





Немного интересного

Немного интересного

из эпигенетики растений

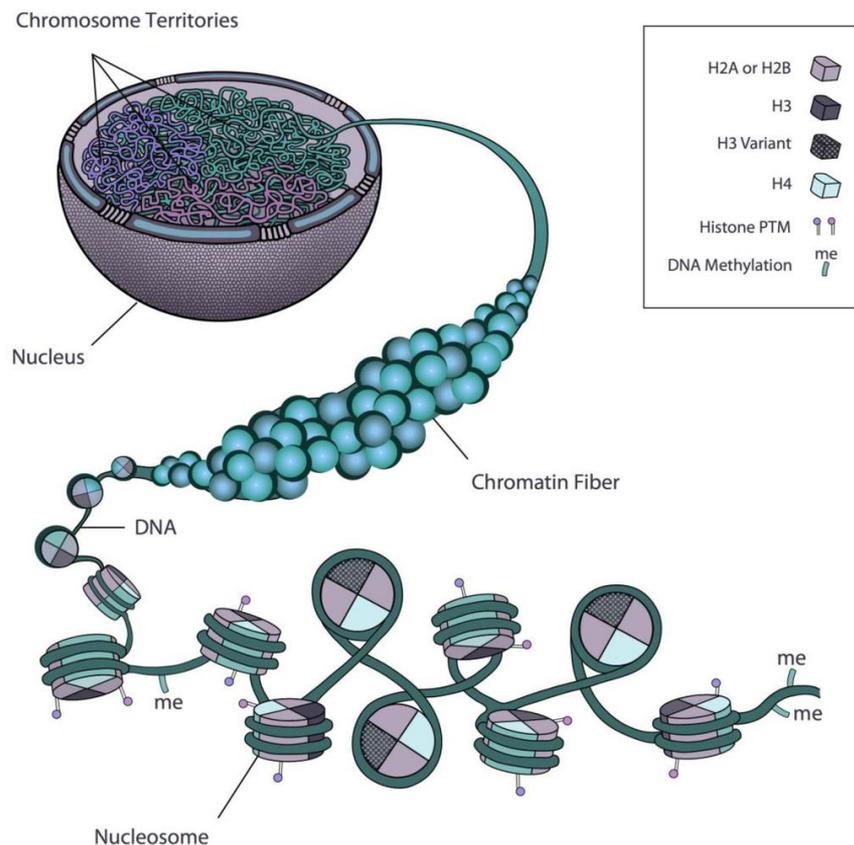
План

1. Введение
2. Роль гистона H3
3. Эпигенетические феномены растений
4. Сайленсинг транспозонов
5. Яровизация
6. Сброс эпигенетической информации
7. Парамутирование

План

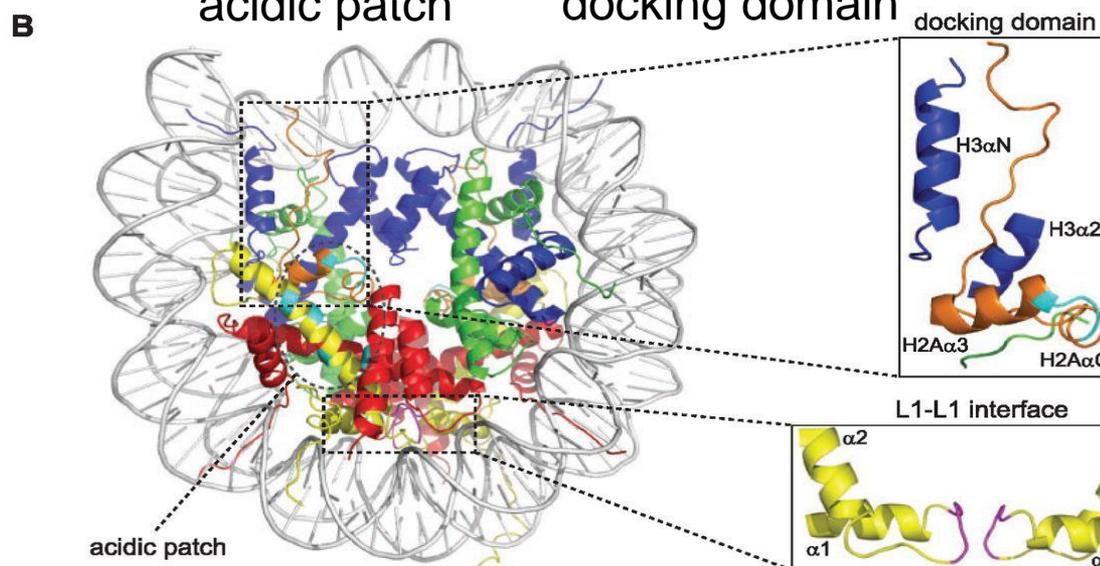
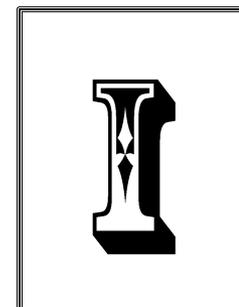
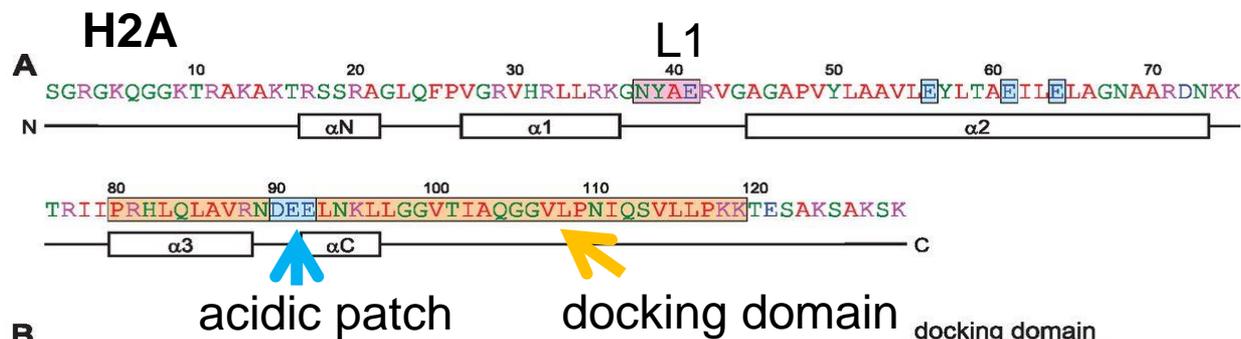
1. Введение
2. Роль гистона H3
3. Эпигенетические феномены растений
4. Сайленсинг транспозонов
5. Яровизация
6. Сброс эпигенетической информации
7. Парамутирование

Иерархия архитектуры ядра



[Rosa S. and Shaw P., 2013](#)

Введение



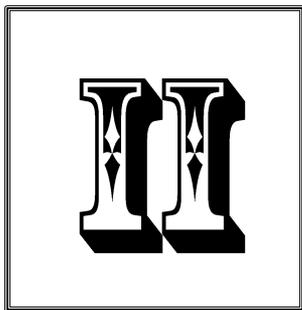
Докинг домен взаимодействует с N-концевым доменом H3 модулирует его связывание с ДНК на входе и выходе из нуклеосомы

Взаимодействие между L1 петлями двух H2A способствует удержанию димеров в составе нуклеосомы

Взаимодействие с N-концевым доменом H4 соседней нуклеосомы, контроль упаковки в компактные структуры

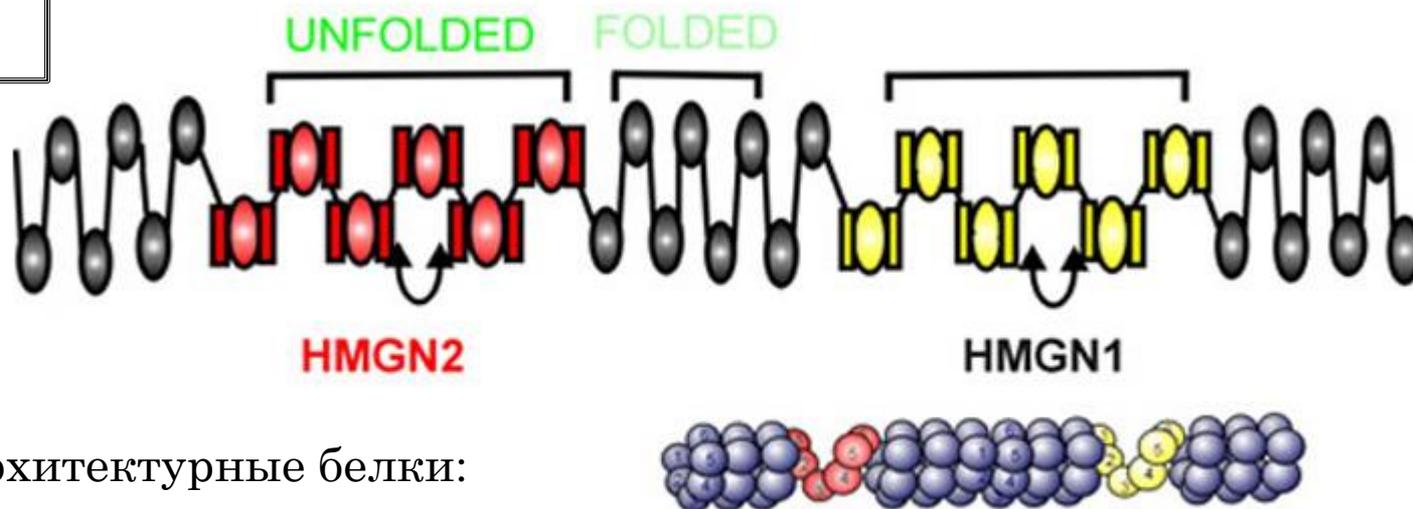
Bönisch C, and Hake S B Nucl. Acids Res. 2012;40:10719-10741

Введение



CLUSTERS OF NUCLEOSOMES CONTAINING HMGN UNFOLD CHROMATIN

Postnikov et al,
JMB 274, 454, 1997

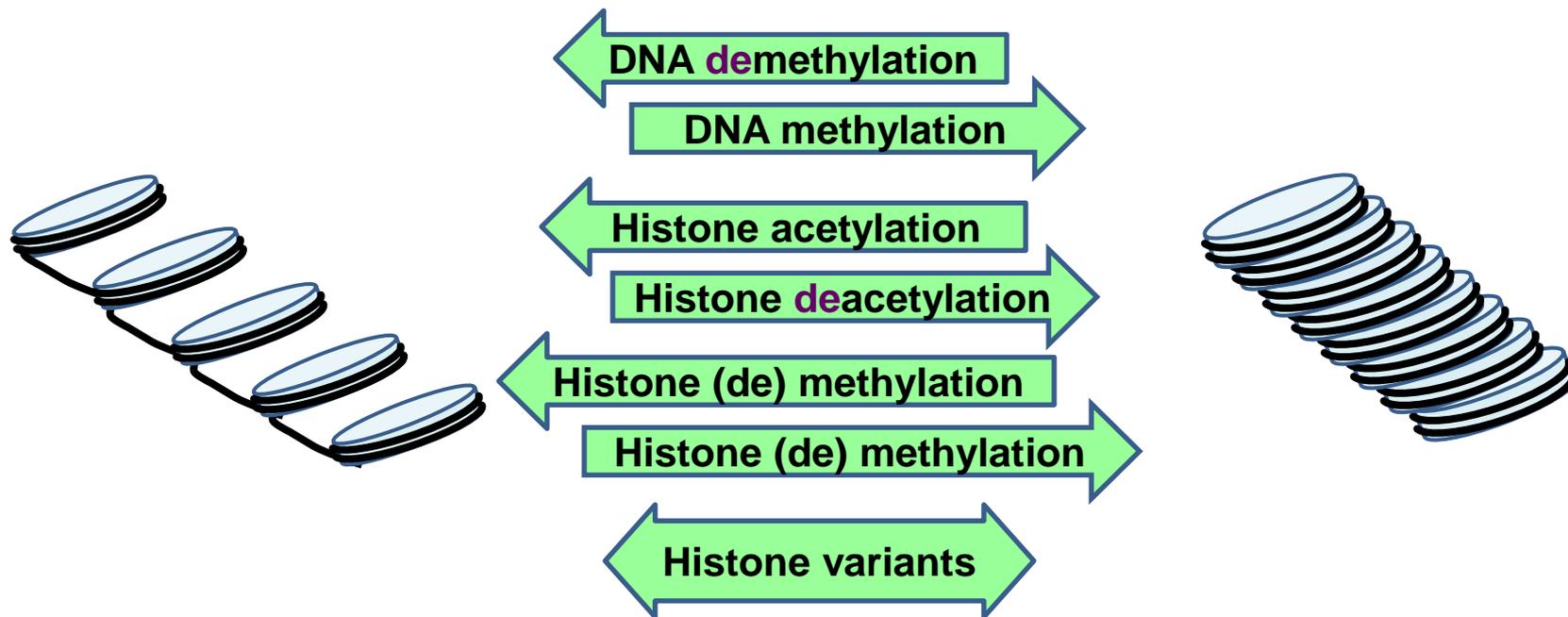


Другие архитектурные белки:

