

## Temat : **Prawa Mendla**



**Grzegorz Mendel** (1822-1884) urodził się w Heinzendorf, na Morawach

(obecnie Czechy). W wieku dwudziestu dwóch lat wstąpił do Zakonu Augustynów w Brnie. Został zakonnikiem w 1847. Mendel otrzymał przydział do wykonywania posług kapłańskich, ale szybko okazało się, że ma zdolności nauczycielskie. Wysłano go do szkoły średniej w Znaim gdzie zgotowano mu dobre przyjęcie. Niestety nie udało mu się zdać egzaminu dającego mu certyfikat nauczyciela. Egzaminu nie mógł ponowić wcześniej niż za rok. Opat, przekonany o jego zdolnościach intelektualnych, wysłał go na Uniwersytet Wiedeński, aby lepiej przygotował się do ponownego egzaminu. Mendel spędził tam cztery semestry od 1851 do 1853 i uczestniczył w seminariach i odczytach z nauk biologicznych i matematyki. Po powrocie do Brna, chciał uzyskać w końcu certyfikat nauczyciela, lecz zachorował przed egzaminem i nigdy więcej już do niego nie podszedł.

Wiedza, uzyskana na uniwersytecie pozwoliła mu w roku 1857 rozpocząć eksperymenty. Używając trzydziestu dwóch różnych rodzajów grochu siewnego (*Pisum sativum*), które były testowane pod względem czystości genetycznej, starał się stwierdzić, czy jest możliwe uzyskanie nowych gatunków poprzez krzyżowanie. W wyniku swych prac Mendel sformułował dwa prawa - reguły dotyczące sposobu przekazywania cech potomstwu, które znane są obecnie jako **segregacji** i **dziedziczenia niezależnego**. Prawa te były dowodem na istnienie elementów, zwanych **genami**, oraz stwierdzały jakie zasady nimi rządzą. Grzegorz Mendel był pierwszym naukowcem, który zrozumiał wagę zastosowania statystyki i matematyki w naukach biologicznych. Swoje eksperymenty i wnioski zawarł w dziele "Versuche oeber Pflanzenhybriden" („Badania nad mieszańcami roślin...”) opublikowanym w 1865 roku. Choć tekst ten rozesłany został do 133 stowarzyszeń naukowych, został zignorowany. Na szczęście dla Mendla w roku 1900 trzech botaników: Hugo de Vries, Carl Correns, E. von Tschermak ponownie zweryfikowało jego teorie i doprowadziło do ponownego odkrycia jego praw.

**Pierwsze prawo Mendla**, zwane **prawem czystości gamet**, mówi, że każdy organizm posiada dwa czynniki (obecnie zwane genami allelicznymi, tzw. **allele**) rządzące pojawieniem się danej cechy, które organizm otrzymuje od swoich rodziców, po jednym od każdego, natomiast w komórkach rozrodczych (**gametach**) znajduje się zawsze tylko jeden taki czynnik.

Geny występują u osobników parami i w czasie powstawania gamet oddzielają się od siebie (segregują) oraz przechodzą do różnych gamet w ten sposób, że każda gameta zawiera jeden gen każdego rodzaju (allel).

Jeżeli np. rodzice (pokolenie **P**) są różnymi homozygotami o barwie kwiatów czerwonej (geny **AA**) i białej (geny **bb**), to powstałe potomstwo (pokolenie **F<sub>1</sub>**) będzie miało w swoim genotypie po jednym genie od rodziców (**Ab**), a w pokoleniu drugim (pokolenie **F<sub>2</sub>**), powstałym wskutek samozapylenia osobników pokolenia **F<sub>1</sub>**, nastąpi rozszczepienie cech w genotypach na typy **AA**, **Ab**, **bb** w stosunku **1:2:1**.

**Prawo czystości gamet (I Prawo Mendla)**

*W gametach allele samej pary, czyli tego samego genu wzajemnie się  
wykluczają.*

**Drugie prawo Mendla**, zwane **prawem niezależnej segregacji**, dotyczy dziedziczenia dwóch lub więcej cech i mówi, że cechy te, np. barwa i kształt nasion grochu siewnego, dziedziczą się niezależnie, co, jak obecnie wiadomo, jest słuszne, o ile geny determinujące te cechy nie są sprzężone, tzn. są zlokalizowane w różnych, niehomologicznych, chromosomach.

