

Kierunki i metody hodowli roślin

Anna Trojak-Goluch

**Zakład Biotechnologii i Hodowli Roślin,
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa–
Państwowy Instytut Badawczy**

Puławy, 2025

Otrzymanie nowych genotypów (osobników) wyróżniających się podwyższoną wartością jednej lub kilku cech np.:

- **zwiększonym plonem**

Plon rolniczy – część biomasy, która ma wartość gospodarczą i zależy od plenności roślin. Zwiększony plon będą wykazywały rośliny, u których stosunek masy użytkowej do masy ogólnej będzie wysoki. Zdolność plonotwórcza wyraża się fenotypowo poprzez kompleks cech morfologicznych i fizjologicznych, uzależnionych od dziedziczenia ilościowego (czynników genetycznych) oraz interakcji genotypu z warunkami środowiska. (Plon to cecha mierzalna określona masą zbieranego produktu z jednostki powierzchni, zazwyczaj określana na zaawansowanym etapie cyklu hodowlanego w doświadczeniach ścisłych poprzez ocenę elementów struktury plonu)

- **lepszą jakością plonu** (fizyczne i chemiczne właściwości zbieranego produktu, które mają wpływ na wartość odżywczą, przydatność przemysłową i inne kierunki użytkowania plonu roślin) wymagania jakościowe zależą od trendów rozwojowych i rynku przetwórczego, warunkowana przez liczne loci cech ilościowych (QTL) grupy cech decydujące o jakości plonu: zawartość pożądaných składników, w tym strawność pasz, zawartość niepożądanych składników, właściwości technologiczne i przydatność przetwórcza, wygląd i smakowitość plonu



Otrzymanie nowych genotypów (osobników) wyróżniających się podwyższoną wartością jednej lub kilku cech np.:

- **odpornością na stresy biotyczne** (zapewnia nie tylko wyższe ale i bardziej wyrównane plony, ponadto umożliwia wytworzenie produktów o wyższej jakości, przeciwdziałanie każdej z chorobie lub szkodnikowi powinno stanowić odrębny cel hodowlany)
1. **Immunia** - jest to brak nawiązania kontaktu między patogenem i gospodarzem
 2. **Rzeczywista** – zdolność rośliny żywicielskiej do zahamowania rozwoju patogena
 - czynna (odizolowanie patogena po wnikięciu do rośliny, synteza związków hamujących rozwój patogena, np.: inhibitory enzymów patogena lub fitoaleksyny)
 - bierna (związana z anatomią tkanek lub obecnością pewnych specyficznych substancji chemicznych w roślinie, np.: gruba epiderma utrudniająca wnikanie grzyba)
 3. **Pozorna** – (polega na rozmijaniu się okresu wrażliwości roślin i występowania zarodników patogena, w chwili inwazji patogena roślina jest już zdrewniała, niepodatna na zakażenie)
 4. **Tolerancja** – rośliny wykazują objawy chorobowe, ale nie reagują na nie wyraźnym spadkiem plonu



Nadwrażliwość na tomato spotted wilt virus TSWV

Odporność na stresy biotyczne

Odporność rasowo-specyficzna, „pionowa”

Warunkowana przez pojedynczy gen (dominujący) – gen na gen. Odmiana jest odporna gdy ma gen odporności na gen wirulencji **określonej rasy patogena** (np.: grzyba). Wprowadza się ją do odmiany poprzez krzyżowanie wypierające



postać zamka i klucza

Odporność nietrwała - mutacja w genomie patogena powoduje załamanie odporności

Odporność rasowo-niespecyficzna, „pozioma”

Warunkowana przez poligeny. Poligeny nie warunkują pełnej odporności, ale zmniejszają nasilenie choroby wskutek utrudnionej inkubacji grzyba, długiego okresu od infekcji do zarodnikowania, utrudnionego zarodnikowania.

Odporność trwalsza - skierowana przeciwko **wszystkim rasom patogena** (np.: grzyba).

Odporność pozioma zapewniając ograniczoną dostępność żywiciela dla patogena, nie stwarza presji selekcyjnej w kierunku tworzenia się nowych ras patogena.

Odporność warunkowana przez geny w cytoplazmie

Kukurydza z normalną cytoplazmą nie była porażona przez *Helminthosporium* sp. , natomiast mieszańce i linie wsobne kukurydzy z zawierające **męską sterylność cytoplazmą T** zostały zaatakowane przez patogena

Odporność na stresy abiotyczne

- **Odporność na stresy abiotyczne**

Rośliny muszą wykazywać pewien stopień odporności, aby rosnąć, rozwijać się i dawać oczekiwany plon także w warunkach suboptymalnych takich jak: mróz, susza, nadmierne opady, wiatr, zakwaszenie gleby

Mrozoodporność i zimotrwałość – dotyczy głównie zbóż ozimych i w mniejszym stopniu wieloletnich roślin pastewnych

Wyleganie – spowodowane silnymi wiatrami lub nadmiernym nawożeniem azotowym (np.: obniżenie wysokości źdźbła u pszenicy, łodygi u grochu)

Tolerancja na zakwaszenie gleby – wzrost korzeni siewek w roztworach jonów glinu

Tolerancja na porastanie – hodowla sprawia trudności z powodu małej zmienności w obrębie gatunków (np: pszenżyto), których ta wada dotyczy

Przydatność do mechanicznego zbioru, np.; bujność naci marchwi itp.



Konwencjonalne metody hodowli roślin

Krzyżowanie – uzyskanie rekombinacji cech form rodzicielskich lub kumulacja genów prowadząca do zwiększenia poziomu jakiejś cechy, czyli transgresji.