- HP1
- Polycomb
- MeCP2
- Sir

Введение

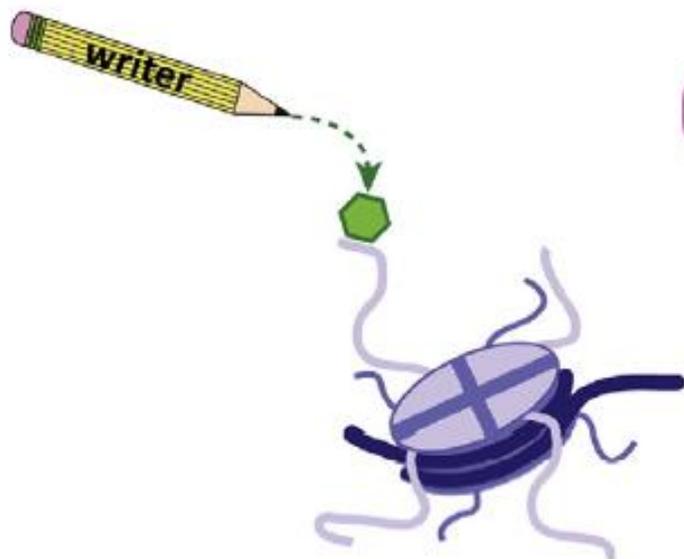
Факторы, влияющие на степень конденсации хроматина



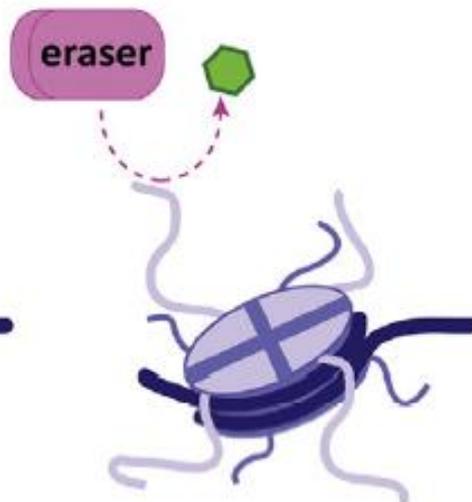
Введение

Гистоновый код

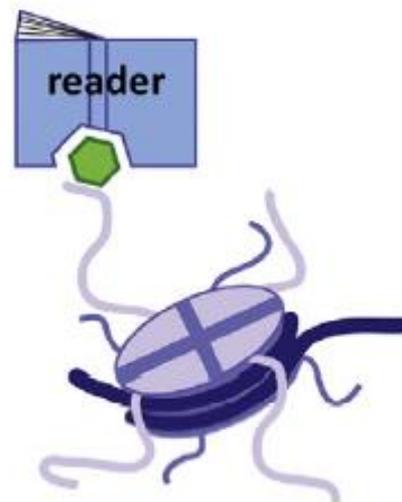
[Gardner K. et al., 2011](#)



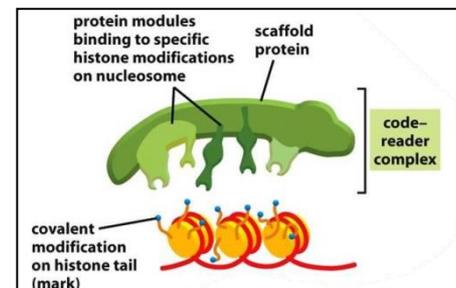
гистонацетилазы
гистонметилазы
гистонфосфорилазы
.....



гистондеацетилазы
гистондеметилазы
гистондефосфорилазы
.....



специфические
белковые домены
бромодомен хромодомен



Alberts et al.
«МВОТС»

Введение

Посттрансляционные модификации хроматина



План

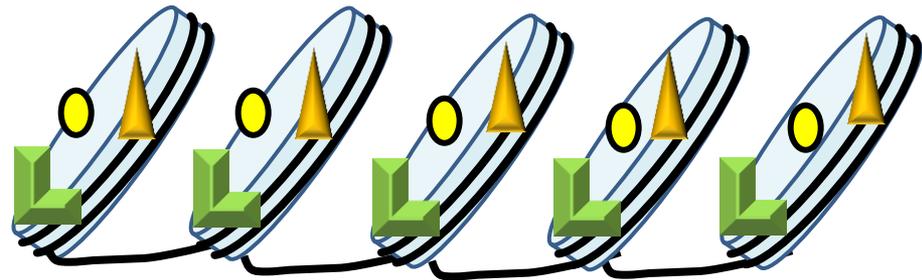
1. Введение
- 2. Роль гистона H3**
3. Эпигенетические феномены растений
4. Сайленсинг транспозонов
5. Яровизация
6. Сброс эпигенетической информации
7. Парамутирование

Роль гистона H3

Модификации гистонов воздействуют на структуру хроматина

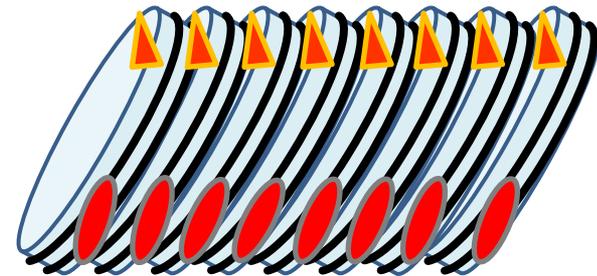
Open configuration

H3	Me	P	Ac
	K4	S10	K14



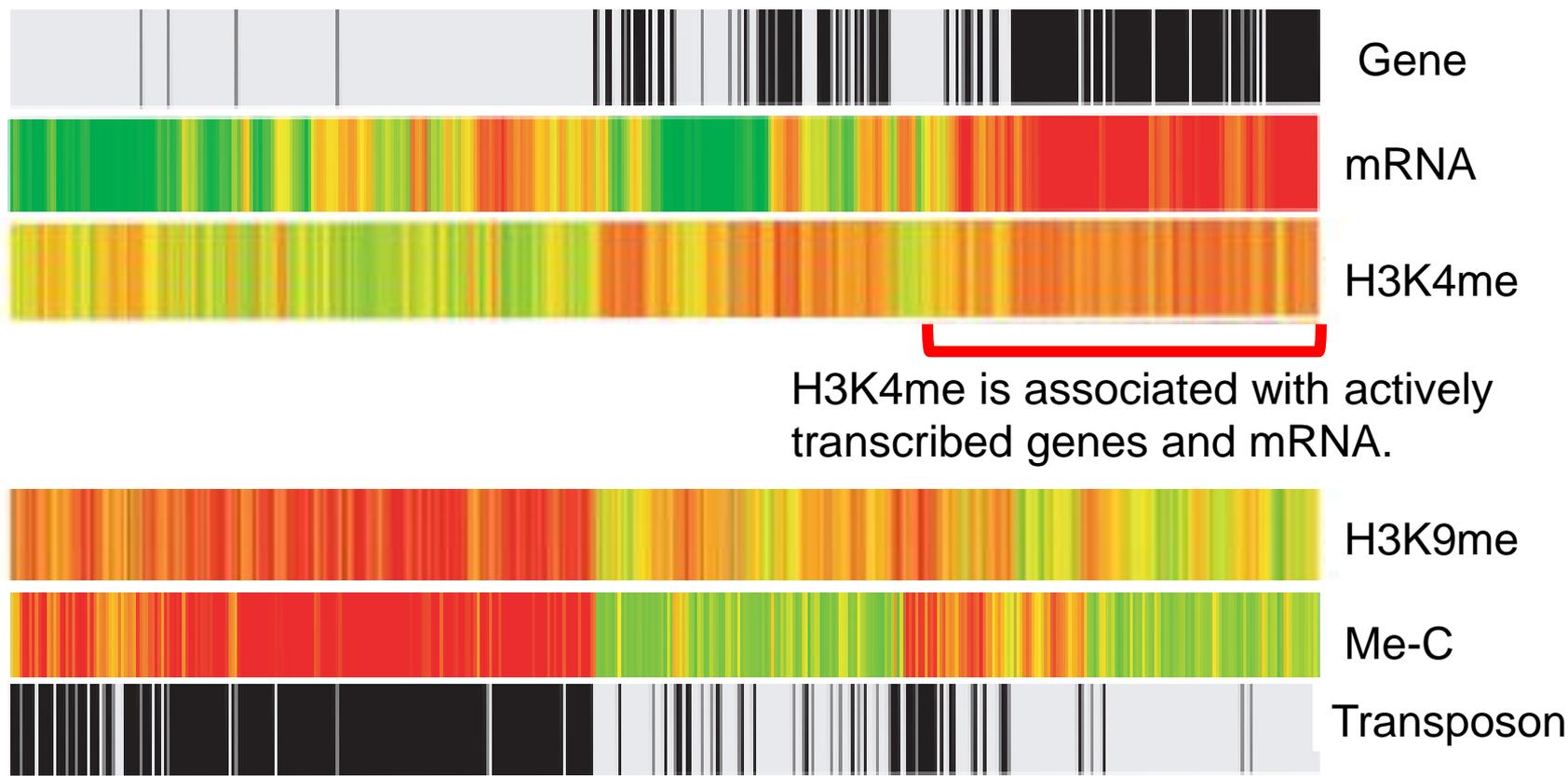
Closed configuration

H3	Me	Me P
	K9	K27 S28



Роль гистона H3

Некоторые модификации ассоциированы с генами, другие – с молчащими локусами



H3K4me is associated with actively transcribed genes and mRNA.

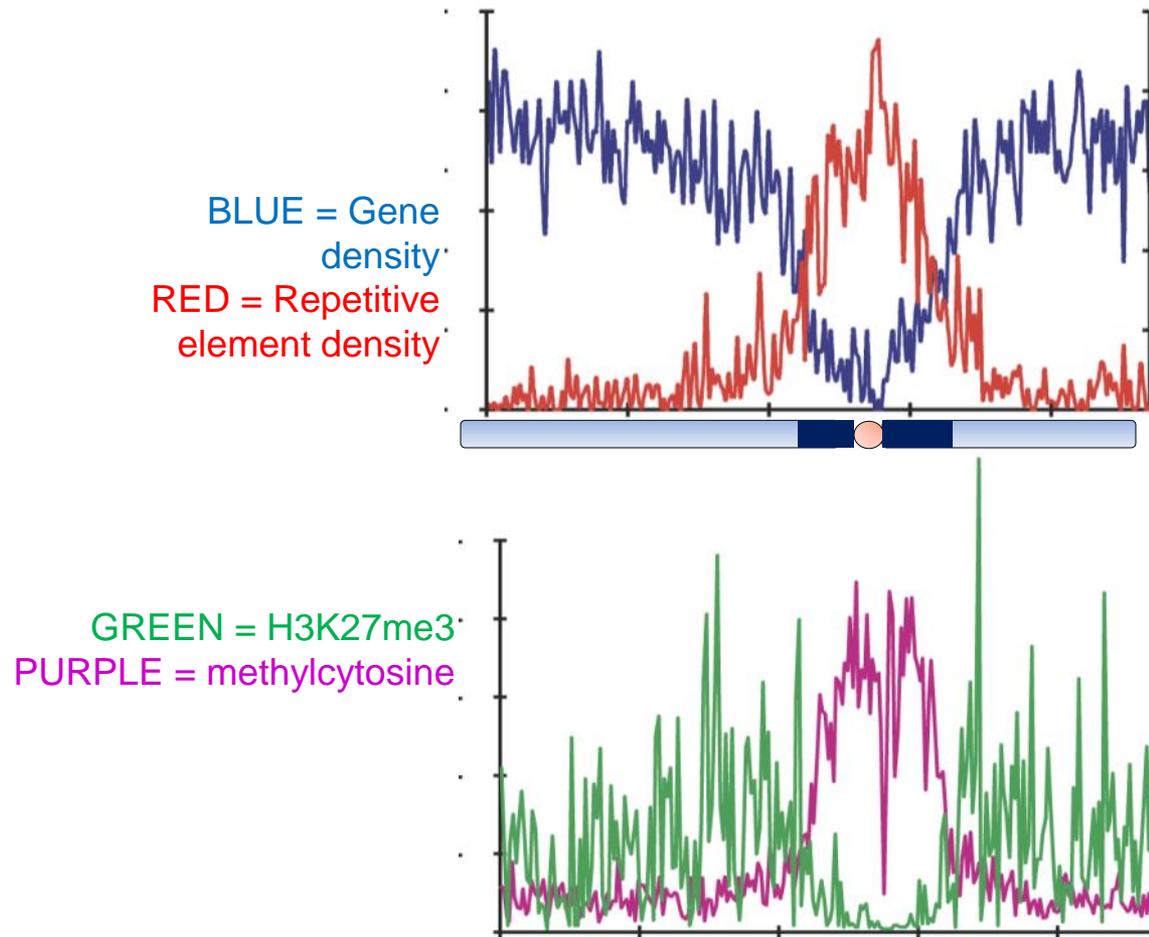
H3K9me is associated with methylated DNA (Me-C) and transposons.

