

Oddaję w Państwa ręce kolejną publikację dedykowaną ziemniakom, która uzupełnia wcześniejsze wydanie „Ziemniak. Identyfikacja agrofagów oraz niedoborów pokarmowych”.

W książce „Ziemniak. Hodowla, agrotechnika, przechowywanie i przetwórstwo ziemniaków”, zasadniczo zostały omówione zagadnienia poświęcone: hodowli i nasiennictwu odmian ziemniaków, szeroko pojętej agrotechnice i przechowywaniu, narzędziom i maszynom rolniczym w uprawie ziemniaków oraz rolnictwu precyzyjnemu i przetwórstwu ziemniaków. Książka ta jest doskonałym podręcznikiem podsuwającym liczne rozwiązania w uprawie ziemniaków, które mogą być wdrażane w wielu gospodarstwach uprawiających ziemniaki w Polsce.



Jak ważna jest jakość materiału sadzeniowego oraz przydatność poszczególnych odmian do konkretnego kierunku uprawy wie zapewne każdy producent ziemniaków. W tej publikacji możecie Państwo zapoznać się z metodami hodowli, wymaganiami jakie stawiane są nasiennictwu ziemniaków, jak również z potencjałem plonotwórczym i wymaganiami wielu odmian. Odmiany w każdej grupie wczesności mogą różnić się m.in. wrażliwością na niedobór wody. W ostatnich latach coraz częściej mamy do czynienia z brakami wody, które są szczególnie dotkliwe na glebach lekkich (60,8% polskich gleb, wg FAO). Jak temu zapobiec? Stosując deszczowanie, które na tych terenach może być skutecznym sposobem poprawy warunków wodnych.

Rolnicy uprawiają odmiany na różne kierunki użytkowania. Do bezpośredniego spożycia (odmiany jadalne), do przetwórstwa spożywczego (frytki, chipsy, susze, mrożonki), do przemysłu skrobiowego (odmiany skrobiowe). Dużym powodzeniem w niektórych regionach naszego kraju cieszy się uprawa ziemniaków na wczesny zbiór, której poświęcony jest obszerny fragment w tej publikacji. Ponadto o ważnych zagadnieniach uprawy ziemniaków na frytki i chipsy oraz prawidłowym przechowywaniu przygotowany został materiał, w którym autorzy dzielą się swoim doświadczeniem i przekazują cenne wskazówki.

Zmiany jakie dokonują się we Wspólnej Polityce Rolnej Unii Europejskiej realizowane będą od stycznia 2023 roku w zakresie ochrony środowiska i klimatu, i dostosowane do założeń Europejskiego Zielonego Ładu oraz zgodnie ze strategią „od pola do stołu”, a także strategią „na rzecz bioróżnorodności”. Zmieniają one również podejście do ochrony roślin. Z roku na rok ubywa nam substancji aktywnych pestycydów, dlatego tak ważna jest wiedza o zagrożeniach ze strony chwastów, patogenów i szkodników atakujących uprawy ziemniaków oraz o mechanizmach działania substancji, które pozostają na rynku, aby umiejętnie je dobierać przeciwdziałając powstawaniu zjawiska odporności.

Bez odpowiedniej mechanizacji uprawy ziemniaków niemożliwe byłoby, zarówno na dużych, jak i małych arealach, zdążyć z wykonaniem wszystkich zabiegów. O szerokiej gamie narzędzi i maszyn wykorzystywanych w uprawie i zbiorze ziemniaków dowiecie się Państwo z bardzo obszernego opracowania zamieszczonego w niniejszej książce.

Rolnictwo precyzyjne coraz częściej widoczne jest w polskich gospodarstwach, np. wysiew zmiennej dawki nawozów uzależniony od map zasobności gleby w składniki pokarmowe. O zastosowaniu rozwiązań rolnictwa precyzyjnego w uprawie ziemniaków przeczytacie Państwo w rozdziale poświęconym temu zagadnieniu i być może będziecie wdrażać je w swoich gospodarstwach.