Każdy z genów jednej pary segreguje od drugiego genu w czasie mejozy niezależnie od genów innych par i jest sprawa przypadku do której gamety on wejdzie.

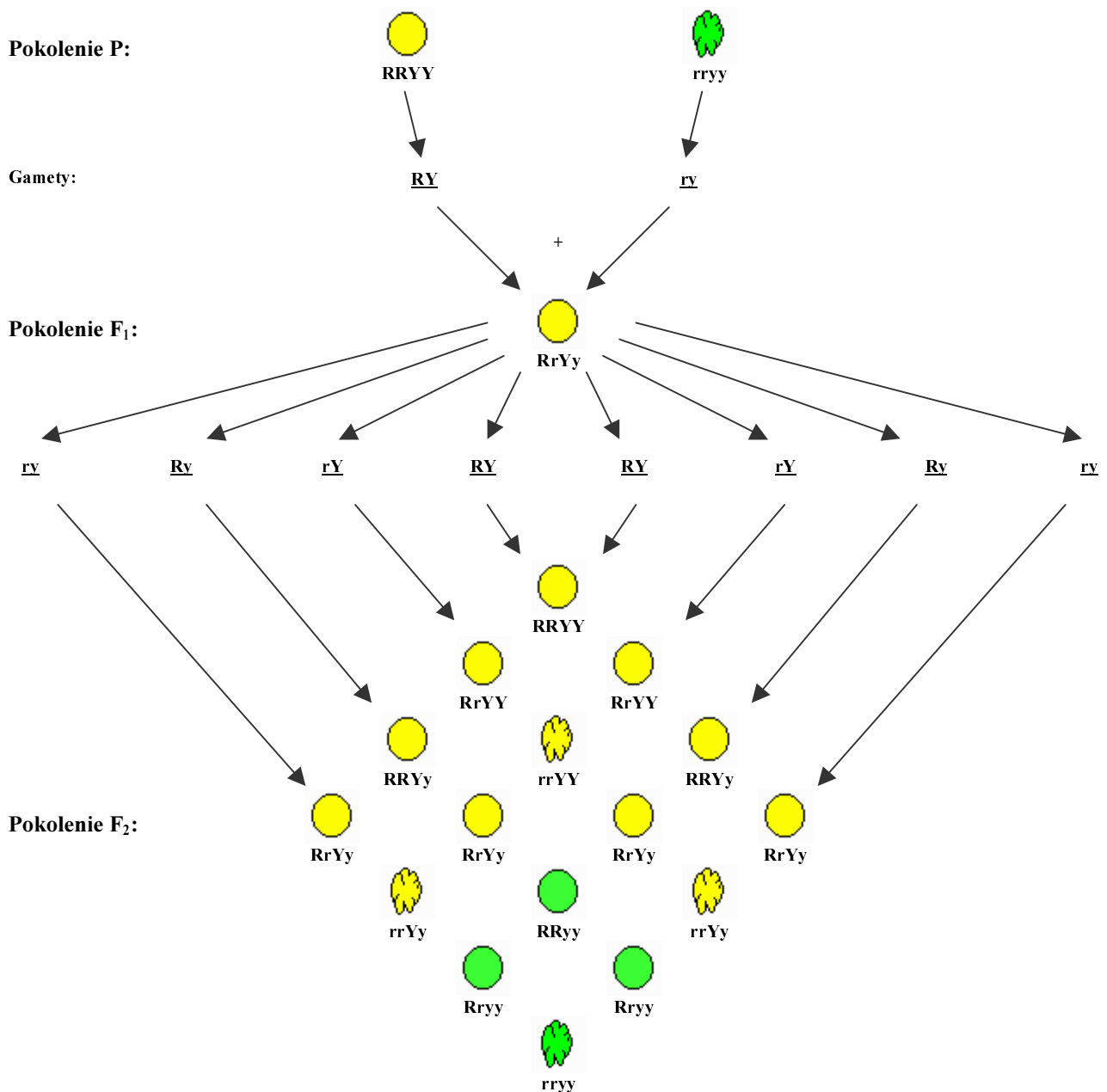
**Prawo niezależnej segregacji** dotyczy dziedziczenia dwóch różnych cech, z których każda ma swą formę dominującą i recesywną. Mówi ono, że takie dwie różne cechy segregują w kolejnych pokoleniach niezależnie od siebie.