Materiały wyjściowe:

- Powszechnie uprawiana odmiana, dostosowana do warunków krajowych ale wymagająca poprawy właściwości,
- Odmiana krajowa lub zagraniczna (mutant, forma z banku genów, odmiana z genem odporności lub wysokoplonująca), dziki krewniak

Etapy krzyżowania:

1. Przygotowanie kwiatostanu do kastracji
2. Kastracja
3. Zapylenie
4. Izolacja
5. Opieka nad zapyłonymi kwiatami

Zebrany uprzednio
i przechowywany
w lodówce lub
zamrażarce



Pyłek tytoniu



Kwiatostan tytoniu



Kwiatostan tytoniu
zabezpieczony izolatorem

Konwencjonalne metody hodowli roślin

Zbiór i czyszczenie nasion:

- ścinanie dojrzałych nasienników lub zbiór pojedynczych torebek nasiennych
- suszenie nasienników (wilgotność 18-20%)
- kruszenie torebek nasiennych
- czyszczenie ręczne nasion lub z wykorzystaniem wialni (najczęściej większe nasiona i duże ich ilości)
- katalogowanie (opis genotypu, data, nadanie numeru katalogowego)



Torebki nasienne i nasiona tytoniu

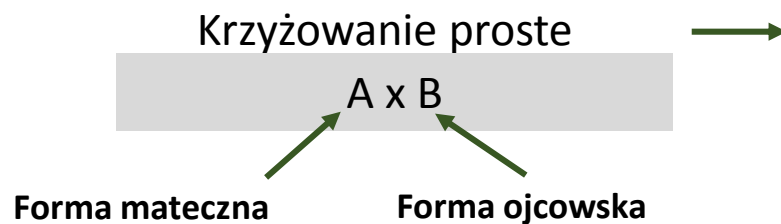


Wialnia do nasion

Hodowla roślin samopylnych

Odmiany roślin samopylnych mogą być **odmianami liniowymi** (wszystkie rośliny odmiany pochodzą z jednej rośliny) lub odmianami stanowiącymi **mieszaninę kilku podobnych linii**

W zależności od celu hodowli i posiadanego materiału wyjściowego stosuje się różne typy krzyżowań:



Materiały wyjściowe:
Odmiana: A - udział 50%
Odmiana: B - udział 50%

Krzyżowanie zwrotne

(A x B) i (B x A)

Materiały wyjściowe:
Odmiany A i B występują jako
mateczne i ojcowskie, stosowane
gdy na cechy roślin wpływa
cytoplazma

Krzyżowanie wsteczne

(A x B) x A lub (A x B) x B

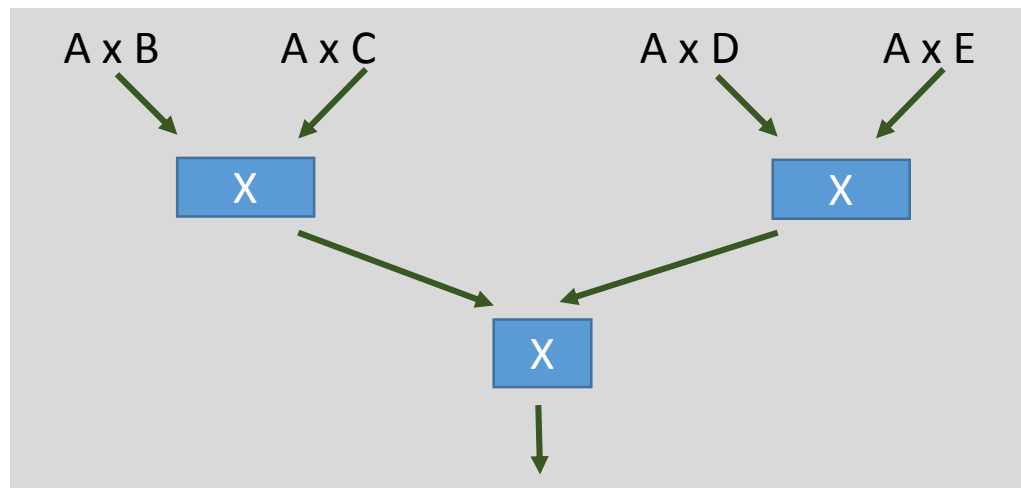
Materiały wyjściowe:
Mieszaniec międzyodmianowy i
jeden z rodziców. Udział A – 75%;
udział B – 75%

Krzyżowanie wypierające

(((A x B) x A) x A) x A

Powtarzające się krzyżowanie
wsteczne z tym samym rodzicem.
Udział A – 87,5%

Krzyżowanie wielokrotne –zbieżne,
wprowadzenie cech odmiany A



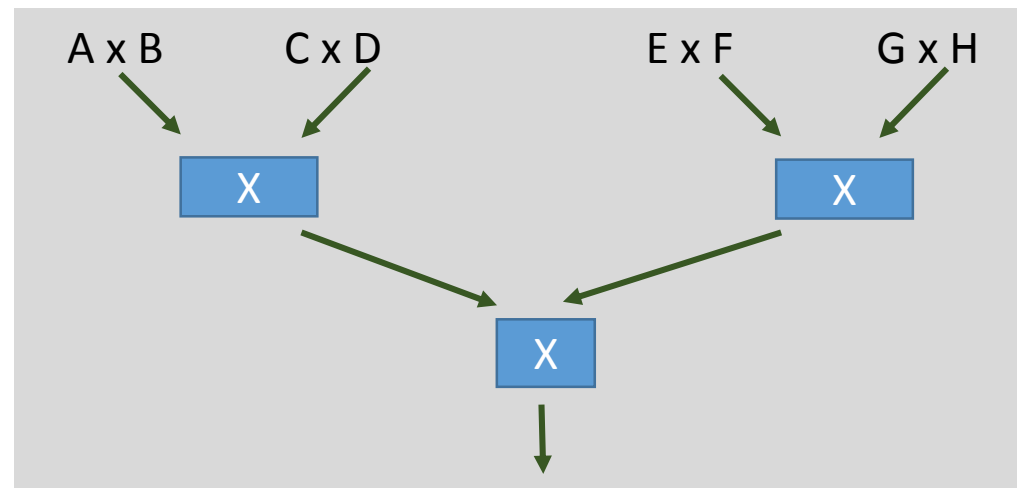
Udział A – 50%

Udział A – 50%

Udział A – 50%

Łączenie cech większej liczby
genotypów poprzez krzyżowanie
wielokrotne – „zbieżne”

Krzyżowanie wielokrotne –zbieżne,
maksymalna rekombinacja cech



Udział A – 12,5%

METODA RODOWODOWA

krzyżowanie dwóch roślin A x B o odmiennych genotypach

Pokolenie F₁ – heterozygotyczne ale homogeniczne (wyrównane), selekcja obejmuje wyłącznie eliminację roślin powstałych na skutek samozapylenia z powodu niedokładnej kastracji kwiatów

