

# ZADANIE 41

## **BADANIA NAD GENETYCZNYM UWARUNKOWANIEM WYBRANYCH CECH UŻYTKOWYCH TRUSKAWKI (POWTARZANIE OWOCOWANIA, WIELKOŚĆ I JAKOŚĆ PŁONU, ZDROWOTNOŚĆ ROŚLIN) W OPARCIU O ANALIZĘ BIOMETRYCZNĄ I MOLEKULARNĄ**

**POSTĘP BIOLOGICZNY**  
**Okres realizacji: 2025**

### **KIEROWNIK ZADANIA 41**

**dr hab. Agnieszka Masny, prof. IO**  
**e-mail: [Agnieszka.Masny@inhort.pl](mailto:Agnieszka.Masny@inhort.pl)**

**Wykonawcy:** prof. dr hab. Stanisław Pluta, dr hab. Monika Mieszczakowska-Frać, prof. IO, dr Anita Kuras, dr Mariusz Lewandowski, dr Sylwester Masny, dr Łukasz Seliga, dr Marek Szymajda, dr Sylwia Keller-Przybyłkowicz, dr Justyna Szwejda-Grzybowska, mgr Jolanta Kubik, mgr Monika Zbrzeźniak, mgr Bogusława Idczak, Krzysztof Pęzik, Piotr Skręta, Marzena Śnieguła, Katarzyna Skrzeczkowska, Krystyna Strączyńska, Danuta Perzanowska, Wioleta Jędrzejczak, Monika Stębowska, Łukasz Murgrabia, Karolina Wieteska

**Instytut Ogrodnictwa –  
Państwowy Instytut Badawczy**  
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3  
96-100 Skierniewice



# CELE PROJEKTU

1. Wykonanie oceny wybranych cech fenotypowych siewek i ich form rodzicielskich, takich jak termin kwitnienia i dojrzewania owoców, plon, masa, atrakcyjność i jędrność owoców, porażenie roślin przez choroby grzybowe liści dla określenia ogólnej (efekty GCA) i specyficznej (efekty SCA) zdolności kombinacyjnej genotypów rodzicielskich.
2. Analiza zawartości ekstraktu, związków fenolowych i kwasu askorbinowego (wit. C) w owocach mieszańców i ich form rodzicielskich.
3. Zweryfikowanie rodowodu hodowlanego 10 genotypów mieszańcowych pokolenia  $F_1$ , uzyskanych z krzyżowania kontrolowanego, w oparciu o testy mikrosatelitarne.

**Cele zostały osiągnięte**

# MATERIAŁY I METODY

**TEMAT BADAWCZY 1. Indywidualna ocena cech fenotypowych: termin kwitnienia i dojrzewania owoców, plon, masa, atrakcyjność i jędrność owoców, porażenie roślin przez choroby liści 1 680 siewek (mieszkańców) oraz ich form rodzicielskich (480 roślin) dla określenia potencjału genetycznego**