Z życzeniami przyjemnej lektury  
w imieniu wszystkich autorów  
niniejszego wydania  
dr hab. Katarzyna Rębarz

# Ziemniak. Hodowla, agrotechnika, przechowywanie i przetwórstwo ziemniaków

## Autorzy monografii

prof. dr hab. Franciszek Borówczak<sup>1</sup>  
prof. dr hab. Agnieszka Kita<sup>2</sup>  
prof. dr hab. Anna Pęksa<sup>2</sup>  
dr hab. Katarzyna Rębarz<sup>7</sup>  
dr hab. Elżbieta Rytel, prof. UPWr<sup>2</sup>  
dr hab. Stanisław Samborski, prof. SGGW<sup>3</sup>  
dr hab. Agnieszka Tajner-Czopek, prof. UPWr<sup>2</sup>  
dr inż. Tomasz Erlichowski<sup>4</sup>  
dr inż. Dariusz Gozdowski<sup>3</sup>  
dr inż. Tomasz Lenartowicz<sup>5</sup>  
dr inż. Jarosław Plich<sup>4</sup>  
dr inż. Jacek Skudlarski<sup>3</sup>  
mgr inż. Bartosz Grzempa<sup>6</sup>  
mgr inż. Renata Leszczyńska<sup>3</sup>  
mgr Przemysław Urbaniak<sup>7</sup>  
inż. Stefan Jankowiak<sup>6</sup>  
inż. Adam Płachta

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

<sup>3</sup>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

<sup>4</sup>Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy

<sup>5</sup>Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych

<sup>6</sup>Jagroł Sp. z o.o.

<sup>7</sup>Syngenta Polska Sp. z o.o

## Redaktor prowadząca

dr hab. Katarzyna Rębarz

## Redaktor pomocniczy

mgr inż. Bernadetta Ryńska

## Recenzent

prof. dr hab. Urszula Prośba-Białczyk,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

### Wydawca

Agro Wydawnictwo Sp. z o.o., ul. Bajkowa 4, 62-002 Suchy Las k, Poznania  
Prezes Zofia Pucek-Mądry

### Biuro

os. Jagodowe 5/2, 62-002 Suchy Las, tel. +48 61 881 88 99  
www.agroprofil.pl, redakcja@agroprofil.pl  
NIP 972 125 90 23, nr konta bank.: 37 1090 1463 0000 0001 3173 5550

### Skład i łamanie

Agro Wydawnictwo

### Korekta

Bernadetta Ryńska

### Druk

Drukarnia kolumb

Nakład 10 000 egz., rok wydania: 2021

ISBN 978-83-958358-2-7



## Odmiany

- 4 | Hodowla ziemniaka
- 13 | Produkcja nasienna ziemniaków
- 29 | Odmiany

## Agrotechnika i przechowalnictwo

- 32 | Uprawa ziemniaków na wczesny zbiór
- 46 | Agrotechnika i przechowywanie ziemniaków
- 57 | Deszczowanie ziemniaków
- 65 | Nawadnianie kropelkowe ziemniaków – przyszłość i alternatywa dla deszczowni
- 67 | Ochrona ziemniaków

## Technika

- 74 | Technika w uprawie ziemniaków
- 78 | Pługi i agregaty uprawowe
- 82 | Nowoczesne rozsiewacze do nawozów
- 84 | Zmechanizowany zbiór kamieni polnych
- 87 | Sadzarki
- 90 | Obsypniki
- 92 | Nowoczesne opryskiwacze polowe
- 96 | Zbiór ziemniaków
- 98 | Kopaczki i kombajny
- 105 | Przyczepy
- 108 | Systemy składowania ziemniaków