Red = high correlation
Green = low correlation

[Lippman Z. et al., 2004](#)

Роль гистона H3

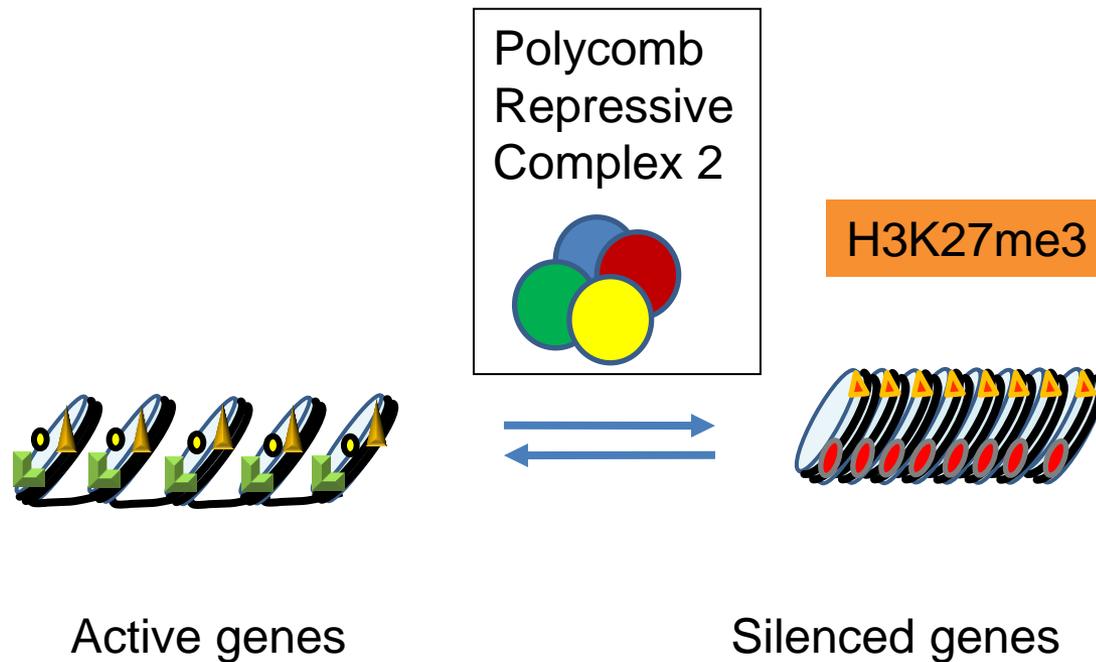
H3K27me3 ассоциирован с генами



Zhang, X., Clarenz, O., Cokus, S., Bernatavichute, Y.V., Pellegrini, M., Goodrich, J., Jacobsen, S.E. (2007) Whole-genome analysis of histone H3 lysine 27 trimethylation in *Arabidopsis*. *PLoS Biol.* 5: [e129](#).

Роль гистона H3

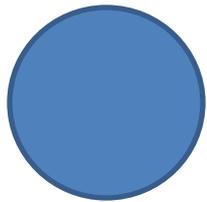
Polycomb Repressive Complex 2 (PRC2) триметилирует H3K27



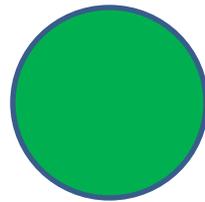
Роль гистона H3

У *Arabidopsis* есть несколько форм субъединиц комплекса PRC2

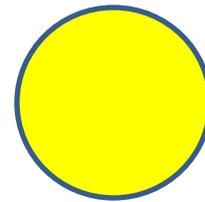
Drosophila PRC2



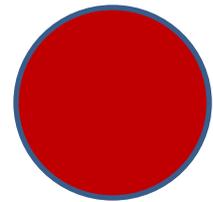
E(Z)
(methylase)



ESC



SU(Z)12



NURF55

Arabidopsis PRC2

CURLY LEAF (CLF)

MEDEA (MEA)

SWINGER (SWN)

FERTILIZATION
INDEPENDENT
ENDOSPERM
(FIE)

FERTILIZATION-
INDEPENDENT SEED 2
(FIS2)

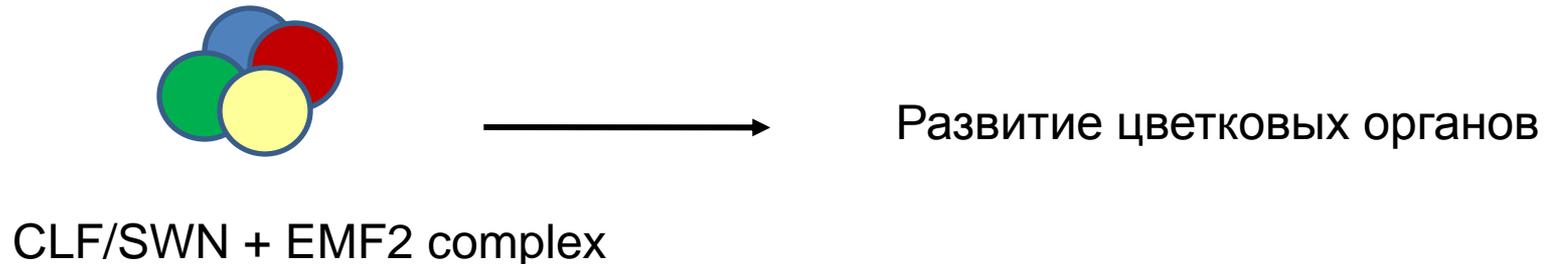
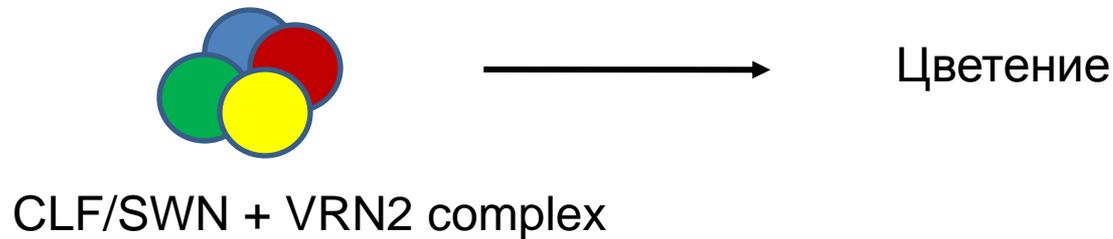
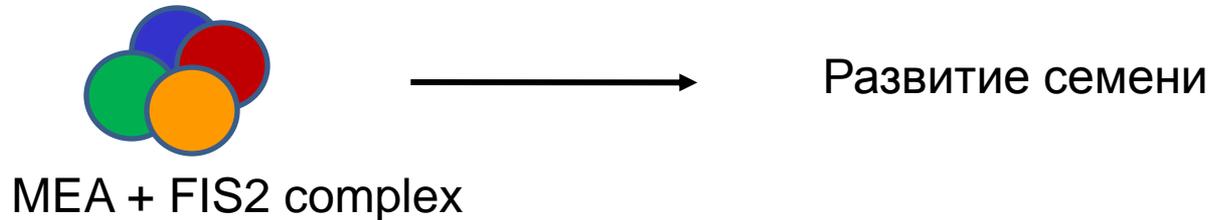
EMBRYONIC FLOWER 2
(EMF2)

VERNALIZATION 2 (VRN2)

MULTICOPY
SUPPRESSOR
OF IRA1
(MSI1,2,3,4,5)

Роль гистона H3

Разные комплексы PRC2 для разных целей

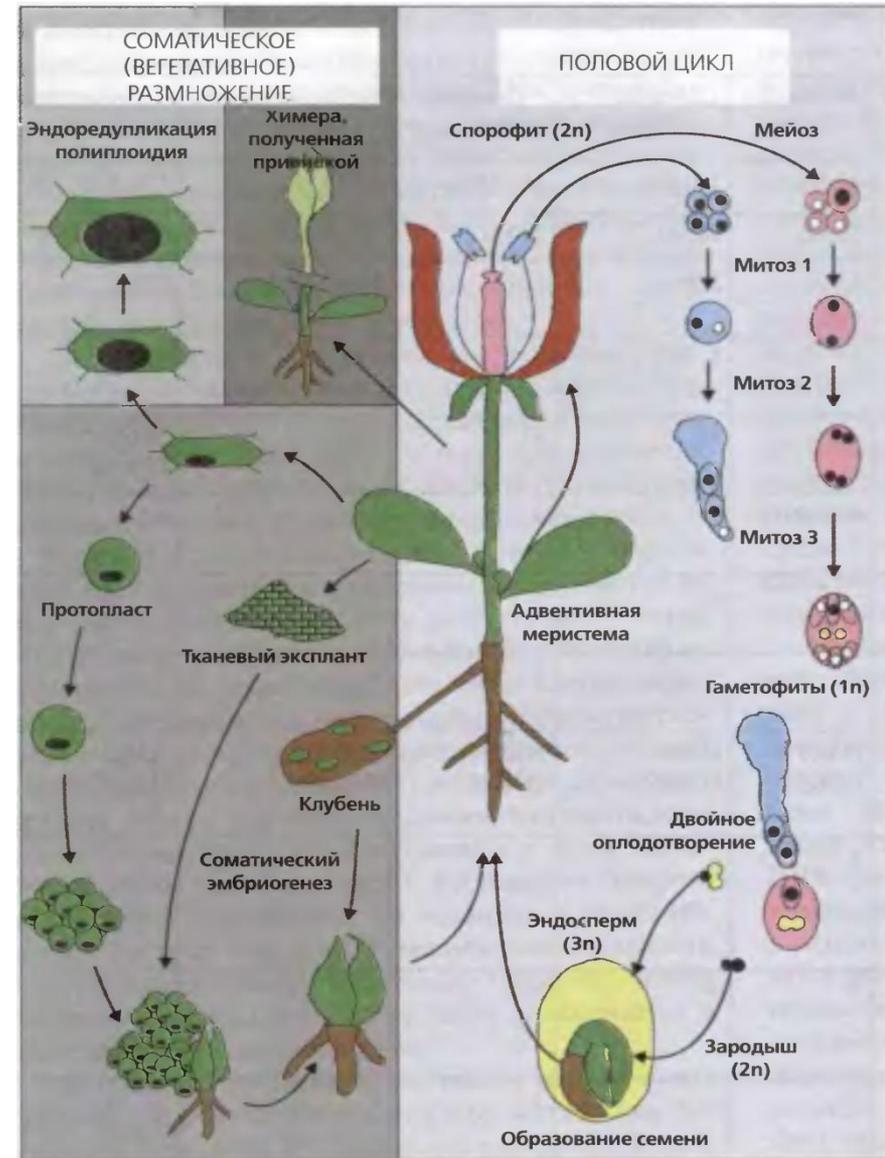
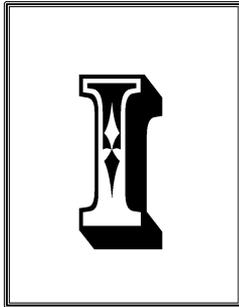


План

1. Введение
2. Роль гистона H3
3. Эпигенетические феномены растений
4. Сайленсинг транспозонов
5. Яровизация
6. Сброс эпигенетической информации
7. Парамутирование

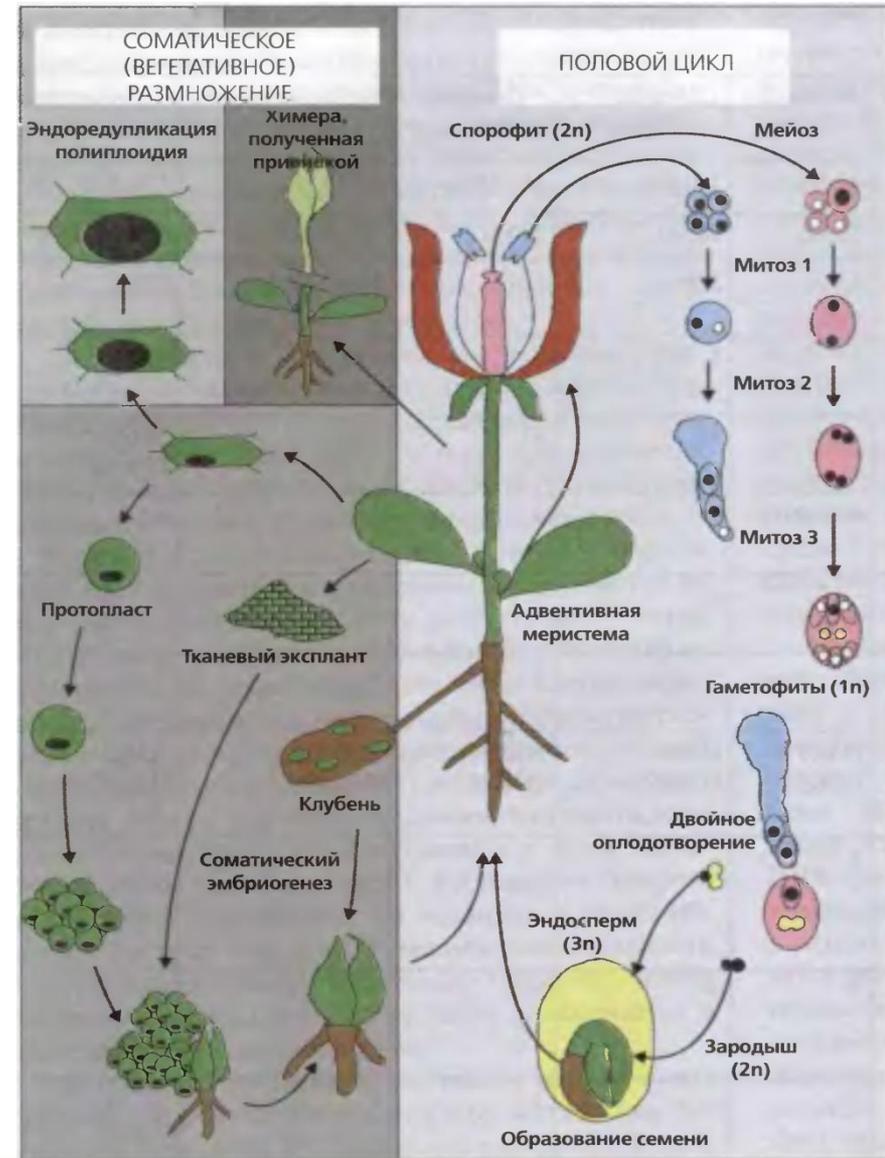
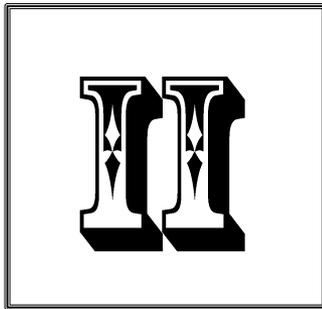
Эпигенетические феномены растений