Liczba roślin F₁ zależy od liczby zapylonych kwiatów i zawiązanych nasion

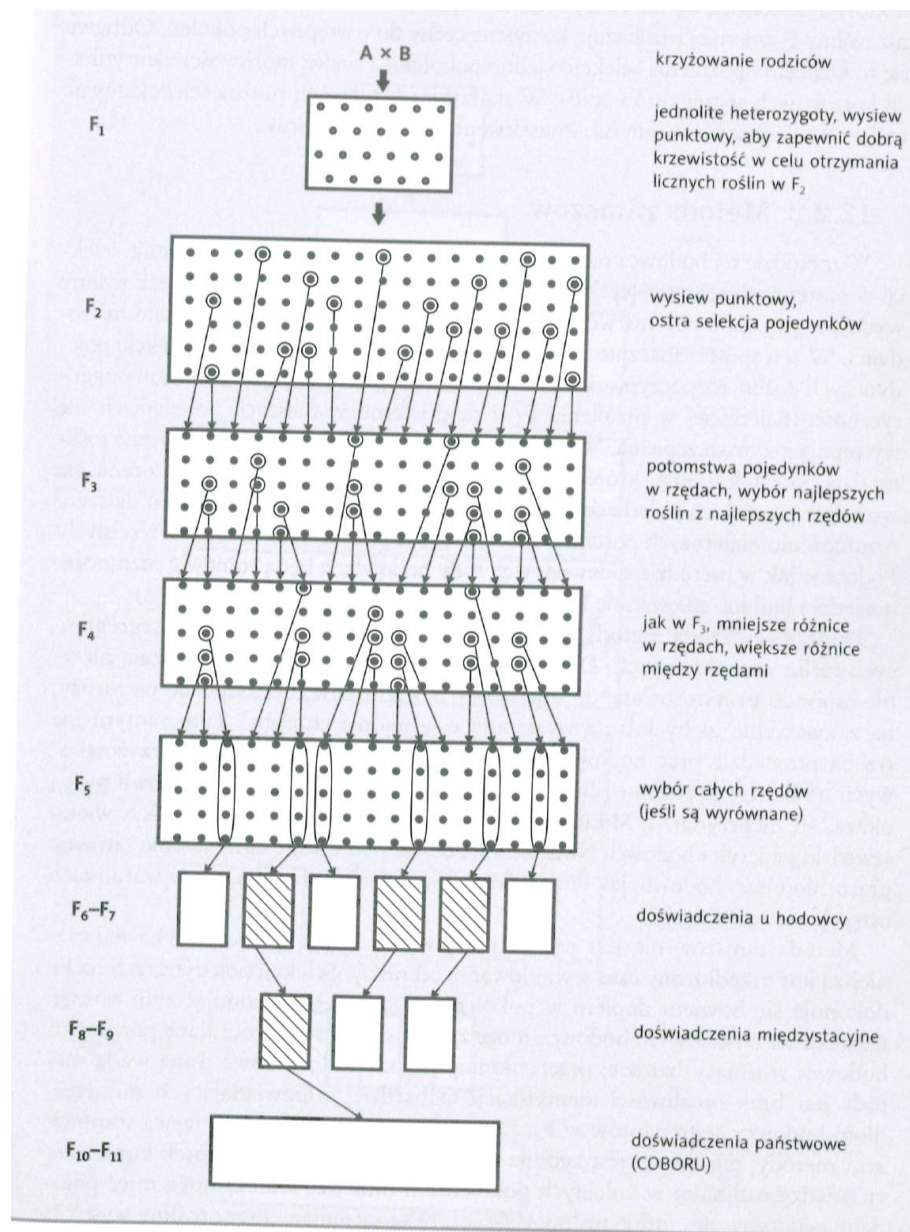
Pokolenie F₂ – segregujące, ujawniające potencjał określonej kombinacji krzyżówkowej

Pokolenie to ocenia się bardzo dokładnie pod względem cech morfologicznych, użytkowych i odporności na patogeny i szkodniki, dlatego liczba roślin powinna być duża. Znaczna część roślin w tym pokoleniu nie reprezentuje oczekiwanej wartości hodowlanej, to znaczy obok cech korzystnych zawiera także niekorzystne. Selekcja musi być ostra – wybieramy najwyżej 1 roślinę na 100

Pokolenie F₃ - heterogeniczne, heterozygotyczne, tworzą się w nim rodziny wyodrębniające się od innych choć wciąż jeszcze zróżnicowane wewnątrz. Rozpoczyna się dodatkowo ocena laboratoryjna materiałów hodowlanych (np.: zawartość białka, nikotyny, cukrów redukujących)

Pokolenie F₄ – F₆ – ocena wizualna i laboratoryjna, selekcja genotypów (rodzin) i fenotypów (osobników z rodziny). W obrębie rodzin pojawia się coraz większa jednolitość

Na ogół pełna lub prawie pełna homogeniczność rodzin obserwowana jest w pokoleniu F₅ lub F₆. Na tym etapie otrzymuje się czystą linię hodowlaną



Ryc. 12.2. Schemat hodowli roślin samopylnych metodą rodowodową

METODA RODOWODOWA

Pokolenie F6 – linia hodowlana, która jest poddawana ocenie wizualnej w rzędach, ocenie plonu i innych cech w doświadczeniach ścisłych (z powtórzeniami)

Jeśli formy rodzicielskie były mało zróżnicowane, to homogeniczność (jednolitość) uzyskuje się nawet w pokoleniu F4.

Linie lub mieszaniny kilku podobnych najlepszych linii, poddawane badaniom w doświadczeniach polowych i w laboratorium, nazywane są **rodami**.

Najlepsze rody stają się kandydatami do odmiany

Metoda pracochłonna, czasochłonna, wymagająca wielu obserwacji poszczególnych roślin (ok. 1-10 tys. osobników) i otrzymanych z nich potomstw. Najczęściej stosowana w hodowli od XIX wieku.



Doświadczenie polowe ścisłe z powtórzeniami obejmujące ocenę rodzin hodowlanych tytoniu