- **Materiał badawczy:** siewki 28 rodzin mieszkańców pokolenia  $F_1$ , uzyskane z krzyżowania w układzie diallelicznym (IV metoda Griffinga) odmian 'Florence', 'Destiny', 'Cory', 'Hokent', 'Selva', 'Albion', 'San Andreas', 'Harmony' oraz ich formy rodzicielskie.
- **Doświadczenie polowe:** układ bloków losowych, 4 powtórzenia po 15 roślin z każdej rodziny mieszkańców i formy rodzicielskiej.
- **Indywidualna ocena** bonitacyjna i instrumentalna mieszkańców i ich form rodzicielskich pod względem następujących cech:
  - Termin kwitnienia owoców (liczba dni od początku roku do pełni kwitnienia)
  - Termin dojrzewania owoców (Indeks Faediego - liczba dni od początku roku do zebrania 50% plonu handlowego)
  - Plon owoców (wagowo, z podziałem na: plon handlowy (owoce zdrowe) i plon niehandlowy (owoce chore)
  - Masa owoców (iloraz plonu handlowego i liczby owoców zdrowych)
  - Atrakcyjność owoców (skala bonitacyjna 1-5, gdzie 1 - niska, 5 - wysoka wartość cechy)
  - Jędrność owoców (przy użyciu jędrnościomierza Instron 5542, na próbie 10 owoców z poletka)
  - Ocena stopnia porażenia roślin przez białą i czerwoną plamistość liści oraz mączniaka prawdziwego truskawki (skala bonitacyjna 0-5, gdzie 0- rośliny zdrowe, 5- silne porażenie całych roślin)
- **Analiza statystyczna uzyskanych wyników** - kilkuetapowa.
  - Wyznaczenie średnich arytmetycznych dla każdego poletka.
  - Jednoczynnikowa analiza wariancji według modelu losowanych bloków, rodziny mieszkańców uwzględnione jako czynnik.
  - Analiza wariancji dla kompletnego układu diallelicznego, model stały dla czwartej metody Griffinga, w celu oszacowania efektów GCA i SCA oraz ilorazu średnich kwadratów odchyleń dla GCA i SCA dla badanych cech.
  - Szczegółowa analiza istotności efektów GCA i SCA - procedura jednoczesna oparta na nierówności Bonferroniego.

**Wszystkie obliczenia, dotyczące estymacji efektów GCA i SCA w powyższym modelu, analizy wariancji oraz szczegółowego testowania jednoczesnego wykonano przy użyciu programu komputerowego SERGEN.**

# MATERIAŁY I METODY

## TEMAT BADAWCZY 2. Analizy chemiczne owoców ocenianych mieszańców i ich form rodzicielskich pod kątem zawartości ekstraktu, związków fenolowych, witaminy C

- **Materiał badawczy:** owoce siewek 28 rodzin mieszańców  $F_1$ , uzyskanych w wyniku krzyżowania (układ dialleliczny, IV met. Griffinga) odmian 'Florence', 'Destiny', 'Cory', 'Hokent', 'Selva', 'Albion', 'San Andreas', 'Harmony' oraz ich form rodzicielskich
- **Oceniane cechy:**
  - Ekstrakt – suma nielotnych składników substancji rozpuszczalnych w wodzie [pomiar ekstraktu przez pomiar współczynnika załamania światła i dokonanie odczytu na skali cukrowej za pomocą refraktometru (RE 50, Mettler Toledo);
  - Zawartość związków fenolowych ogółem - zmodyfikowana metoda spektrofotometryczna.
  - Zawartość kwasu L-askorbinowego - metoda wysokosprawnej chromatografii cieczowej (system HPLC Agilent 1200, wyposażony w detektor DAD).

## TEMAT BADAWCZY 3. Wykonanie analiz molekularnych dla zweryfikowania rodowodu ok. 10 genotypów mieszańcowych

- **Materiał badawczy:** rośliny 10 genotypów mieszańcowych pokolenia  $F_1$  truskawki, wyselekcjonowanych w latach poprzednich i ich formy rodzicielskie
- **Analiza polimorfizmu DNA.**



# WYNIKI

**TEMAT BADAWCZY 1.** Indywidualna ocena cech fenotypowych: termin kwitnienia i dojrzewania owoców, plon, masa, atrakcyjność i jędrność owoców, porażenie roślin przez choroby liści 1 680 siewek (mieszańców) oraz ich form rodzicielskich (480 roślin) dla określenia potencjału genetycznego

➤ **Termin kwitnienia roślin:**

Efekty GCA: Istotnie dodatnie - dla 'Destiny' (1,16);

Istotnie ujemne - dla 'Selva' (-0,87);

Efekty SCA: Istotnie dodatnie - dla 'Florence' × 'Hokent' (1,32);

➤ **Termin dojrzewania owoców:**

Efekty GCA: Istotnie ujemne - dla 'Hokent' (-1,48);