Отсутствие доказательств массивной утраты эпигенетических признаков во время гаметогенеза у растений, в отличие от животных



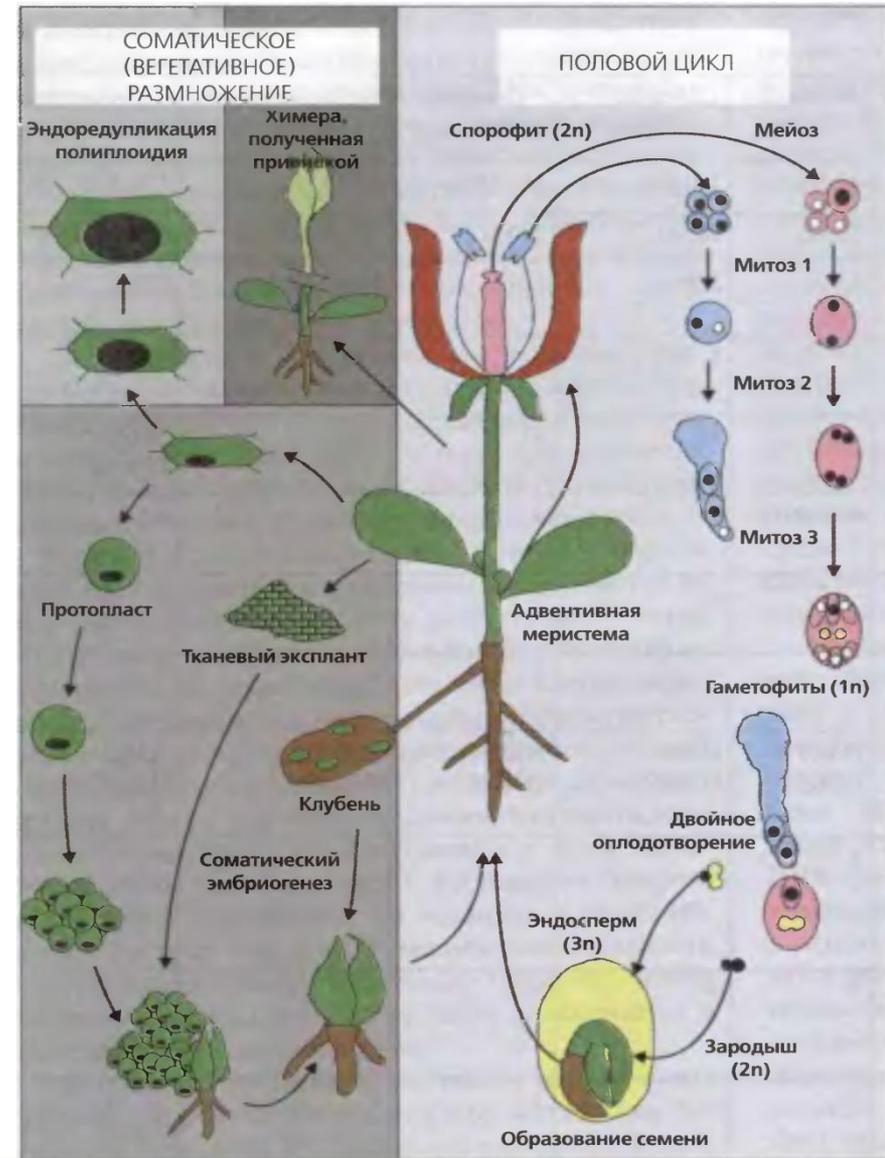
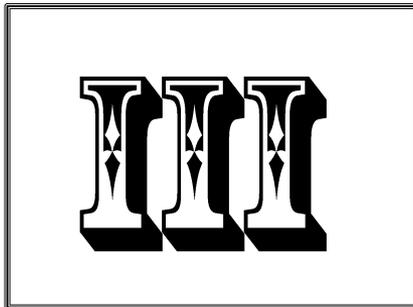
Эпигенетические феномены растений

Эффективное, в отличие от животных, соматическое клонирование. Однако у клонированных популяций растений наблюдается выраженная фенотипическая изменчивость.



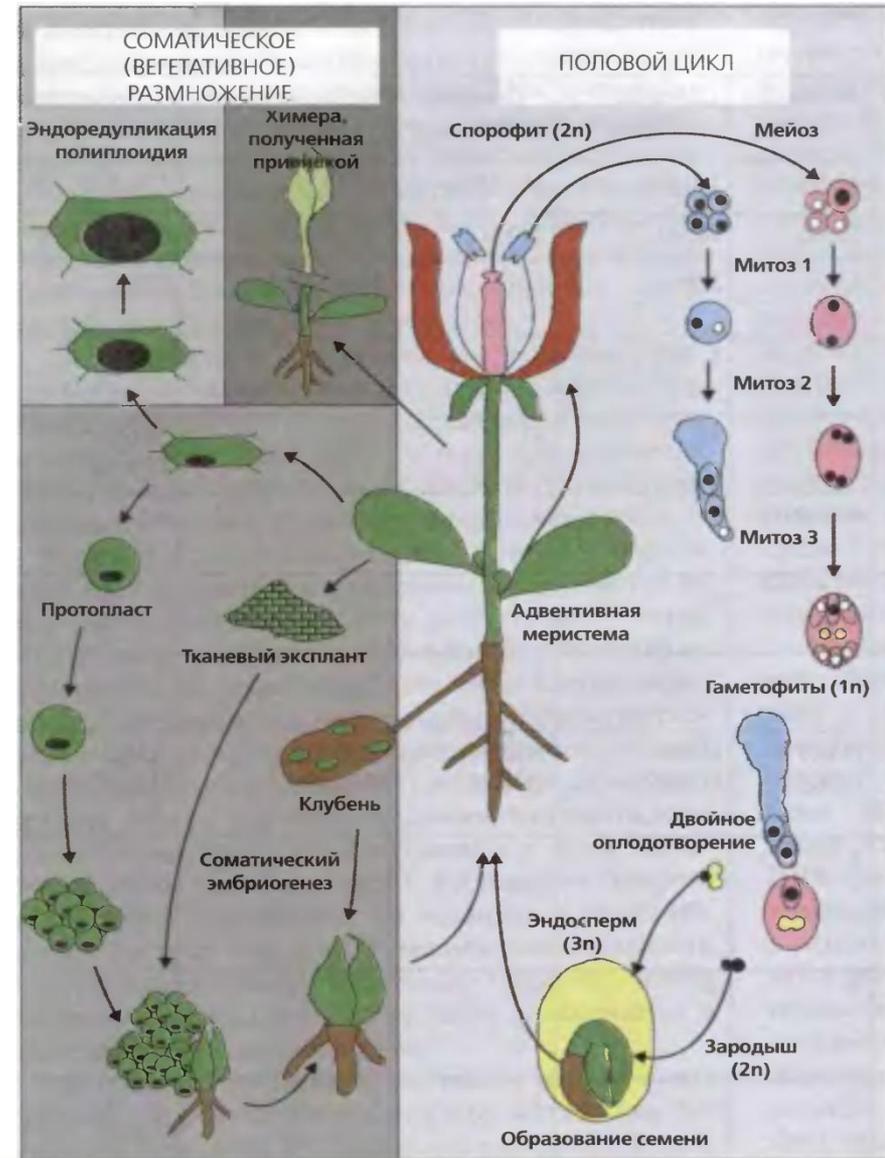
Эпигенетические феномены растений

Передача эпигенетических признаков через плазмодесмы



Эпигенетические феномены растений

Растения более толерантны к полиплоидии



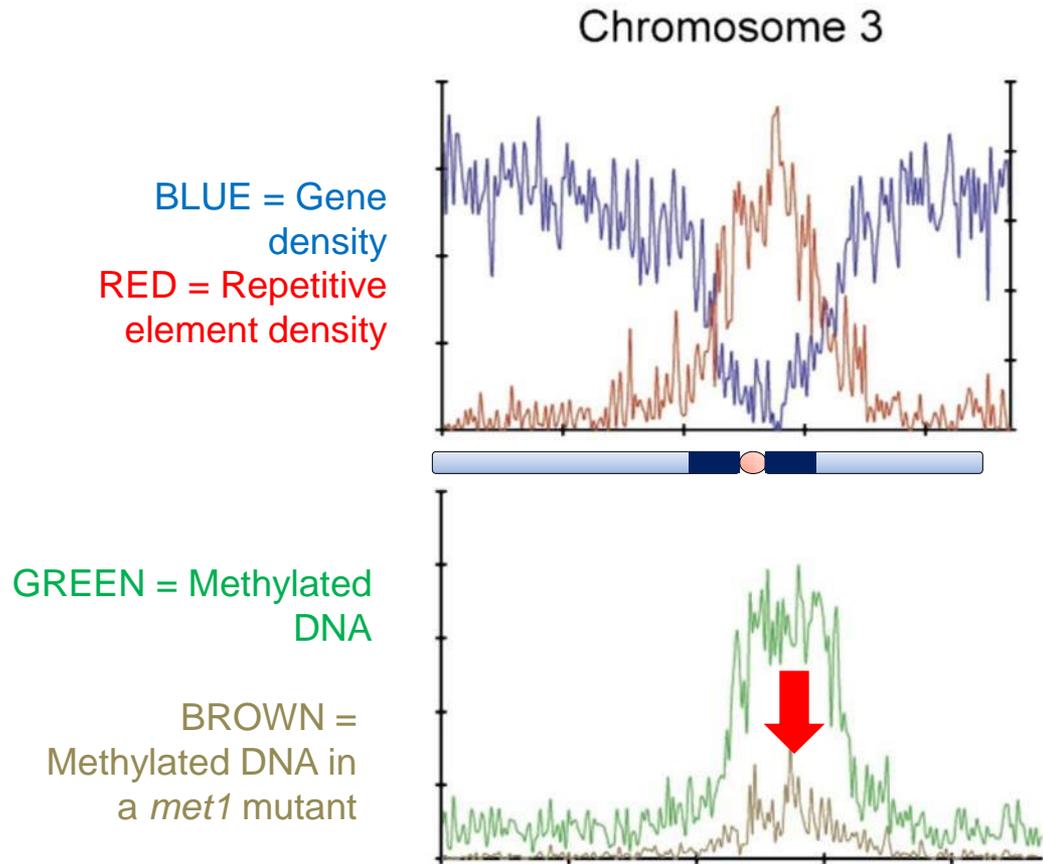
План

1. Введение
2. Роль гистона H3
3. Эпигенетические феномены растений
4. Сайленсинг транспозонов
5. Яровизация
6. Сброс эпигенетической информации
7. Парамутирование

Сайленсинг транспозонов

Метилирование ДНК необходимо для сайленсинга транспозонов

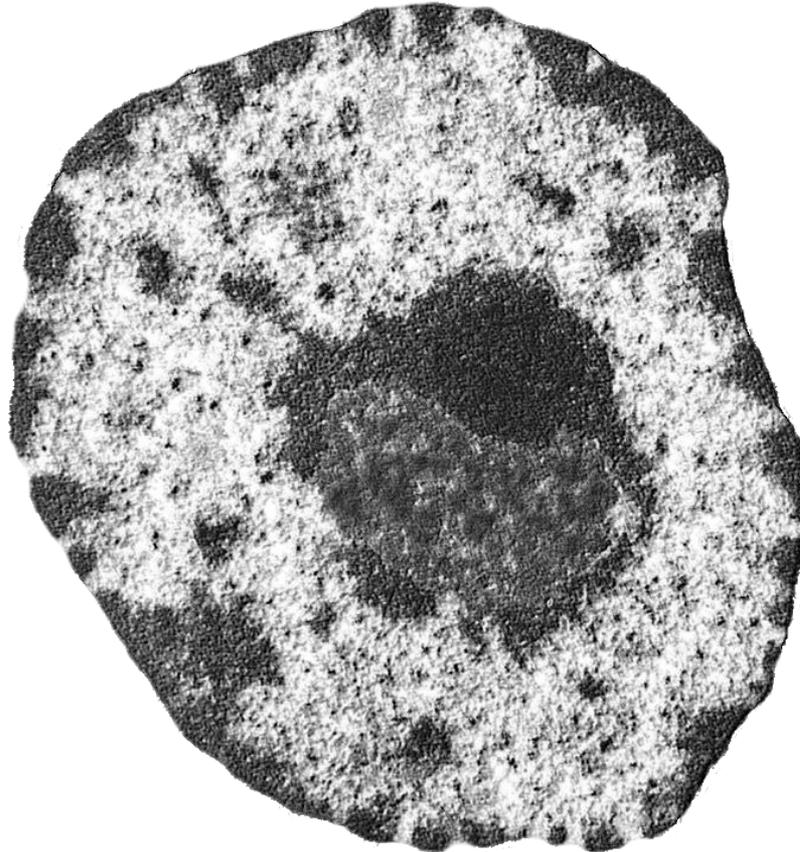
Мутанты по *met1* имеют гипометилированную ДНК



Reprinted from Zhang, X., Yazaki, J., Sundaresan, A., Cokus, S., Chan, S.W.-L., Chen, H., Henderson, I.R., Shinn, P., Pellegrini, M., Jacobsen, S.E., and Ecker, J.R. (2006) Genome-wide high-resolution mapping and functional analysis of DNA methylation in *Arabidopsis*. Cell 126: [1189–1201](#). With permission from Elsevier.