METODA RAMSZÓW

krzyżowanie dwóch roślin A x B o odmiennych genotypach

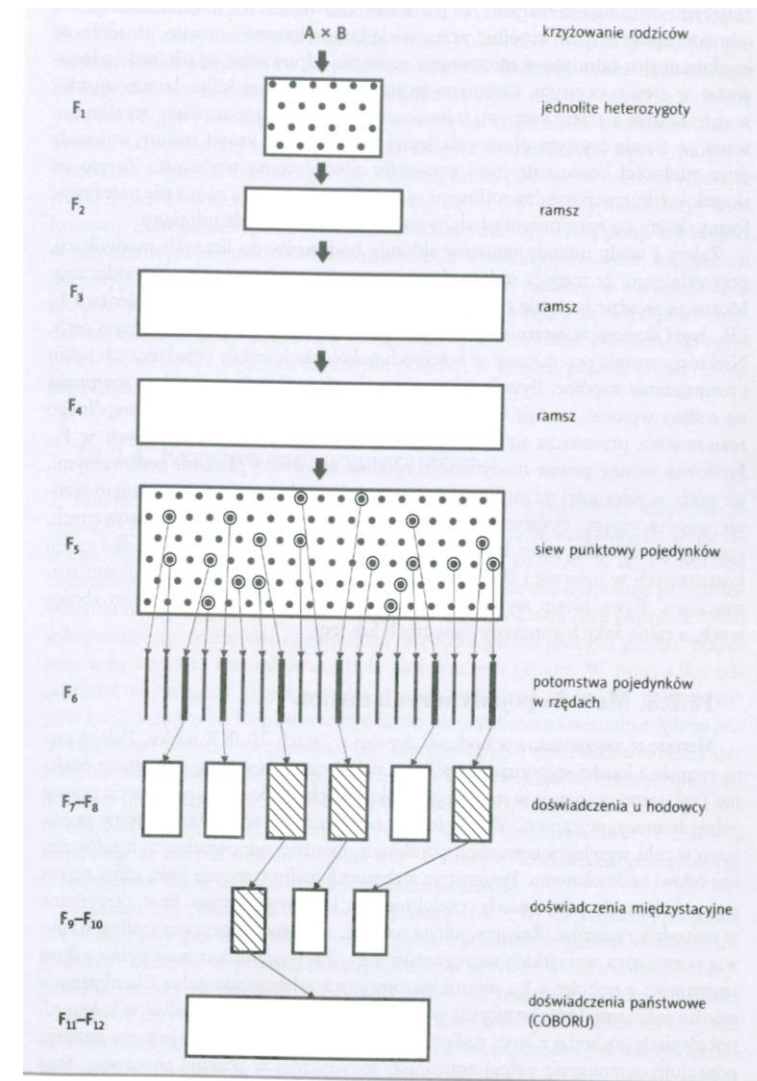
Hodowca nie wybiera roślin w pokoleniu F₂ i nie dokonuje selekcji w następnych segregujących pokoleniach. W ten sposób ogranicza się pracochłonność hodowli. **Selekcję pojedynczych roślin rozpoczyna się w momencie, gdy osiągają one stan homozygotyczności (najczęściej w pokoleniu F₆).** Wyselekcjonowane pojedyncze homozygotyczne rośliny dają początek liniom, które w pierwszym pokoleniu po rozmnożeniu ocenia się wizualnie na małych poletkach, a po dalszym rozmnożeniu najlepszych potomstw ocenia się ich plon w doświadczeniach ścisłych

Nie prowadzi się prac hodowlanych we wczesnych pokoleniach pokrzyżówkowych na bardzo licznych populacjach, które w późniejszych etapach hodowli mogą okazać się nieprzydatne.

Wady metody:

- czasochłonność,
- rejestracja odmiany później niż w przypadku metody rodowodowej,
- selekcja naturalna stanowiąca element metody nie zawsze jest zgodna z intencjami hodowcy (niekiedy pożądane genotypy przegrywają konkurencję z genotypami nieprzydatnymi)

Hodowcy alternatywnie stosują metody ramszów skróconych, ramszów cząstkowych



Ryc. 12.3. Schemat hodowli metodą ramszów

METODA POJEDYNCZYCH NASION

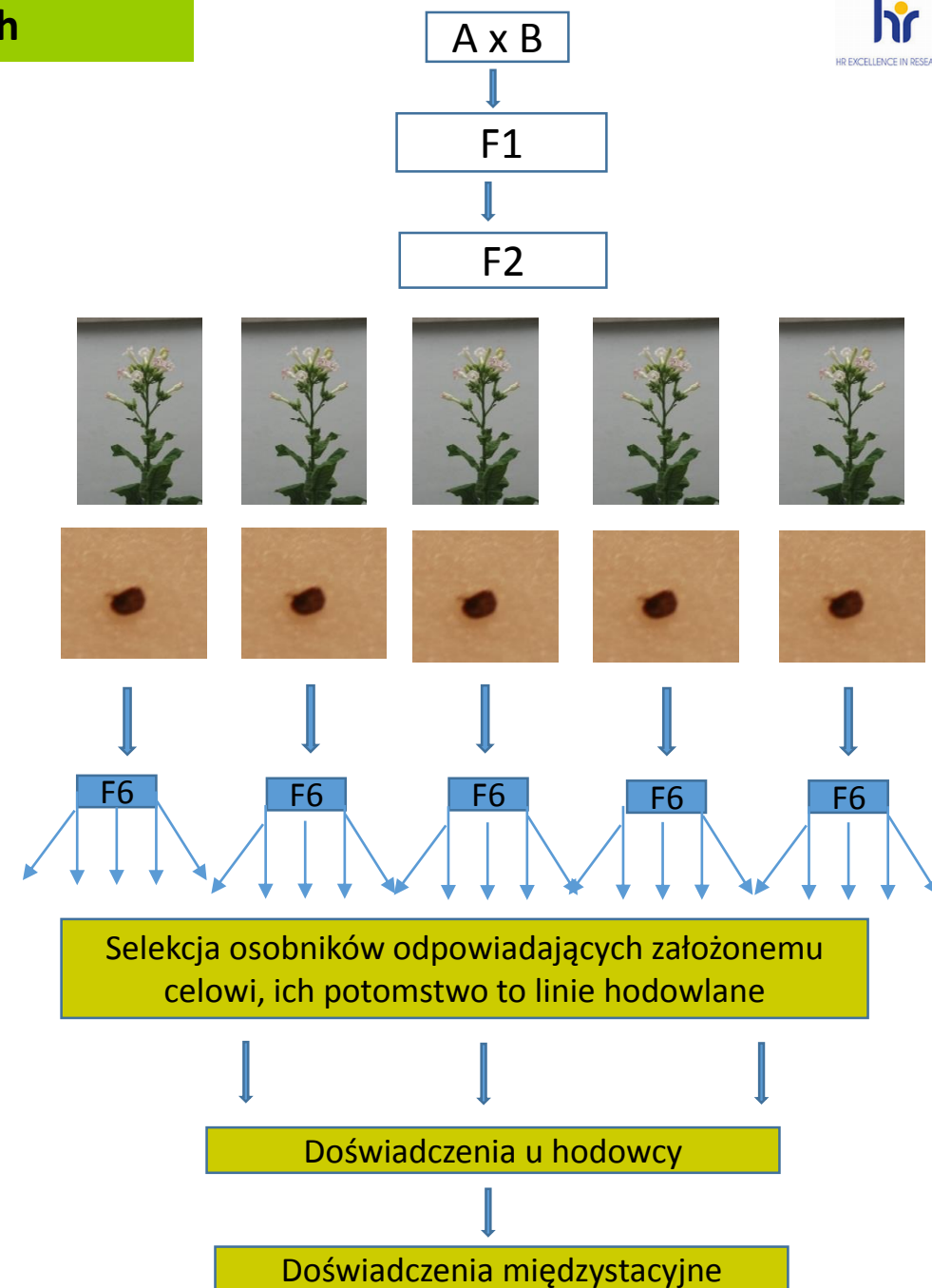
Z poszczególnych roślin F₂ (ok 1 tys.sztuk) zbiera się po jednym nasieniu i tak samo postępuje w następnych pokoleniach, aż do czasu osiągnięcia prawie pełnej homozygotyczności. W pokoleniu F₆ wysiewa się rośliny w celu wyselekcjonowania osobników najbardziej odpowiadających celowi hodowlanemu.