## Rolnictwo precyzyjne

- 112 | Zastosowanie rolnictwa precyzyjnego w uprawie ziemniaków

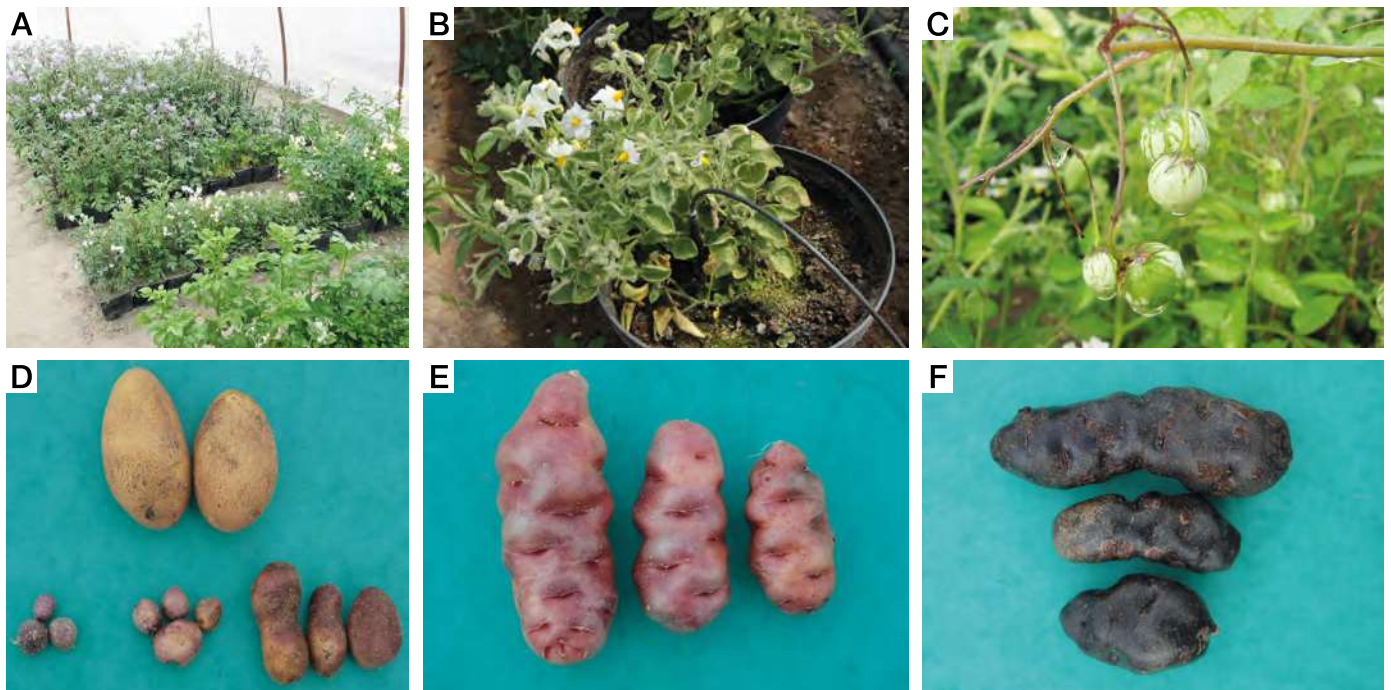
## Przetwórstwo

- 126 | Ziemniak jako surowiec w przetwórstwie spożywczym

## Literatura

- 139 | Literatura

# Hodowla ziemniaka



Fot. J. Plich

4

Fot. 1. Zróżnicowanie fenotypowe wśród dzikich i uprawnych gatunków *Solanum*:

A) wybrane gatunki *Solanum* z kolekcji IHAR-PIB O/Mfochów; gatunek *Solanum polytrichon*: B) roślina w doniczce, C) jagody i D) bulwy; E) i F) bulwy odmian współczesnych o prymitywnym kształcie.