Przykładem są ponownie rośliny grochu. W tym przypadku jednak rozpatrujemy dwie cechy nasion: barwę i rodzaj powierzchni. Cechami dominującymi są: żółta barwa i gładka powierzchnia nasion. Jeśli oznaczymy: **R** - gładka powierzchnia, **r** - pomarszczona powierzchnia, **Y** - żółta barwa, **y** - zielona barwa nasion, to podwójne homozygoty będą miały genotyp **RRYY** i **rryy**. W przypadku skrzyżowania takich homozygotycznych rodziców otrzymujemy w pokoleniu **F<sub>1</sub>** jednolite potomstwo podwójnie heterozygotyczne o genotypie **RrYy**, czyli o dominującym fenotypie nasion żółtych i gładkich. Jednak w pokoleniu **F<sub>2</sub>** rozkład genotypów i fenotypów jest bardziej złożony. Dzięki niezależnej segregacji obu genów heterozygoty **RrYy** mogą produkować cztery rodzaje gamet: **RY**, **Ry**, **rY** i **ry**. Z kolei gamety te łączą się dowolnie, tworząc 16 kombinacji, z których dziewięć to różne genotypy: **RRYY**, **RRYy**, **RrYY**, **RrYy**, **RRyy**, **Rryy**, **rrYy**, **rrYY** i **rryy**. Cztery pierwsze genotypy dają nasiona żółte i gładkie, dwa następne – zielone i gładkie, dwa kolejne – żółte i pomarszczone, zaś ostatni – zielony i pomarszczony. Jak można wyliczyć, stosunki ilościowe między genotypami wynoszą dla genotypów uszeregowanych tak jak wyżej **1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 2 : 1 : 1**. Wynika z tego jasno, że obserwowane rozszczepienie fenotypów jest następujące: **żółte-gładkie : żółte-pomarszczone : zielone-gładkie : zielone-pomarszczone** jak **9 : 3 : 3 : 1**.

**Prawo niezależnej segregacji (II Prawo Mendla)**

*Allele należące do jednej pary dziedziczą się niezależnie od cech należących do  
innej pary.*

Poniższy schemat ilustruje niezależne dziedziczenie dwóch cech, czyli mechanizm działania **drugiego Prawa Mendla**. Są nimi: barwa i rodzaj powierzchni nasion grochu. Przedstawiono krzyżówkę dwóch podwójnie homozygotycznych odmian grochu o nasionach okrągłych i żółtych oraz pomarszczonych i zielonych. Barwą dominującą jest kolor żółty, a dominującą powierzchnią nasion grochu jest kształt okrągły.



Te podstawowe reguły dziedziczenia cech nazywamy **genetyką mendlowską**. U podstaw tych reguł leży sposób podziału materiału genetycznego w czasie mejozy. W wyniku podziału w każdej gamecie znajduje się tylko jeden chromosom homologiczny. W zygocie jeden chromosom homologiczny pochodzi od jednego, drugi od drugiego z rodziców.

Geny znajdujące się w tych samych miejscach chromosomów homologicznych, lecz odpowiedzialne za alternatywne formy cechy nazywamy **allelami**. Komórka diploidalna może być homo- lub hetero-zygotą pod względem genu. Dziedziczenie genotypów i fenotypów w kolejnych pokoleniach krzyżówki

dwóch homozygot opisuje **I Prawo Mendla**. W homozygocie jeden z alleli może dominować nad drugim; wówczas homozygota dominująca i heterozygota mają te same fenotypy. Odróżnienie homozygoty dominującej od heterozygoty jest możliwe za pomocą analizy krzyżówki testowej z homozygotą recesywną. Niezależne dziedziczenie dwóch cech opisuje **II Prawo Mendla**.