Zalety

Zachowany jest pełny zakres zmienności z pokolenia F₂, niezmieniony przez selekcję naturalną i konkurencję między roślinami, które występują w metodzie ramszów.



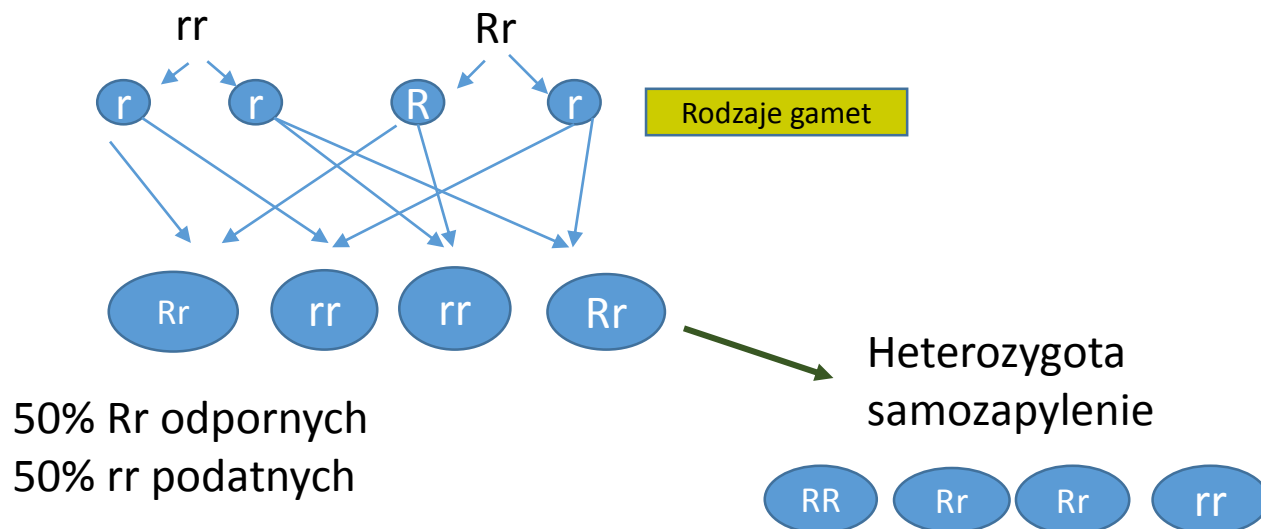
Nasiona tytoniu



KRZYŻOWANIE WYPIERAJĄCE

Powtarzające się krzyżowanie wsteczne z jednym z rodziców krzyżowania prostego nosi nazwę krzyżowania wypierającego $[(A \times B) \times A] \times A \dots$.
Ma ono zastosowanie gdy hodowca dysponuje dobrą odmianą ale chce ją poprawić o jakąś jedną cechę np.: odporność na chorobę wywoływaną przez grzyba, **warunkowaną pojedynczym genem, najlepiej dominującym.**

Odmiana podatna A x Odmiana odporna B

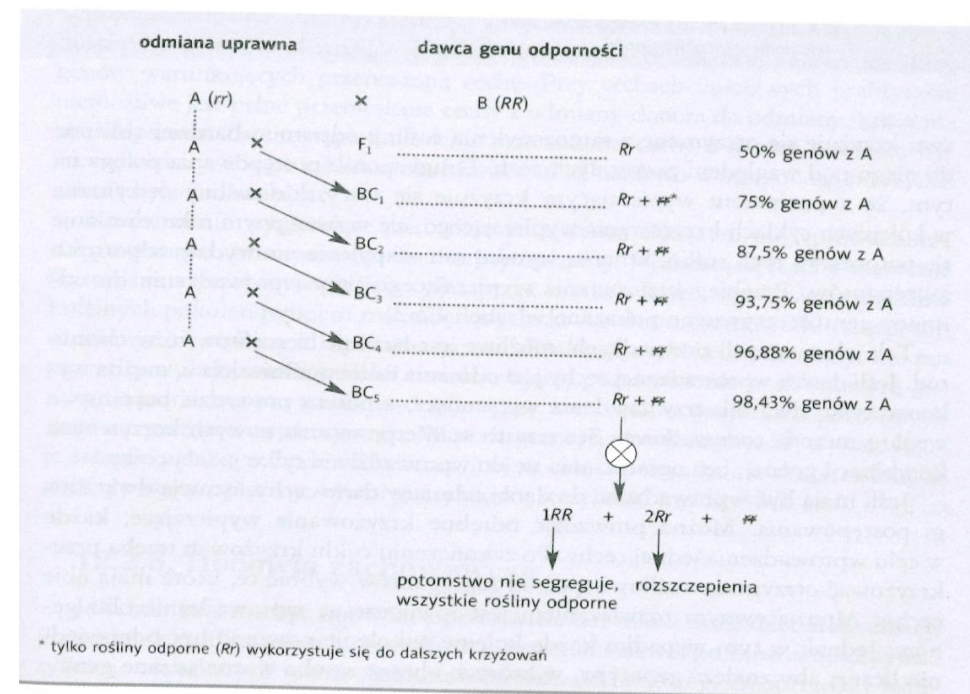


Liczba krzyżowań wstecznych zależy od charakteru odmiany donora, najczęściej jest to 6.