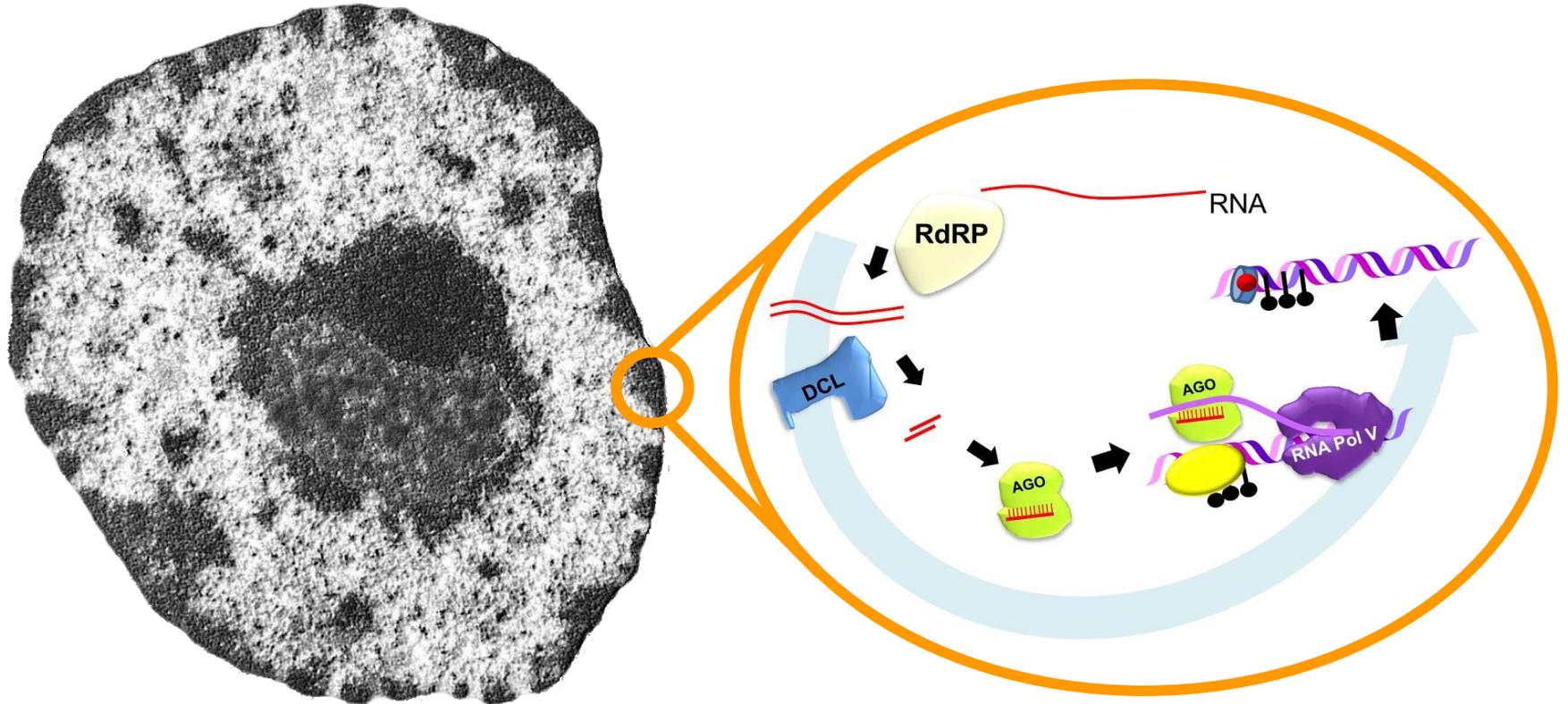
Сайленсинг транспозонов

Каков механизм специфического распознавания повторных элементов и транспозонов в геноме?



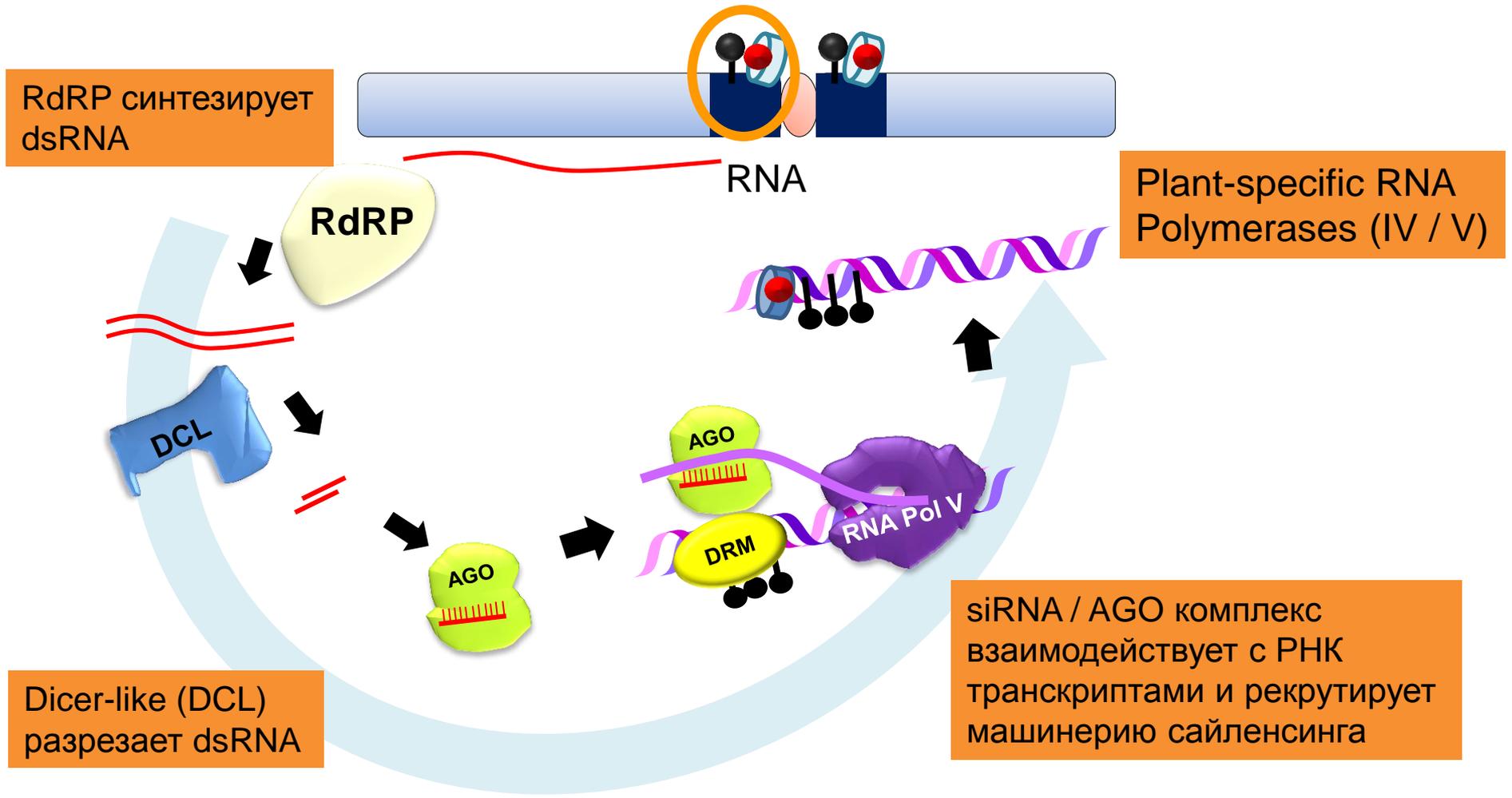
Сайленсинг транспозонов

Сайленсинг повторных элементов и транспозонов – активный процесс



Сайленсинг транспозонов

siRNAs рекрутируют ДНК метилазы гистон-модифицирующие ферменты

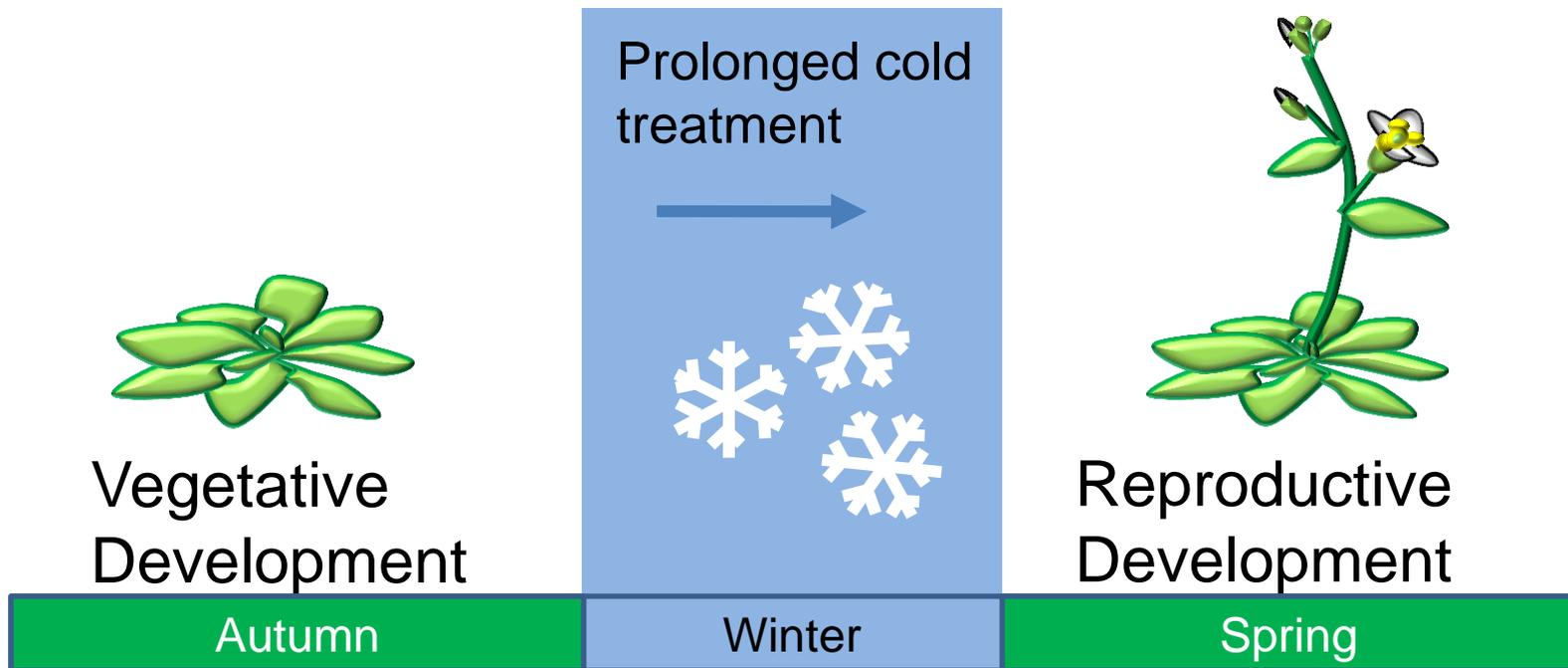


План

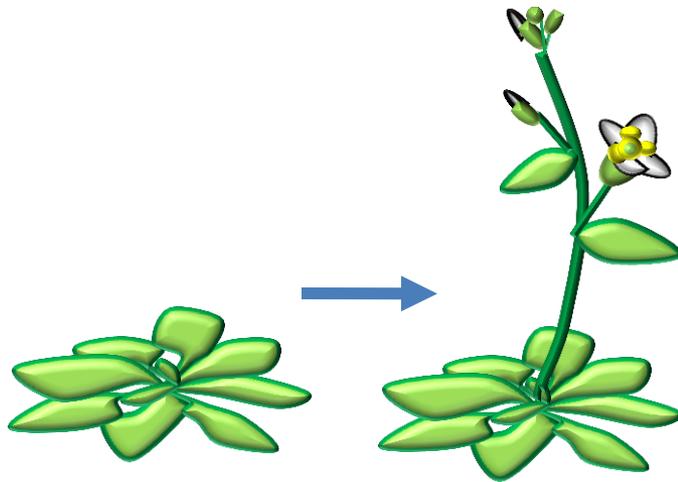
1. Введение
2. Роль гистона H3
3. Эпигенетические феномены растений
4. Сайленсинг транспозонов
- 5. Яровизация**
6. Сброс эпигенетической информации
7. Парамутирование

Яровизация

Для цветения и образования семян растения должны быть подвергнуты воздействию низких положительных температур (2—10 °С)



