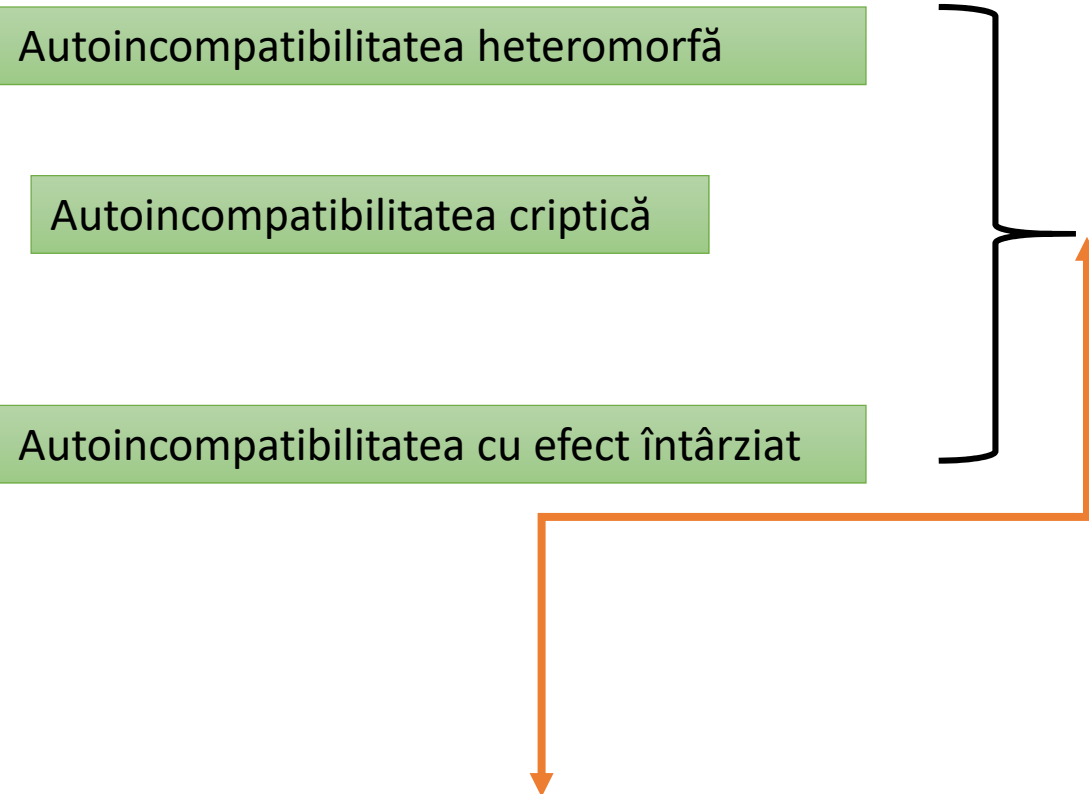


Polenul S<sub>2</sub> nu germineaza pe stigma S<sub>1</sub>S<sub>3</sub>, deoarece stigma produce atât SLG1-SRK1, cât și SLG2-SRK2. Din aceasta cauza și SCR2 al polenului S<sub>2</sub> se va lega de receptorul din stigma și va declanșa seria de evenimente ce duc la eșecul germinării.

Ex.: proteinele se vor lega la ubiquitina și vor fi directionate spre proteosomi, unde vor fi degradate.



În afară de aceste modele ale AI, bazate pe interacții "gene-to-gene" și în care sunt implicate doar două gene – una pentru determinantul mascul și una pentru determinantul femel, mai există și ALTE MECANISME .



TEMĂ: faceți o scurtă prezentare **A ACESTOR TREI TIPURI DE MECANISME** de AI (în format word sau ppt)



## BIBLIOGRAFIE

### Genetica Gametogenezei la plante

[https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141717?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%3Dpubmed](https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141717?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub%3Dpubmed)

<https://is.muni.cz/el/1431/podzim2007/Bi7270/um/1265McCormick.pdf>

### Autoincompatibilitatea

<http://www.biology-pages.info/S/SelfIncompatibility.html>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Self-incompatibility#cite\\_note-35](https://en.wikipedia.org/wiki/Self-incompatibility#cite_note-35)