Tabela 12.1 Przebieg krzyżowania wypierającego (wprowadzanie genu dominującego):
A – odmiana dobra, ale wrażliwa (rr); B – odmiana słaba, ale odporna (RR)

Rok	Otrzymane pokolenie	Krzyżowanie	Średni % genów z odmiany A	Geny odporności
1	F ₁ AB	A × B	50,00	rr × RR → Rr
2	BC ₁ A ₂ B	(A × B) × A	75,00	Rr × rr → Rr + rr
3	BC ₂ A ₃ B	[(A × B) × A] × A ...	87,50	Rr × rr → Rr + rr
4	BC ₃ A ₄ B	... × A	93,75	Rr × rr → Rr + rr
5	BC ₄ A ₅ B	... × A	96,87	Rr × rr → Rr + rr
6	BC ₅ A ₆ B	... × A	98,43	Rr × rr → Rr + rr

Samozapylenie Rr → RR + Rr + Rr + rr
↓ ↓ ↓
RR rozszczepienia



Ryc. 12.4. Schemat krzyżowania wypierającego przy wprowadzeniu dominującego genu odporności RR do odmiany uprawnej

KRZYŻOWANIE WYPIERAJĄCE

Za pomocą krzyżowania wypierającego można osiągnąć cel hodowlany stosunkowo szybko (2-3 lata). Jest to metoda w znacznym stopniu przewidywalna chyba, że w odmianie dawcy występuje silne sprzężenie wprowadzanego genu z genem warunkującym niekorzystną cechę



Brązowa plamistość pomidora na tytoniu



Tytoń odmiana
Wiślica

X



Tytoń odmiana Polalta
(dawca odporności na TSWV)



Mieszaniec F1

KRZYŻOWANIE WYPIERAJĄCE

Przenoszenie do odmiany uprawnej cech warunkowanych genem recesywnym wymaga przeprowadzenie samozapylenia po każdorazowym krzyżowaniu z partnerem wypierającym.

Jeśli dawca jest odmianą ogólnie dobrą, to możemy wykonać tylko dwa lub trzy zapylenia wypierające, a potem prowadzić potomstwa metodą rodowodową

Jeśli chcemy wprowadzić do danej odmiany dwie cechy, to możemy prowadzić odrębne krzyżowania wypierające, każde w celu wprowadzenia jednej cechy. Po zakończeniu cyklu krzyżowań trzeba przekrzyżować otrzymane rośliny i spośród segregantów wybrać te które mają obie cechy

Tabela 12.2. Przebieg krzyżowania wypierającego (wprowadzanie genu recesywnego):
A – odmiana dobra, ale wrażliwa (*RR*); B – odmiana słaba, ale odporna (*rr*)

Rok	Otrzymane pokolenie	Krzyżowanie	Średni % genów z odmiany A	Geny odporności
1	F ₁ AB	A × B	50	<i>RR</i> × <i>rr</i> → <i>Rr</i>
2	BC ₁ A ₂ B	(A × B) × A	75	<i>Rr</i> × <i>RR</i> → <i>Rr</i> + <i>RR</i>

Rośliny *Rr* i *RR* nie różnią się fenotypowo. W każdym pokoleniu konieczna jest identyfikacja roślin *Rr* jednym z dwóch sposobów:

- 1) samozapylenie:
 - Rr* → *RR*, *Rr*, *Rr*, *rr* (wybór do dalszych krzyżowań odpornych roślin *rr*)
 - RR* → *RR* (wszystkie rośliny wrażliwe)
 - Przedłużenie cyklu hodowlanego
- 2) samozapylenie z równoczesnym krzyżowaniem wypierającym:
 - krzyżowanie [(A × B) × A] × A... pokolenie BC₂
 - samozapylenie:
 - Rr* → *RR*, *Rr*, *Rr*, *rr* (w potomstwie występują rośliny odporne *rr*, wykonane krzyżowania wypierające z rośliną *Rr* są kontynuowane)
 - RR* → *RR* (w potomstwie brak roślin odpornych, wykonane krzyżowania wypierające z rośliną *RR* są odrzucone)
 - Zwiększenie prędkości

KRZYŻOWANIE WYPIERAJĄCE

Przenoszenie za pomocą krzyżowania wypierającego cech ilościowych

- Wraz ze wzrostem liczby genów decydujących o cesze, w segregujących pokoleniach zmniejsza się procentowy udział roślin o pożądanym genotypie, dlatego całkowita liczba roślin musi być duża. Dodatkowo zaznacza się wpływ warunków środowiska na ekspresję genów, w wyniku czego identyfikacja poświadanych genotypów jest dużo trudniejsza.
- Przy cechach ilościowych praktycznie niemożliwe jest pełne przeniesienie cechy z odmiany donora do odmiany biorcy.

Krzyżowanie wypierające jest narzędziem do wprowadzania zestawu chromosomów dawcy do cytoplazmy biorcy. Odbywa się poprzez zapylenie przez szereg pokoleń roślin matecznych pyłkiem roślin stanowiących dawcę chromosomów. W efekcie powstają **rośliny alloplazmatyczne**

W praktyce zabieg ten wykorzystuje się do wprowadzenia do określonych genotypów cytoplazmy wywołującej męską sterylność (CMS)

HODOWLA ZACHOWAWCZA

Głównym celem hodowli zachowawczej jest utrzymanie genetycznie utrwalonych cech danej odmiany przez szereg lat i pokoleń (zapobieganie wyradzaniu się odmiany). Dzięki pracom hodowlanym prowadzonym w ściśle kontrolowany sposób powstaje kwalifikowany materiał siewny.

Hodowla zachowawcza prowadzona jest przy użyciu dwóch metod selekcji: **selekcji masowej** i **selekcji linii**

Selekcja masowa

Polega na wyborze pożądanych roślin, ocenie fenotypu nie genotypu, uzyskaniu nasion i wspólnym wysiewie w następnym roku

Selekcja linii

Hodowcy dokonują wyboru pojedynczych roślin i oceny ich potomstw na większych poletkach bez powtórzeń

Szczegółowość hodowli i długotrwałość cyklu hodowli zachowawczej zależy od gatunku rośliny, decyzji hodowcy i funduszy

- Określenie wartości pojedynczych roślin w pierwszym segregującym pokoleniu F2 poprzez:
- Założenie doświadczeń poletkowych i zapewnienie roślinom jednakowych warunków (stałe odstępy między roślinami, warunki uprawy zbliżone do warunków produkcyjnych)
- Wysianie odmiany wzorcowej między badanymi potomstwami hodowlanymi
- Dokonanie oceny wizualnej roślin
- Orientacyjna ocena plonu na małych poletkach (w przypadku tytoniu poletka o powierzchni 25 m², a zbóż ok 1 m²).
- Ocena plonu, wyselekcjonowanych materiałów hodowlanych na poletkach większych (dla tytoniu o powierzchni 75 m² a dla zbóż 10 m² w doświadczeniach wielopowtórzeniowych ścisłych)
- Ocena najlepszych rodów w doświadczeniach polowych ścisłych, zakładanych w kilku miejscowościach, reprezentujących odmienne warunki środowiskowe
- Unikanie błędu doświadczalnego przy porównywaniu plonu z różnych obiektów np.: w tytoniu stosuje się rzędy brzeżne, w zbożach zalecany jest pas ochronny od czoła i od tyłu poletka o szerokości 0,5 m
- Wyeliminowanie wpływów sąsiedzkich np.: wysokie rzędy sąsiedzkie mogą zacieniać rośliny niższe
- Eliminowanie zmienności glebowej poprzez wysiew badanych obiektów w kilku powtórzeniach