Efekty SCA: Istotnie dodatnie - dla 'Cory' × 'Hokent' (2,51)

Istotnie ujemne – dla 'Destiny' × 'Albion' (-2,53) i 'Cory' × 'San Andreas' (-2,45)

**Plon handlowy owoców:**

Efekty GCA: Istotnie dodatnie - dla 'Florence' (295,7), 'Hokent' (85,7) i 'Cory' (65,4);

Istotnie ujemne - dla 'Selva' (-182,5), 'San Andreas' (-130,3) i 'Harmony' (-123,0);

Efekty SCA: Istotnie dodatnie - dla 'Florence' × 'Destiny' (433,08), 'Cory' × 'Albion' (330,52),

'Selva' × 'San Andreas' (255,90), 'Hokent' × 'Harmony' (198,42),

'Florence' × 'San Andreas' (160,54) oraz 'Hokent' × 'Albion' (140,48);

Istotnie ujemne - dla 'Florence' × 'Selva' (-298,16), 'Florence' × 'Cory' (-184,16), 'Destiny'

× 'Albion' (-175,69), 'Hokent' × 'San Andreas' (-173,62), 'Albion' × 'Harmony' (-158,02),

'Florence' × 'Hokent' (-154,19), 'Destiny' × 'Harmony' (-153,65) oraz 'Albion' × 'San Andreas' (-129,31);

➤ **Plon niehandlowy owoców:**

Efekty GCA: Istotnie dodatnie - dla 'Florence' (137,9), 'Cory' (53,4) i 'Hokent' (33,4);

Istotnie ujemne - dla 'Harmony' (-78,2), 'Selva' (-74,5) i 'San Andreas' (-53,3);

Efekty SCA: Istotnie dodatnie - dla 'Florence' × 'Destiny' (wartość 206,13), 'Cory' × 'Albion' (190,59), 'Florence' × 'San Andreas' (120,86), 'Hokent' × 'Harmony' (118,45) oraz 'Selva' × 'San Andreas' (81,12)

Istotnie ujemne - dla 'Florence' × 'Selva' (wartość -115,35), 'Cory' × 'San Andreas' (-95,26) 'Destiny' × 'Albion' (-77,35) oraz 'Florence' × 'Hokent' (-72,07)



# WYNIKI

**TEMAT BADAWCZY 1. Indywidualna ocena cech fenotypowych: termin kwitnienia i dojrzewania owoców, plon, masa, atrakcyjność i jędrność owoców, porażenie roślin przez choroby liści 1 680 siewek (mieszańców) oraz ich form rodzicielskich (480 roślin) dla określenia potencjału genetycznego**



➤ **Średnia masa 1 owocu:**

**Efekty GCA:** : Istotnie dodatnie - dla 'Florence' (1,25), 'Cory' (1,10) i 'Hokent' (0,80);

Istotnie ujemne - dla 'Harmony' (-1,32) i 'Selva' (-1,19)

**Efekty SCA:** Istotnie dodatnie – dla 'Hokent' × 'Albion' (wartość 2,11) oraz 'Albion' × 'San Andreas' (1,90)

Istotnie ujemne – dla 'Albion' × 'Harmony' (wartość -1,79)

➤ **Atrakcyjność owoców:**

**Efekty GCA:** Istotnie dodatnie - dla 'Hokent' (0,24) i 'Albion' (0,23);

Istotnie ujemne - dla 'San Andreas' (-0,35)

**Efekty SCA:** Istotnie ujemne - dla 'Hokent' × 'San Andreas' (-0,765)

➤ **Jędrność owoców:**

**Efekty GCA:** Istotnie dodatnie – dla 'Albion' (0,40), 'Harmony' (0,36) i 'San Andreas' (0,33);

Istotnie ujemne - dla 'Florence' (-0,52) i 'Hokent' (-0,71)