### Geny dopełniające się

*Są to takie geny, które warunkują wystąpienie jednej cechy. Cecha pojawi się, gdy pojawi się chociaż jeden allel dominujący.*

### Zadanie

U muszki owocowej (*Drosophila Melandgaster*) dominujący gen powoduje wykształcenie okrągłych oczu, natomiast recesywny gen powoduje powstanie oczu zwężonych. Inny gen dominujący powoduje wykształcenie skrzydeł, a homozygoty recesywne są pozbawione skrzydeł. Skrzyżowano dwie muszki: samicę o zwężonych oczach z samcem bez skrzydeł. W pokoleniu  $F_1$  otrzymano wszystkie muszki o oczach okrągłych i ze skrzydłami. Podaj stosunek osobników ze skrzydłami do osobników bez skrzydeł w fenotypie pokolenia  $F_2$ .

Oznaczmy:

- O** - dominujący gen odpowiadający za okrągłe oczy
- o** - recesywny gen odpowiadający za zwężone oczy
- S** - dominujący gen odpowiadający za wykształcenie skrzydeł
- s** - recesywny gen odpowiadający za brak skrzydeł

Wiemy, że:

- samica ma zwężone oczy, a zatem pod względem tej cechy jest homozygotą recesywną (ma geny **oo**)
- samiec nie ma skrzydeł, a więc też jest homozygotą recesywną (posiada geny **ss**)
- osobniki w pokoleniu  $F_1$  mają skrzydła i okrągłe oczy, mają też na pewno od rodziców geny: **s** i **o**; pomimo iż mają geny recesywne cechy homozygot recesywnych się u nich nie ujawniły, a więc są podwójnymi heterozygotami, genami dopełniającymi muszą być **S** i **O**.

Pokolenie **P**:

(samica) **ooSS**

**OOss** (samiec)

Gamety:



**oS**



**Os**

+

Pokolenie **F<sub>1</sub>**:

**OoSs**

Gamety:

**OS**

**Os**

**oS**

**os**

Osobnik z pokolenia  $F_1$  może wytworzyć cztery rodzaje gamet. Zamiast rozrysowywać schemat możemy wprowadzić tabelkę, w której rozróżnimy osobniki jakie mogą powstać.

	OS	Os	oS	os
OS	O <sup>o</sup> SS <sup>1</sup>	O <sup>o</sup> SS <sup>2</sup>	O <sup>o</sup> SS <sup>3</sup>	O <sup>o</sup> Ss <sup>4</sup>
Os	O <sup>o</sup> Ss <sup>5</sup>	O <sup>o</sup> ss <sup>6</sup>	O <sup>o</sup> Ss <sup>7</sup>	O <sup>o</sup> ss <sup>8</sup>
oS	O <sup>o</sup> SS <sup>9</sup>	O <sup>o</sup> Ss <sup>10</sup>	ooSS <sup>11</sup>	ooSs <sup>12</sup>
os	O <sup>o</sup> Ss <sup>13</sup>	O <sup>o</sup> ss <sup>14</sup>	ooSs <sup>15</sup>	ooss <sup>16</sup>

Legenda:

- - posiada oczy okrągłe
- - posiada oczy zwężone
- - posiada skrzydła
- - nie ma skrzydeł

Następnie wnioskujemy, że są możliwe cztery różne osobniki:

- muszka owocowa o oczach okrągłych i ze skrzydłami (osobniki nr: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13) powstająca z prawdopodobieństwem 56,25% (9/16).
- muszka o oczach okrągłych bez skrzydeł (osobniki nr: 6, 8, 14) – 18,75% (3/16).
- muszka o oczach zwężonych i ze skrzydełkami (osobniki nr: 11, 12, 15) – także 18,75% (3/16).
- muszka o oczach zwężonych bez skrzydeł (osobnik nr 16) – szansa powstania wynosi 6,25% (1/16).

A zatem nasz fenotyp pokolenia  $F_2$  będzie wynosił do odpowiednio wymienianych osobników jak **9:3:3:1**. Dodając odpowiednio osobniki ze skrzydełkami i osobniki bez skrzydeł otrzymujemy liczby 12 i 4.

$$\frac{\text{Osobniki ze skrzydełkami}}{\text{Osobniki bez skrzydełek}} = \frac{12}{4}$$

Odp.: Stosunek osobników ze skrzydełkami do osobników bez skrzydeł w fenotypie pokolenia  $F_2$  wynosi 3.

Rafał Kluszczyński  
Grudzień 1999