XVIII- XIX – bujność mieszańców pierwszego pokolenia otrzymanych po skrzyżowaniu roślin

1909 rok – początek hodowli heterozyjnej kukurydzy

1914 rok - wprowadzenie terminu heterozja (zwiększeniu wartości fenotypowej cech ilościowych pierwszego pokolenia mieszańców (F1) w odniesieniu do homozygotycznych rodziców)

Odmiana mieszańcowa – pokolenie F1 roślin powstałych ze skrzyżowania odpowiednio dobranych genetycznie zróżnicowanych rodziców w celu wykorzystania zjawiska mieszańcowej bujności, czyli heterozji. Odmiany mieszańcowe charakteryzują się zwiększonym w stosunku do form rodzicielskich plonem i znacznym wyrównaniem. Odmiany mieszańcowe są bardzo popularne w kukurydzy, ale także w buraku, sorgo ryżu, rzepaku, pomidorze, ogórku i tytoniu

2003 rok – ustawa o nasiennictwie - **odmiana mieszańcowa** oznacza odmianę, której materiał siewny jest wytwarzany każdorazowo przez krzyżowanie określonych zbiorowości roślin, zgodnie z podanym przez hodowcę tej odmiany sposobem i kolejnością

Hodowla odmian mieszańcowych jest:

- pracochłonna,
- długotrwała
- kosztowna, dlatego jest opłacalna tylko wtedy gdy efekt heterozji jest duży i znaczenie gatunku stwarza duże zapotrzebowanie na nasiona.
- niemożność odtwarzania nasion odmian mieszańcowych przez rolników, a niekiedy również obecność systemu CMS w jednym z komponentów rodzicielskich zapewnia hodowcom i firmom nasiennym ochronę praw własności i odpowiednie przychody ze sprzedaży nasion.

Powtarzalność i jednolitość genotypu

- Uzyskanie heterozji jest możliwe tylko wtedy gdy efekt będzie powtarzalny w czasie i u wszystkich roślin
- Hodowca musi dysponować powtarzalnymi genotypami wytwarzającymi ujednolicone gamety
- Hodowca musi posiadać **homozygotyczne linie wsobne**, które można uzyskać poprzez **wieloletni chów wsobny** albo poprzez wyprowadzenie linii DH z haploidów, otrzymanych w wyniku **krzyżowania form genetycznie odległych** lub dzięki procesom **indukowanej androgenezy lub gynogenezy**

Chów wsobny – wymuszone przez kilka pokoleń samozapylenie rośliny obcopylnej prowadzące do wytworzenia **homozygotycznych linii wsobnych** $S_0, S_1, S_2, \dots$

U gatunków wiatropylnych mających kwiaty obupłciowe następuje to poprzez założenie izolatorów na kwiaty, kwiatostany.

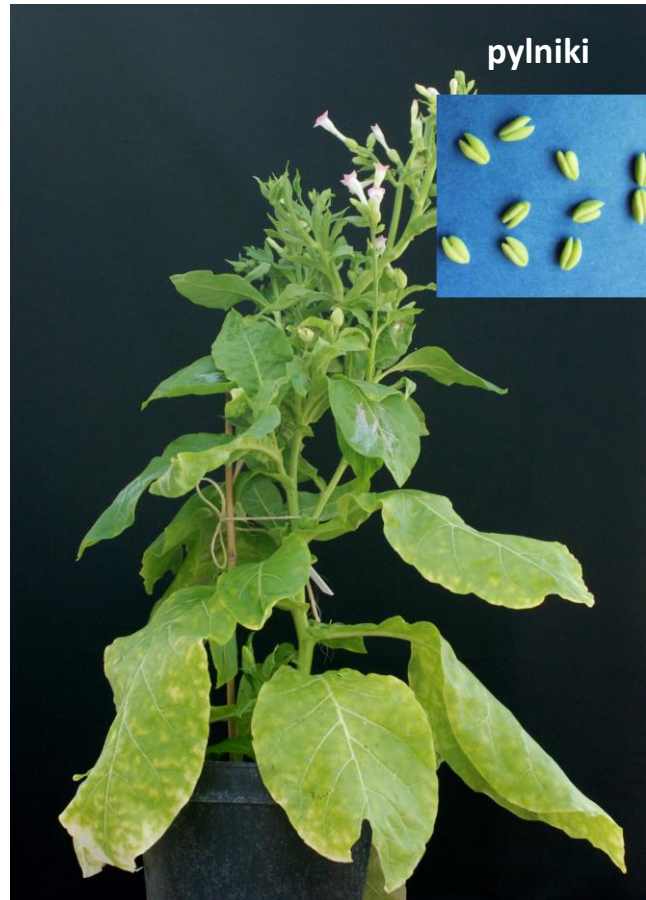
U roślin owadopylnych następuje to poprzez założenie izolatora na kwiaty i pocieranie kwiatostanów

Linie wsobne są niezmiennie przez wiele lat i nie podlegają zmianom genetycznym pod wpływem presji środowiska

Podwojone haploidy – homozygoty uzyskane po podwojeniu liczby chromosomów roślin **haploidalnych**. W warunkach normalnych spontaniczne **haploidy** są rzadkie i niezauważane. Można je indukować poprzez:

- stosowanie pyłku linii ojcowskich będących „markerami zarodkowymi” do zapylania roślin matecznych
- samorzutną eliminację chromosomów w wyniku odległych krzyżowań (np.: *N. tabacum* x *N. africana*)
- androgenezę (kultury pylników lub mikrospor)
- gynogenezę (kultury niezapylonych zalążków lub zalążni)

Uzyskiwanie podwojonych haploidów



mieszaniec F₁

Efektywność androgenezy zależy
od natężenia stresu, czasu
trwania stresu, genotypu