**Efekty SCA:** brak istotnych efektów

**Stopień porażenia roślin przez białą plamistość liści :**

**Efekty GCA:** Istotnie ujemne - dla 'Destiny' (-0,06) (pożądane dla hodowli)

**Efekty SCA:** Istotnie dodatnie – dla 'Florence' × 'Harmony' (1,139) i 'Albion' × 'San Andreas' (0,128)

➤ **Stopień porażenia roślin przez czerwoną plamistość liści :**

**Efekty GCA:** Istotnie dodatnie - dla 'Destiny' (0,24);

Istotnie ujemne - dla 'San Andreas' (-0,44) i 'Hokent' (-0,35) (pożądane dla hodowli)

**Efekty SCA:** brak istotnych efektów

➤ **Stopień porażenia roślin przez mączniaka prawdziwego truskawki:**

**Efekty GCA:** brak istotnych efektów

**Efekty SCA:** Istotnie dodatnie – dla 'Hokent' × 'Selva' (0,041)

# WYNIKI

## TEMAT BADAWCZY 2. Analizy chemiczne owoców ocenianych mieszańców i ich form rodzicielskich pod kątem zawartości ekstraktu, związków fenolowych, witaminy C

### ➤ Zawartość ekstraktu w owocach:

Efekty GCA: Istotnie dodatnie - dla 'Albion' (0,31);

Istotnie ujemne - dla 'Cory' (-0,52);

Efekty SCA: Istotnie dodatnie – dla 'Florence' × 'Destiny' (0,72), 'Albion' × 'San Andreas' (0,69) i 'Cory' × 'Hokent' (0,68);

### ➤ Zawartość związków fenolowych w owocach:

Efekty GCA: brak istotnych efektów

Efekty SCA: brak istotnych efektów

### ➤ Zawartość kwasu askorbinowego w owocach:

Efekty GCA: Istotnie dodatnie - dla 'Florence' (5,04);

Istotnie ujemne - dla 'Selva' (-5,19);

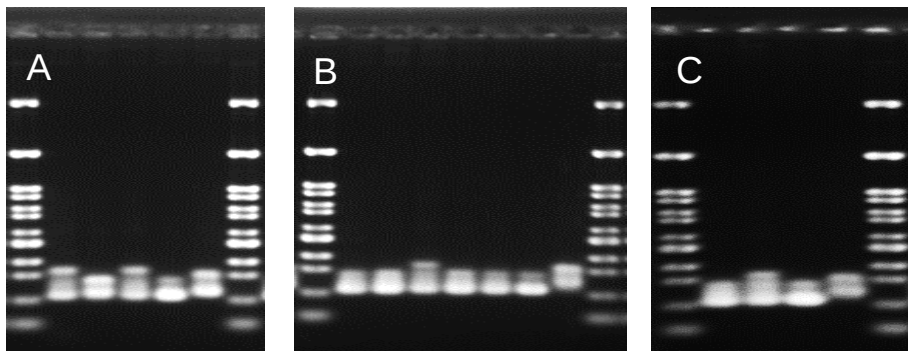
Efekty SCA: Istotnie dodatnie – dla 'Hokent' × 'Albion' (6,60);

Istotnie ujemne – dla 'Florence' × 'Cory' (-6,92).