FLOWERING LOCUS C (FLC)



flc мутанты цветут преждевременно

Autumn

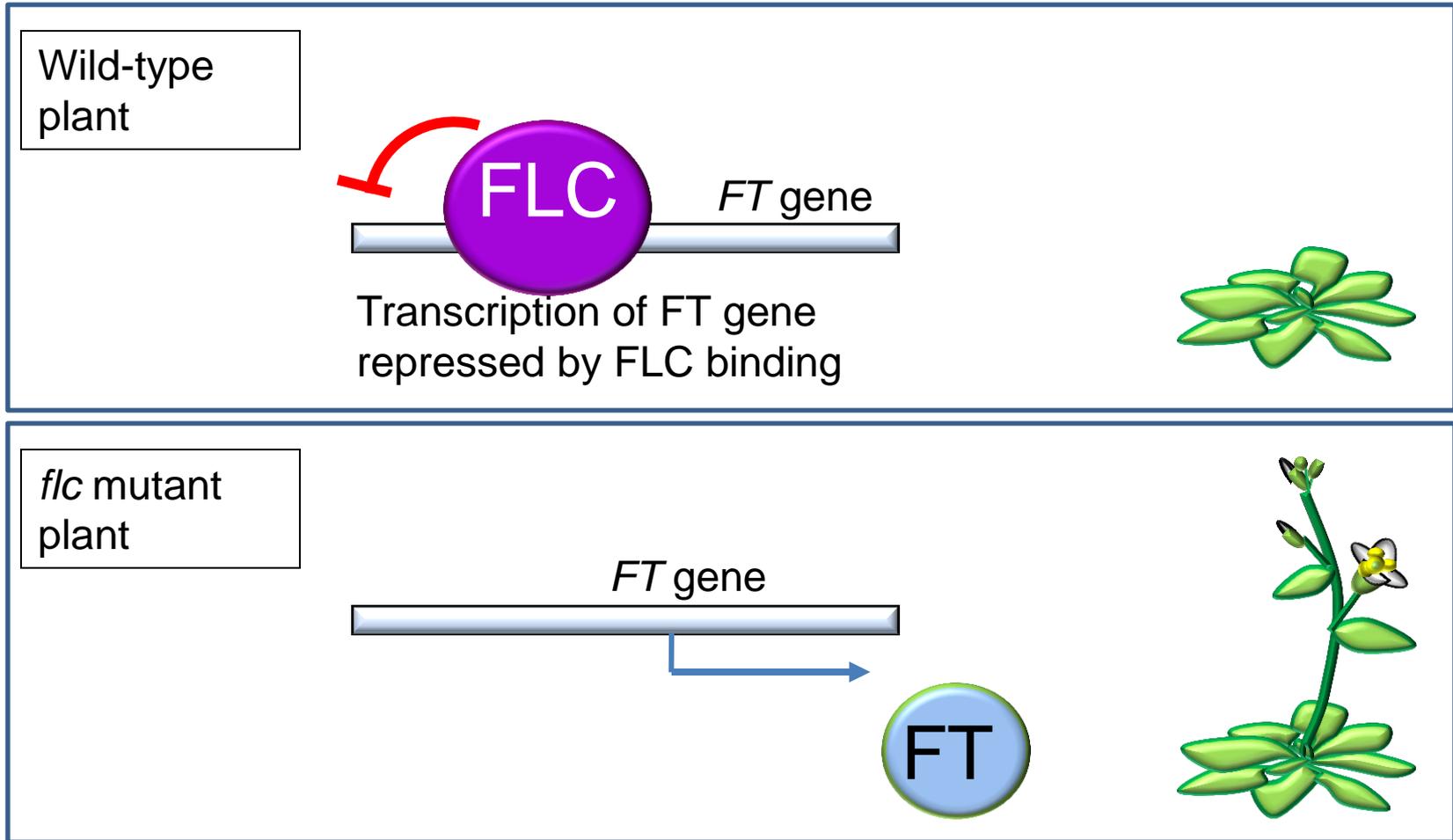
Winter

Spring

FLC – ингибитор цветения

Яровизация

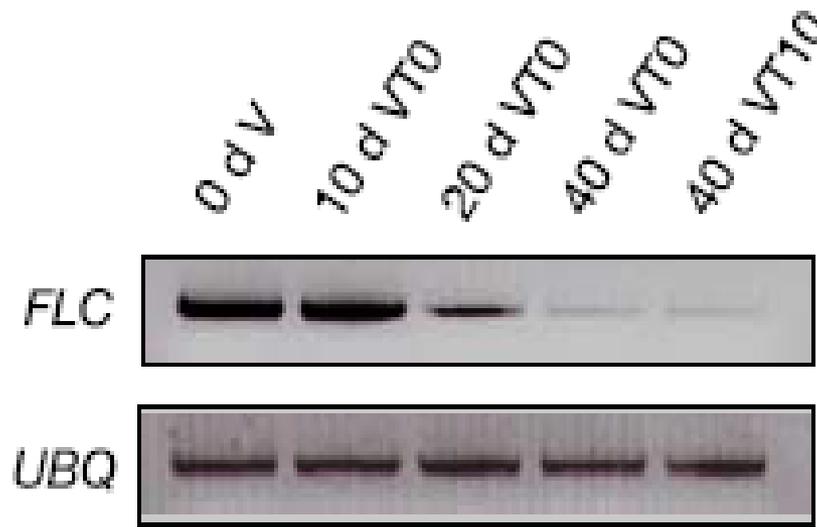
FLC ингибирует *FT* (активатор цветения)



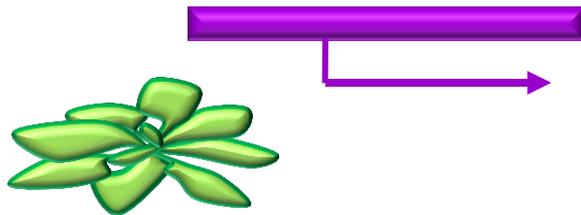
Яровизация

Экспрессия *FLC* подавляется яровизацией

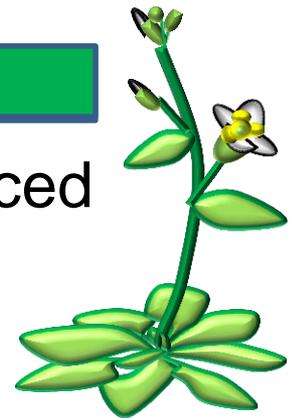
После 40 дней при 4°C, *FLC* не экспрессируется.



FLC gene transcribed



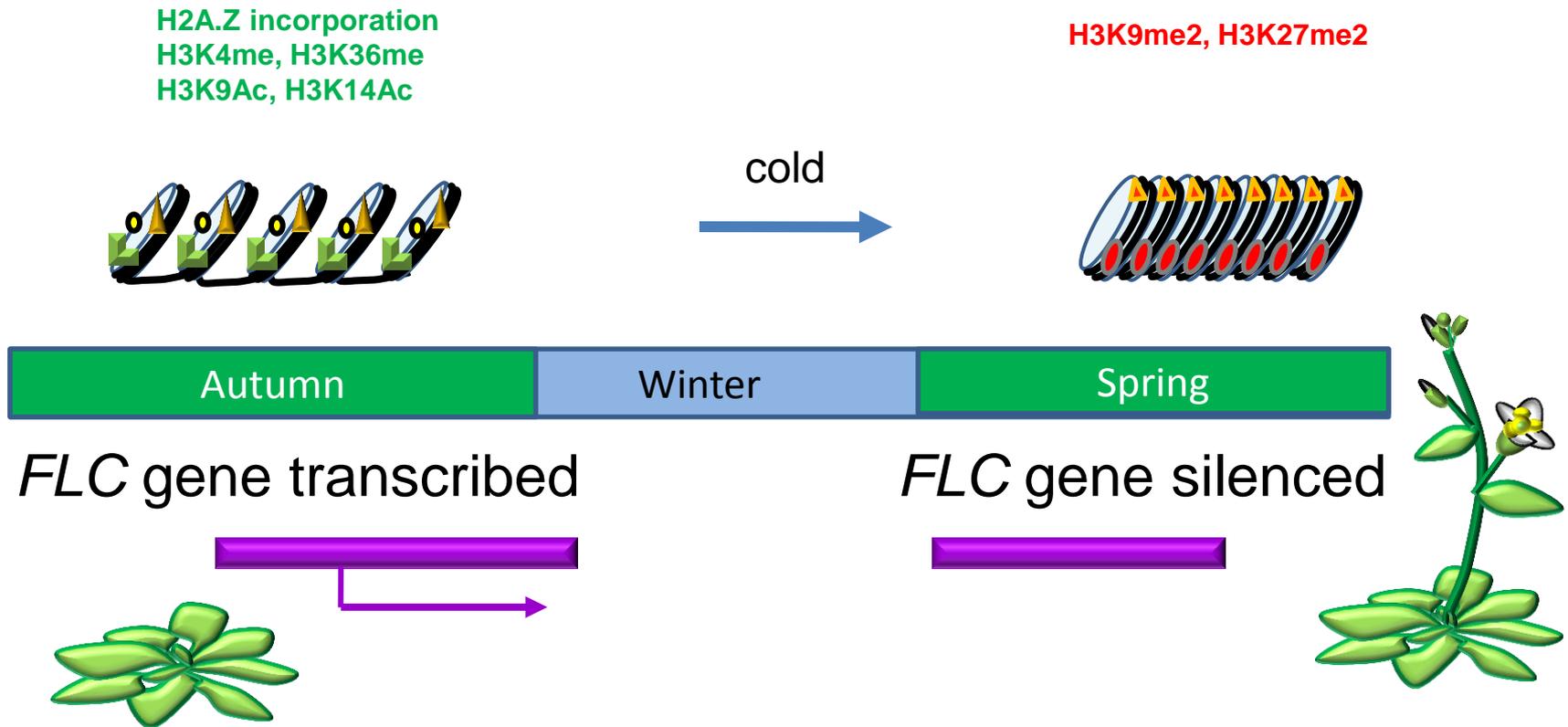
FLC gene silenced



Reprinted by permission from Macmillan Publishers, Ltd: NATURE Sung, S., and Amasino, R.M. (2004) Vernalization in *Arabidopsis thaliana* is mediated by the PHD finger protein VIN3. Nature 427: [159-164](#). Copyright 2004.