Historia ziemniaka jako rośliny uprawnej rozpoczęła się ponad 8000 lat temu w andyjskich rejonach Ameryki Południowej od udomowienia przez miejscową ludność tuberyzujących gatunków *Solanum*. Od tamtej pory ziemniak przeszedł długą drogę: od lokalnej andyjskiej rośliny, z której uzyskiwano niewielką liczbę małych, lecz pożywnych bulw, do nowoczesnej rośliny uprawnej, której potencjał plonotwórczy przekracza 100 ton z 1 ha upraw. Obecnie ziemniak (*Solanum tuberosum* L.) uprawiany jest w większości krajów świata niemal na wszystkich kontynentach i należy do czterech najważniejszych dla globalnego bezpieczeństwa żywnościowego roślin uprawnych. Tę niesamowitą „globalną karierę” ziemniak zawdzięcza swojemu potencjałowi genetycznemu, który pozwolił na tak ogromny postęp biologiczny. Postęp ten został osiągnięty w ciągu tysięcy lat stopniowego „ulepszania” przez człowieka tej rośliny, lecz to w przeciągu ostatnich około dwudziestu dekad nastąpiło rewolucyjne wręcz przyspieszenie tego procesu. Z jednej strony był to czas ogromnego zapotrze-

bowania na ziemniaka i jego ekspansji na wszystkich kontynentach, a z drugiej strony był to czas intensywnych prac naukowych i hodowlanych nad tą rośliną, dzięki którym ziemniak osiągnął swoją dzisiejszą pozycję. Obecnie, aby utrzymać wysokie tempo postępu w hodowli ziemniaka angażuje się ogromne nakłady i wykorzystuje najnowsze zdobycze naukowe z dziedziny biotechnologii, bioinformatyki czy techniki. W celu usprawnienia procesu hodowli coraz częściej wykorzystuje się zautomatyzowane genotypowanie i fenotypowanie, a decyzje selekcyjne podejmuje się na podstawie analizy danych komputerowych. Jesteśmy również w okresie przełamywania monopolu hodowli tradycyjnych tetraploidalnych odmian ziemniaka rozmnażanych wegetatywnie, przez heterozyjną hodowlę diploidalnych odmian mieszańcowych ziemniaka. Rozpoczęty w czasach prekolumbijskich proces ulepszania ziemniaka trwa nieprzerwanie do dziś, a najbliższe lata przyniosą wiele innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie hodowli ziemniaka, co z pewnością przeloży się na jeszcze pełniejsze

wykorzystanie potencjału tej wspaniałej rośliny.

## Pochodzenie i systematyka ziemniaka

Ziemniak należy do bardzo licznej rodziny *Solanaceae*, która obejmuje około 3000 - 4000 gatunków z 90 rodzajów. Do rodziny tej należą także inne rośliny uprawne, takie jak choćby pomidor, tytoń, papryka czy bakłażan (Machida-Hirano, 2015). Ziemniak uprawny, wraz z jego tuberyzującymi (wytwarzającymi bulwy) krewniakami, został zaklasyfikowany do rodzaju *Solanum*, sekcja *Petota*. Podstawowa liczba chromosomowa n ziemniaka jest równa 12, a wśród dzikich gatunków i uprawnych form ziemniaka występują formy diploidalne ( $2n = 2x = 24$ ), triploidalne ( $2n = 3x = 36$ ), tetraploidalne ( $2n = 4x = 48$ ), pentaploidalne ( $2n = 5x = 60$ ) oraz gatunki heksaploidalne ( $2n = 6x = 72$ ) (de Haan i Rodriguez, 2016). Dzikie gatunki oraz formy uprawne ziemniaka o różnych poziomach ploidalności, auto- i allopoliploidalnych często zajmowały wspólne

nisze ekologiczne i krzyżowały się ze sobą, dlatego też ich taksonomia jest skomplikowana i ulega ciągłym modyfikacjom. Według klasyfikacji zaproponowanej przez Spoonera i współautorów (2014) wyróżniono:

- 107 dzikich gatunków ziemniaków (diplo- i heksaploidalnych)
- 4 uprawne / prymitywnie uprawne formy ziemniaka:
  - *Solanum ajanhuiri* (formy diploidalne),
  - *Solanum juzepczukii* (formy triploidalne),
  - *Solanum curtilobum* (formy pentaploidalne),
  - *Solanum tuberosum* - dwie grupy:
    - § *andigenum* (odmiany di- tri- i tetraploidalne),
    - § *chilotanum* (tetraploidalne),
- *S. tuberosum* L. – współczesne głównie tetraploidalne odmiany ziemniaka uprawiane na całym świecie.