## TEMAT BADAWCZY 3. Wykonanie analiz molekularnych dla zweryfikowania rodowodu ok. 10 genotypów mieszańcowych

- Łącznie przeprowadzono 1 260 reakcji amplifikacji, wygenerowano 45 polimorficznych aplikantów o długości od 110 do 450 pz.
- Każdy z testowanych genotypów został oceniony na podstawie 17-22 charakteryzujących go fragmentów DNA.
- Określono również procentowy udział amplikonów pochodzących od formy matecznej, który wynosił od 71 do 27%. Najwyższy procentowy udział amplikonów pochodzących od formy matecznej obserwowano dla genotypu T-202122-02 ('Florence' × 'Destiny'), najniższy zaś dla T-202128-02 ('Florence' × 'Albion').
- Oszacowano procentowy udział alleli pochodzących od formy ojcowskiej i wynosił on od 73 do 29%. Najwyższy udział fragmentów DNA charakterystycznych dla formy ojcowskiej obserwowano na matrycy DNA wydzielonych z genotypów T-202128-02 i T-202128-05 ('Florence' × 'Albion'), wynosił on odpowiednio 73 i 71%, najniższy zaś dla genotypu T-202122-028 ('Florence' × 'Destiny').
- Status mieszańca z planowanego zapylenia potwierdzono dla wszystkich testowanych genotypów.



**Fot.1.** Przykładowe elektroforegramy produktów amplifikacji metodą SSR na matrycach DNA z analizowanych roślin truskawki z parą starterów:

A) ARSFL010 genotypy: T-202122-01, T-202122-02, T-202122-03 i ich rodzice: 'Florence', 'Destiny';

B) ARSFL010 genotypy: T-202128-01, T-202128-02, T-202128-03, T-202128-04, T-202128-05 i ich rodzice: 'Florence', 'Albion';

C) ARSFL010 genotypy: T-202129-01, T-202129-02 i ich formy rodzicielskie: 'Florence', 'San Andreas'.

# WNIOSKI

1. Odmiana 'Hokent' jest donorem genów warunkujących wysoki plon handlowy owoców, dużą masę i atrakcyjność owoców, a także wczesny termin dojrzewania owoców, dlatego powinna być używana jako forma rodzicielska w programach krzyżowań dla poprawienia wartości tych cech.
2. Odmiana 'Cory' jest donorem genów warunkujących wysoki plon handlowy owoców, jak również dużą masę owoców, dlatego powinna być używana jako forma rodzicielska w programach krzyżowań dla poprawienia wartości tych cech. Jednocześnie odmiana ta jest donorem genów warunkujących niską zawartość w owocach ekstraktu, zatem będzie mało przydatna do hodowli nowych odmian o wysokiej zawartości ekstraktu w owocach.
3. Odmiana 'San Andreas' jest donorem genów warunkujących wysoką jędrność owoców oraz ich małą podatność na porażenie przez choroby grzybowe powodujące gnicie, a także małą podatność roślin na czerwoną plamistość liści.
4. Odmiana 'Florence' jest donorem genów warunkujących wysoki plon i masę owoców, a także wysoką zawartość kwasu askorbinowego w owocach, zatem może być wykorzystana do programów krzyżowań dla poprawienia wartości tych cech.
5. Odmiana 'Albion' jest donorem genów warunkujących wysoką atrakcyjność i jędrność owoców oraz wysoką zawartość ekstraktu w owocach, dlatego powinna być wykorzystywana do krzyżowań dla poprawienia wymienionych cech.
6. Odmiana 'Selva' jest donorem genów warunkujących niską zawartość w owocach kwasu askorbinowego, zatem będzie mało przydatna do hodowli nowych odmian o wysokiej zawartości tego składnika.
7. Spośród badanych kombinacji krzyżowań, najwyższą przydatność do hodowli twórczej truskawki wykazuje 'Hokent' × 'Albion', z uwagi na istotnie pozytywne efekty nieaddytywnego działania genów wskazujące na silne współdziałanie tych genotypów w tworzeniu potomstwa odznaczającego się wysoką plennością i dużymi owocami, a także wysoką zawartością kwasu askorbinowego w owocach.
8. Genetyczne współdziałanie takich par genotypów rodzicielskich, jak 'Florence' × 'Destiny', 'Cory' × 'Hokent' oraz 'Albion' × 'San Andreas' wskazuje na możliwość wytworzenia licznych potomstw o owocach bogatych w ekstrakt.
9. Mieszańce o potwierdzonym statusie stanowią 100% testowanych mieszańców pokolenia F<sub>1</sub>.