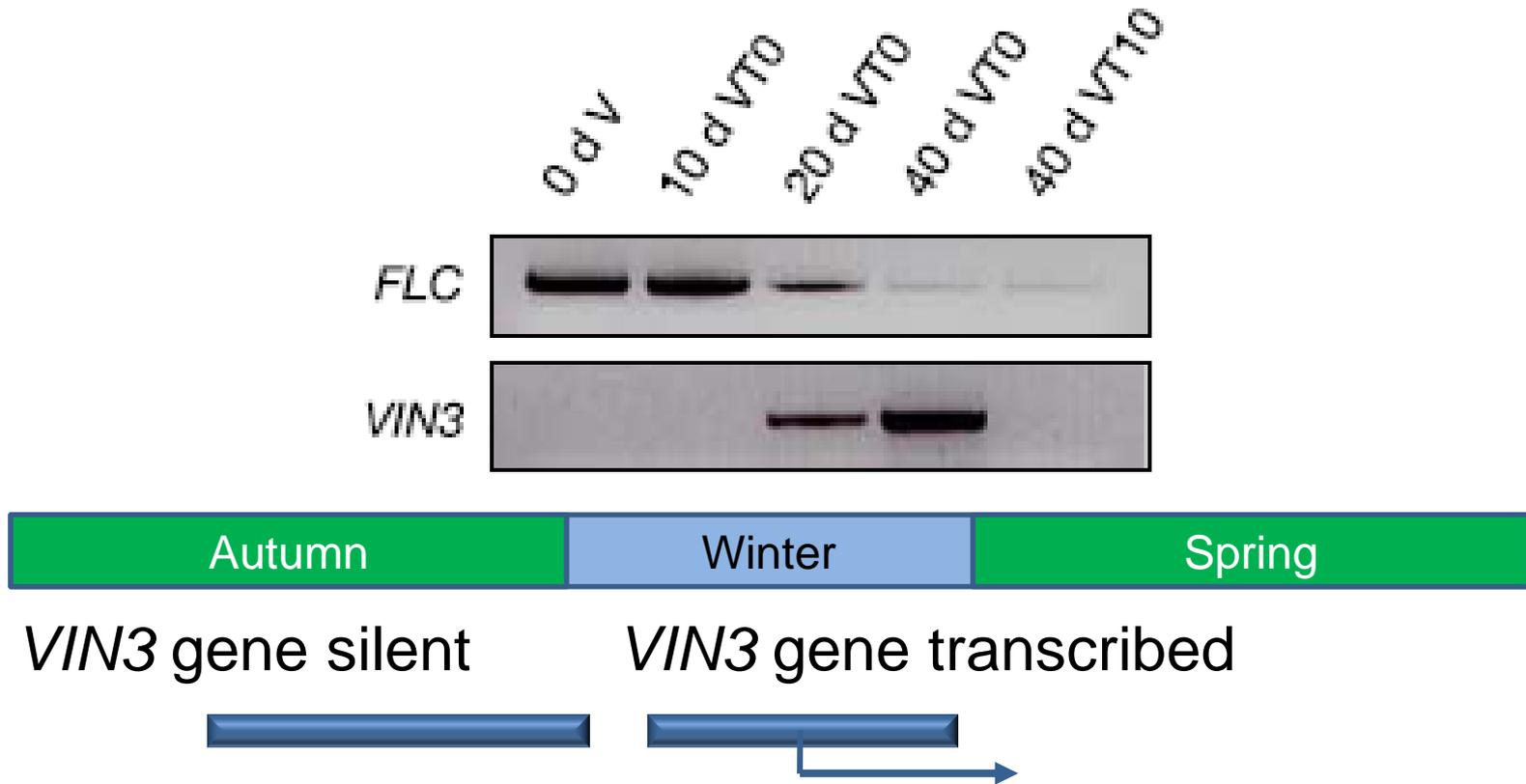
Яровизация

FLC регулируется эпигенетическими модификациями

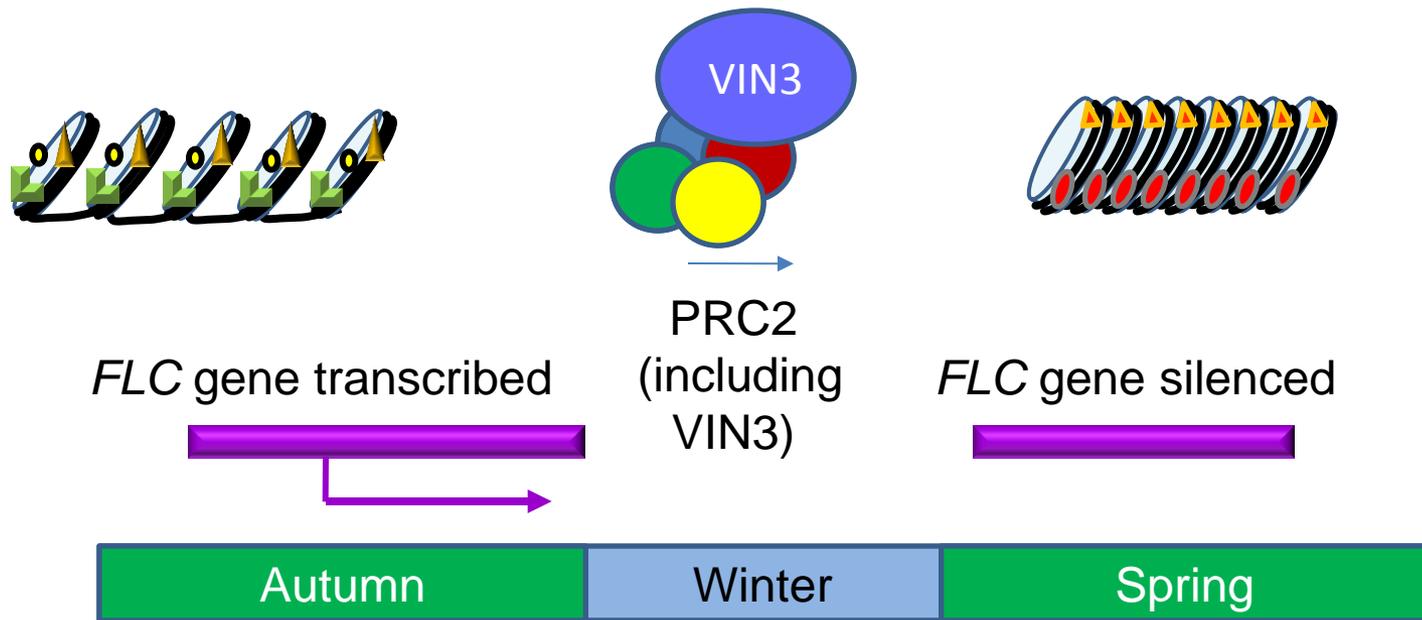


Яровизация

Яровизация индуцирует экспрессию *VIN3*



VIN3 и PRC2 комплекс сайленсируют *FLC*

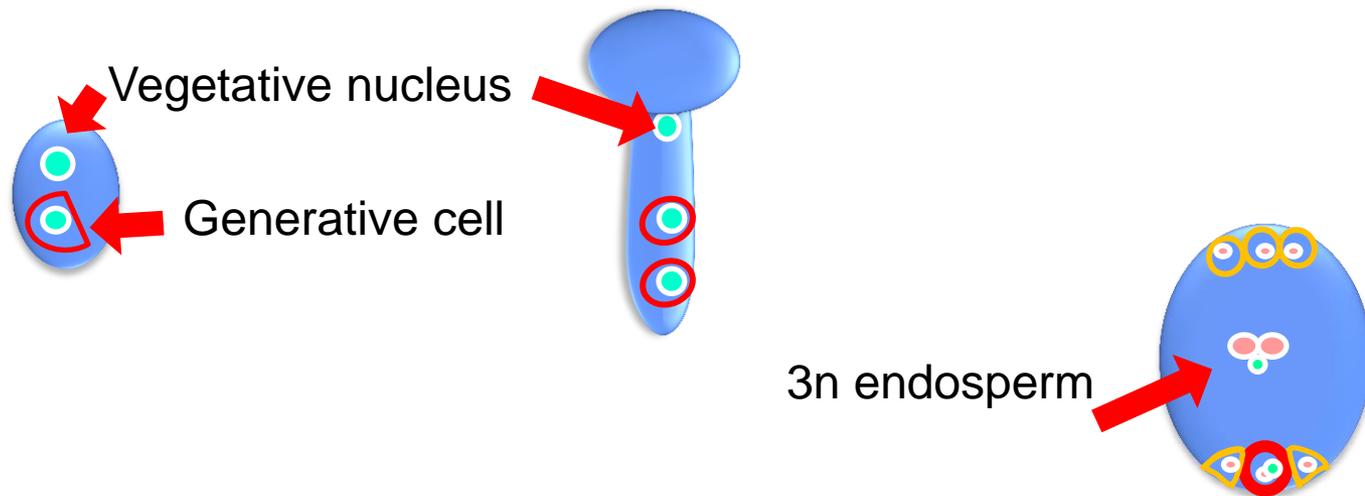


План

1. Введение
2. Роль гистона H3
3. Эпигенетические феномены растений
4. Сайленсинг транспозонов
5. Яровизация
- 6. Сброс эпигенетической информации**
7. Парамутирование

Сброс эпигенетической информации

Крупномасштабное эпигенетическое репрограммирование происходит в эндосперме и вегетативном ядре мужского гаметофита

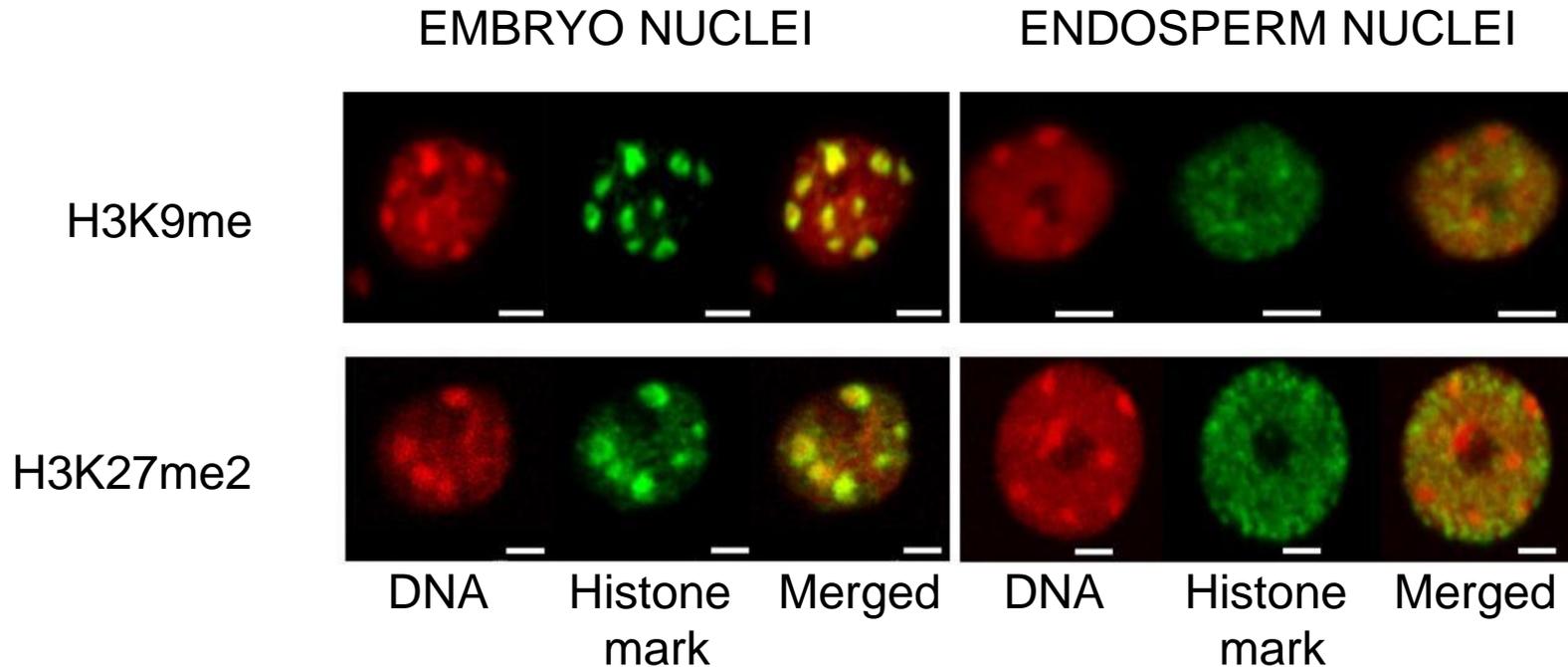


Ни эндосперм ни мужское вегетативное ядро не участвует в образовании зародыша, тогда зачем им нужны подобные изменения? Дело заключается в siRNA.

Baroux, C., Pecinka, A., Fuchs, J., Schubert, I., and Grossniklaus, U. (2007) The triploid endosperm genome of *Arabidopsis* adopts a peculiar, parental-dosage-dependent chromatin organization. *Plant Cell* 19: [1782-1794](https://doi.org/10.1105/pc.107400).

Сброс эпигенетической информации

Расщепление фракций гетерохроматина в эндосперме

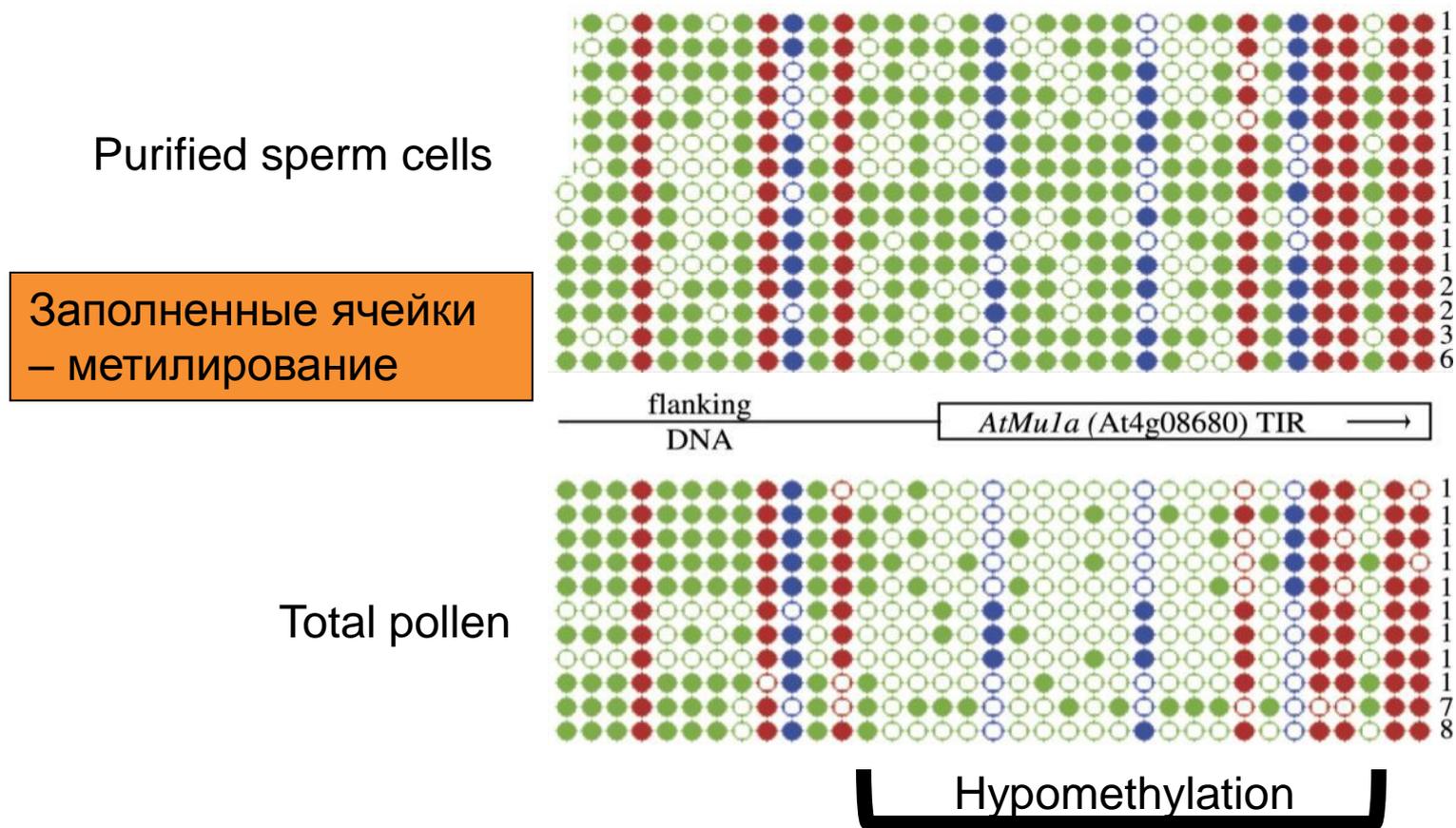


В ядрах эндосперма такие гетерохроматиновые метки, как H3K9me и H3K27me2 исчезают, происходит переход в эухроматин

Baroux, C., Pecinka, A., Fuchs, J., Schubert, I., and Grossniklaus, U. (2007) The triploid endosperm genome of *Arabidopsis* adopts a peculiar, parental-dosage-dependent chromatin organization. *Plant Cell* 19: [1782-1794](https://doi.org/10.1105/PC.107000).