#### Gatunki dzikie

Dzikie gatunki *Solanum* występują na terenie obu Ameryk, od południowo-

-zachodnich rejonów USA, poprzez Meksyk, rejon Andów aż po Argentynę i Chile (Machida-Hirano i Niido, 2017). Systematyka tych gatunków nie jest ostatecznie ustalona i zależy od przyjętej metodyki badań. Nie ma jasności nawet co do liczby tych gatunków, którą szacuje się od 107 (Spooner i inni, 2014) do 228 gatunków (Hawkes, 1990). Gatunki te na ogół znacznie różnią się wyglądem od powszechnie znanych odmian ziemniaka (fot. 1).

#### Formy uprawne

Diploidalny gatunek uprawny *S. ajanhuiri* powstał przez skrzyżowanie diploidalnych form *S. tuberosum* z grupy *andigenum* (*S. stenotomum*) z dzikim diploidalnym gatunkiem *S. megistracrolobum*. Triploidalny gatunek *S. juzepczukii* powstał przez skrzyżowanie diploidalnych form *S. tuberosum* z grupy *andigenum* (*S. stenotomum*) z dzikim tetraploidalnym gatunkiem *S. acaule*. Pentaploidalny uprawny gatunek *S. curtilobum* powstał przez skrzyżowanie tetraploidalnych form *S. tuberosum* z grupy *an-*

*digenum* z *S. juzepczukii*. *S. tuberosum* grupa *andigenum* pochodzi najprawdopodobniej od grupy dzikich andyjskich gatunków występujących pod zbiorczą nazwą *S. brevicaulis*. Natomiast pochodzenie grupy *chilotanum* przypisuje się, bądź to powstaniu z dzikich gatunków występujących w Chile (*S. fonckii*, *S. leptinostigma*, *S. molinae*, *S. maglia*), bądź alternatywnie przyjmuje się, że mogły one zostać wyselekcjonowane z odmian z grupy *andigenum*, które trafiły do Chile wraz z migracjami ludności. Wg tej hipotezy z pierwotnie przywiezionej grupy odmian *andigenum* wyselekcjonowano jedynie tetraploidalne formy, które tuberyzowały w warunkach dnia długiego, a z czasem wyodrębniły się w osobną grupę *chilotanum*. Zdecydowana większość z wymienionych wyżej gatunków i form ziemniaka, poza grupą *chilotanum*, to rośliny dnia krótkiego (Spooner 2014, Jansky i Spooner 2018).

#### Landraces

Omawiając zróżnicowanie form ziemniaka uprawnego nie sposób nie wspo-

## Hodowla Ziemniaka Zamarte oferuje sadzeniaki

### ODMIAN JADALNYCH:

Surmia, Werbena, Denar, Lord, Michalina, Jurek, Gwiazda...

### ORAZ ODMIAN SKROBIOWYCH:

Cedron, Widawa, Kuba, Rudawa, Skawa, Jasia...

### PEŁNA OFERTA POD NUMERAMI:

604 596 245; 698 978 254; 662 156 030; 511 133 389; 52 388 15 76

### OFERUJEMY TRANSPORT POD WSKAZANY ADRES!

Hodowla Ziemniaka Zamarte Sp. z o.o. Grupa IHAR  
Zamarte, ul. Parkowa 1  
89-430 Kamień Krajeński