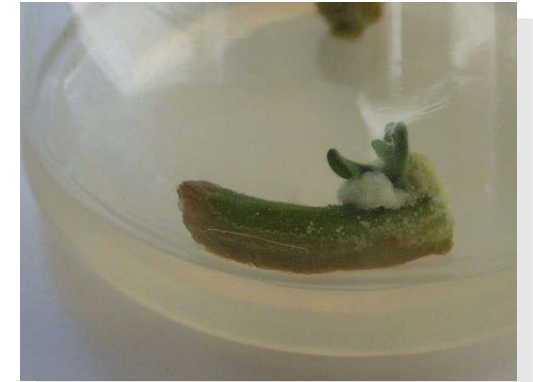


haploidy kiełkujące z komórek
macierzystych pyłku, pożywka
Nitscha (kinetyna 0,1 mg/l, IAA
0,1 mg/l)



haploid

fragment rdzenia łodygi



Pożywka Lloyd, kinetyna 2,0
mg/l, IAA 2,0 mg/l kwas foliowy
0,5 mg/l



regeneracja roślin *in vitro*

selekcja linii DH



ocena stopnia
ploidalności roślin

W wyniku krzyżowania homozygotycznych linii wsobnych powstają **mieszańce liniowe**

Mieszańce pojedyncze SC (ang. single cross)– utworzone z krzyżowania linii A i B o formule **A x B**

Wykazują jednolitość gdyż pochodzą ze skrzyżowania dwóch homozygot. Brak akceptacji zainteresowania rolników w przypadku SC kukurydzy z uwagi na:

- Wysokie koszty chowu wsobnego
- Depresję wsobną linii rodzicielskich
- Małą ilość nasion
- Wysoką cenę nasion

Mieszańce podwójne DC (ang. double cross)– utworzone z czterech linii wsobnych: A, B, C, D

I rok – A x B oraz C x D

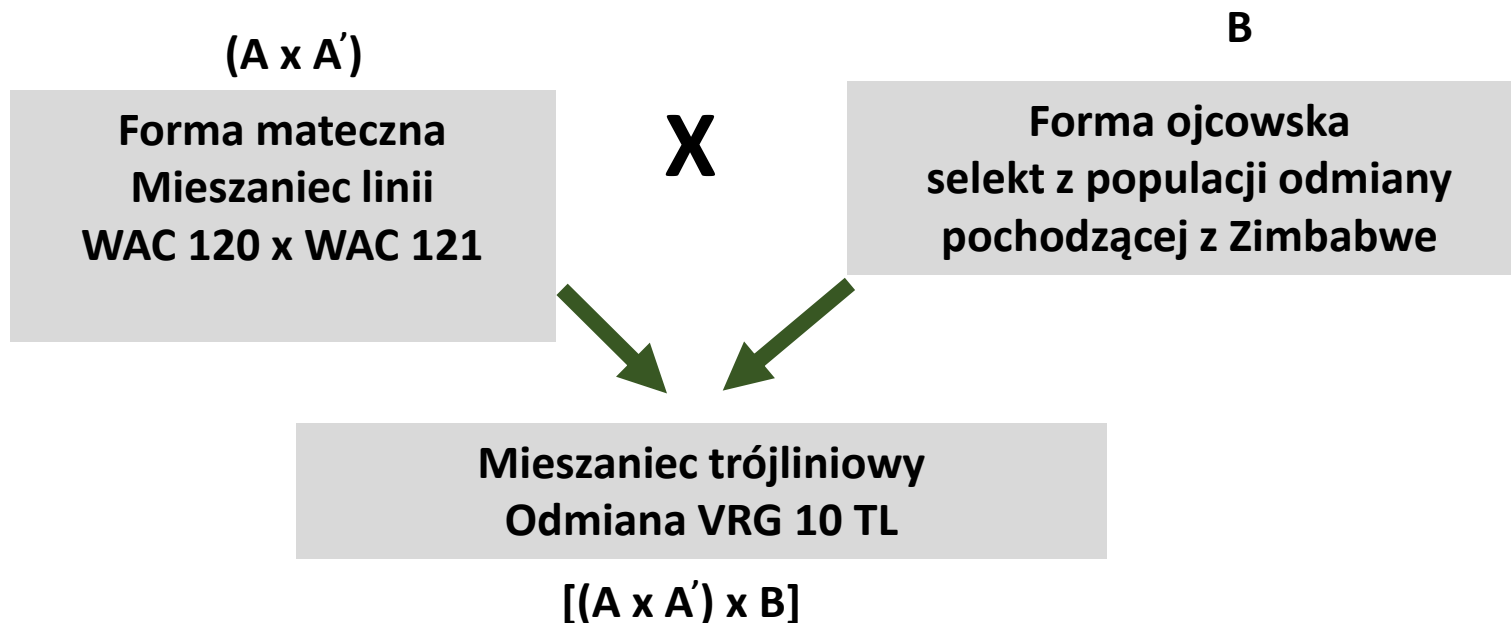
II rok – **[(A x B) x (C x D)]**

- Duża liczba nasion
- Tanie nasiona
- Pojawiają się rozszczepienia fenotypu, mniejsze wyrównanie w stosunku do SC

Mieszańce trójliniowe TC (ang. three way cross) – utworzone z dwóch lub trzech linii wsobnych, o formule **[(A x B) x C]** lub **[(A x A') x B]**

- Duża liczba nasion
- Lepsze dostosowanie do różnych warunków siedliska w porównaniu z SC
- Lekkie niewyrównanie fenotypu
- Tańsza produkcja nasion niż w przypadku DC

Krzyżowanie międzyodmianowe – mieszańce trójliniowe



- Cechuje się większą zmiennością genetyczną od form rodzicielskich
- Mniej wyrównany pod względem cech morfologicznych
- Lepiej dostosowuje się do gorszych warunków glebowych
- Wysoko plonujący

**Odmiana VRG 10 TL zgłoszona
do COBORU w 2016 r.**

Mieszańce odmianowe – powstają z **krzyżowania między odmianami, bez prowadzenia chowu wsobnego**

- Wytwarzanie nasion jest mało kosztowne (zwłaszcza przy wykorzystaniu jako form matecznych odmian CMS)
- Efekt heterozji mały gdyż wynika ze średniego zróżnicowania genetycznego między odmianami
- Wyrównanie roślin mieszańca odpowiada wyrównaniu roślin w odmianach rodzicielskich

A – odmiana mateczna Wiślica CMS (wysoka produktywność, system cytoplazmatycznej męskiej sterility)

B - linia ojcowska WGLB (odporność na *Thielaviopsis basicola* pochodząca od *Nicotiana glauca*)



Odmiana Wigola zgłoszona do
COBORU w 2012 roku