Сброс эпигенетической информации

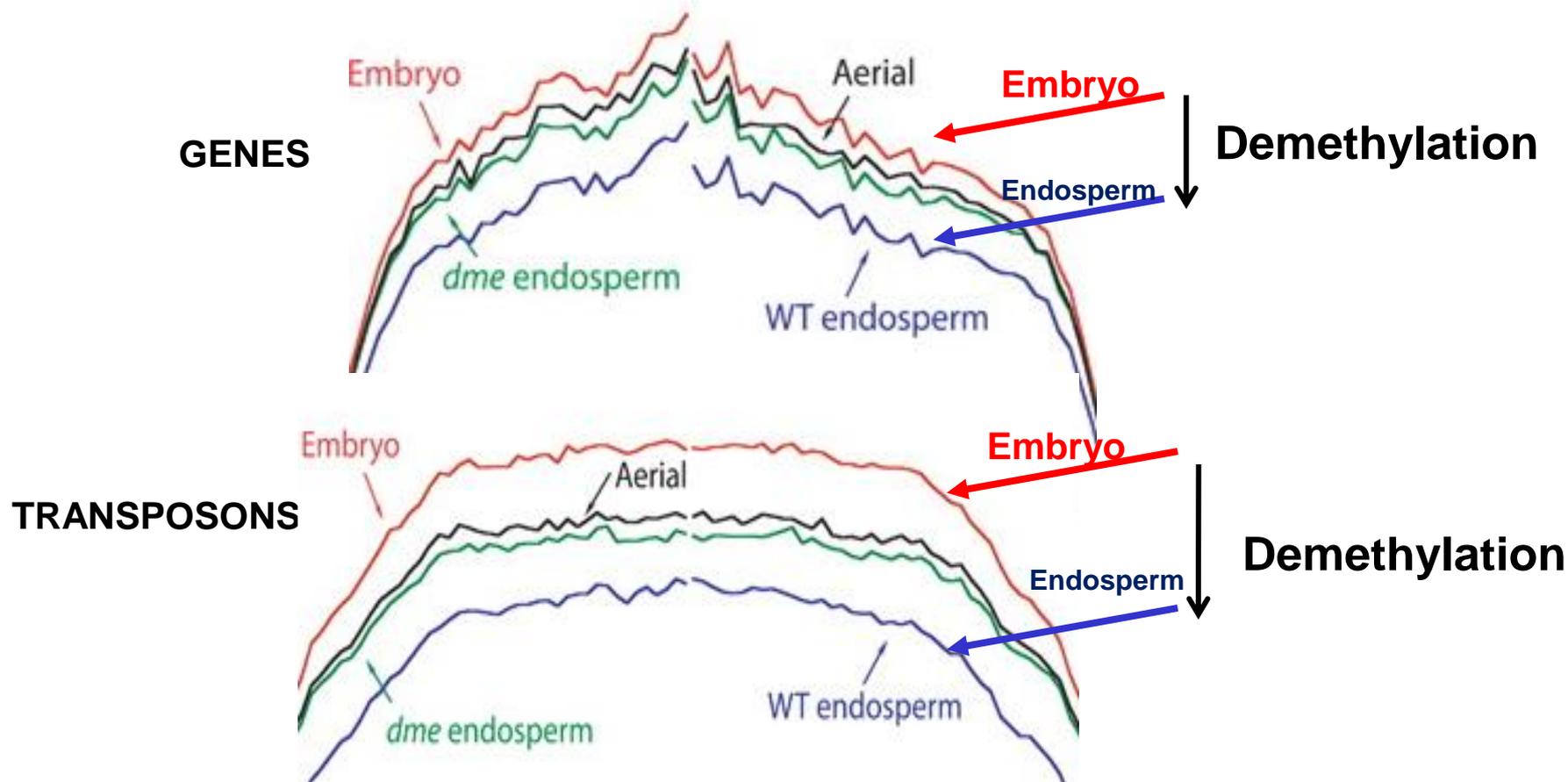
Гипометилирование транспозонов в пыльце



Reprinted from Slotkin, R.K., Vaughn, M., Borges, F., Tanurdžić, M., Becker, J.D., Feijó, J.A., and Martienssen, R.A. (2009) Epigenetic reprogramming and small RNA silencing of transposable elements in pollen. *Cell* 136: [461-472](#). Copyright 2009, with permission from Elsevier.

Сброс эпигенетической информации

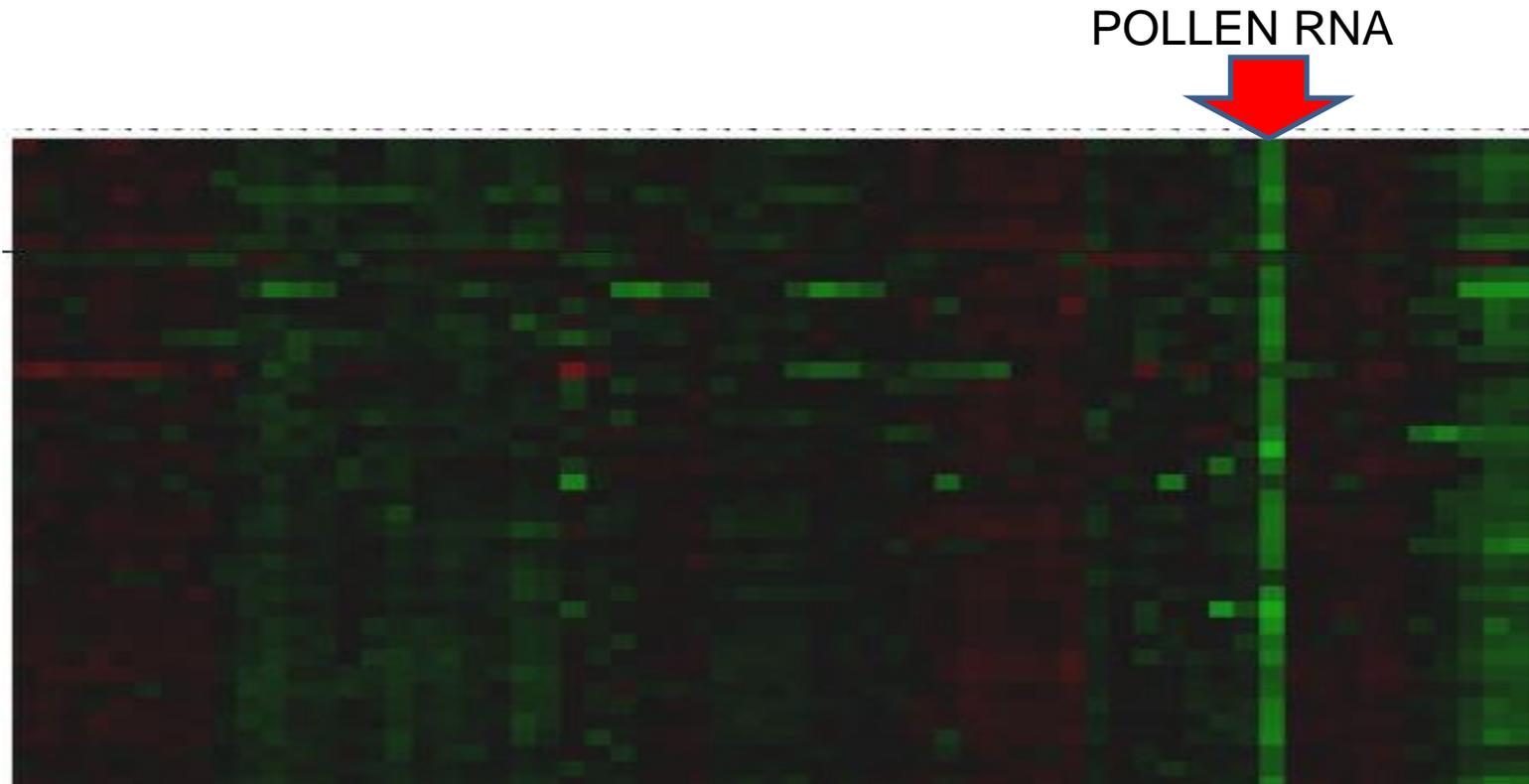
Массивное деметилирование ДНК в эндосперме



From Hsieh, T.-F., Christian A. Ibarra, C.A., Silva, P., Zemach, A., Eshed-Williams, L., Fischer, R.L., and Zilberman, D. (2009) Genome-wide demethylation of *Arabidopsis* endosperm. *Science* 324: [1451-1454](#). Reprinted with permission from AAAS.

Сброс эпигенетической информации

Транспозоны активированы в пыльце



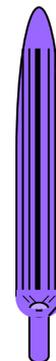
Парамутирование

Парамутирование – наследуемая, но обратимая экспрессия генов при взаимодействии аллелей.

B-I allele
(highly active)

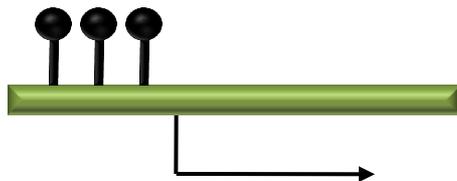


Активный B-1
аллель => синтез
антоцианина



B' сильно
метилирован

B' allele
(weakly active)

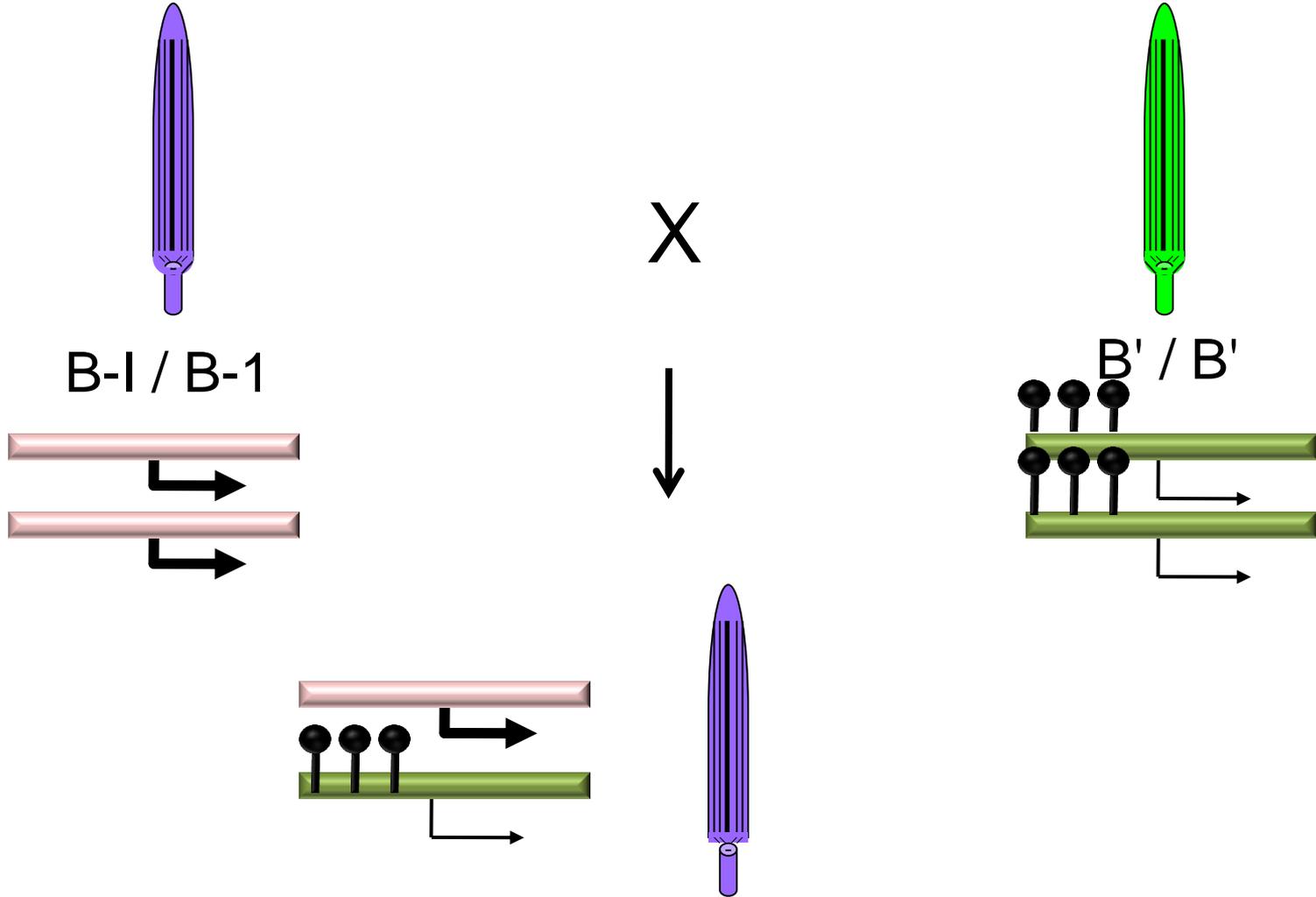


Активность B'
аллеля низка =>
бледные



Парамутирование

Должно быть так:



Парамутирование

Парамутирование – эффект транс-взаимодействующего сайленсинга