mnieć o autochtonicznych andyjskich odmianach (tzw. landrace), których liczbę szacuje się na kilka tysięcy (Ortiz i Mares, 2017). Powstały one na skutek działań lokalnej ludności, którą należy uznać za pierwszych hodowców ziemniaka. Podczas udamawiania gatunków *Solanum* pierwszymi cechami, na które prowadzono selekcję były prawdopodobnie wielkość bulwy i niska zawartość glikoalkaloidów, których obecność wiązała się z gorzkim smakiem bulw. Kolejnymi cechami, które podległy presji selekcyjnej była także długość stolonów, kolor skórki i miąższu bulw, a także ich przydatność do różnych celów spożywczych. W ten sposób zaczęły powstawać i utrzymywać się miejscowe odmiany przystosowane do różnych lokalnych warunków klimatycznych i konkretnych sposobów ich wykorzystania konsumpcyjnego. W rejonach andyjskich ziemniaki były i są w dalszym ciągu często uprawiane jako mieszanina różnych typów i odmian. Andyjscy farmerzy w dalszym ciągu prowadzą prace selekcyjne, zbierając z odmian lokalnych nasiona powstałe ze swobodnego przekrzyżowania i selekcionując z nich najlepiej dostosowane do lokalnych warunków i potrzeb formy ziemniaka (Jansky i Spooner 2018).

### Współczesne odmiany ziemniaka uprawnego

Wszystkie współczesne odmiany ziemniaka znane w Europie, Ameryce Północnej, Azji czy Afryce wywodzą się od sprowadzonych do Europy wyselekcjonowanych odmian *S. tuberosum* z grupy *andigenum* i/lub *chilotanum*. Jednak z czasem, na skutek działań hodowlanych i prowadzonych krzyżowań z udziałem innych gatunków *Solanum*, odmiany ziemniaka stały się w mniejszym lub większym stopniu mieszańcami międzygatunkowymi. Niemniej jednak wszystkie współczesne odmiany ziemniaka można zaklasyfikować pod jedną zbiorczą nazwą gatunkową *Solanum tuberosum* L. (Ovchinnikova i inni, 2010, Jansky i Spooner, 2018).

### Początki globalnej kariery ziemniaka

Przez kilka tysięcy lat ziemniak był znany i uprawiany jedynie w rejonie swojego pochodzenia, czyli Ameryce Południowej. Jego globalna kariera jako rośliny uprawnej rozpoczęła się „zaledwie” kilkaset lat temu, od sprowadzenia ich do Europy w drugiej połowie XVI wieku. Pierwsza udana introdukcja ziemniaka do Europy odbyła się prawdopodobnie

przez Wyspy Kanaryjskie, gdzie ziemniak po raz pierwszy pojawił się około 1562 roku, stąd w 1573 roku trafił do Hiszpani, a rok później do Francji (Haan i Rodriguez, 2016). Sprowadzane do Europy ziemniaki stanowiły mieszaninę różnych form uprawnych, z których poprzez selekcję (wybór i pozostawienie do sadzenia bulw o najbardziej korzystnym zestawie cech, bądź wysiew nasion zebranych z tych form) z biegiem czasu wyodrębniono poszczególne odmiany (Roguski, 1958). Badania wskazują, że do początków XIX wieku w Europie dominowały odmiany wywodzące się z grupy *andigenum*, natomiast grupa *chilotanum* była obecna w Europie co najmniej od 1811 roku (Ames i Spooner, 2008). Ziemniaki początkowo nie cieszyły się dużym powodzeniem i dopiero w XVIII wieku zaczęły zyskiwać na popularności jako roślina uprawna dostarczająca wartościowego pożywienia. Uważa się, że późniejsze rozprzestrzenienie się i wzrost popularności upraw ziemniaków na terenie Europy przyczyniły się do podwojenia ilości produkowanej żywności i pośrednio do znacznego wzrostu populacji ludności na naszym kontynencie. W dziewiętnastym wieku ziemniak stał się tak popularny, że w wielu rejonach Europy stanowił główne, niemal wyłącz-

Tab. 1. Poglądowy schemat konwencjonalnej hodowli ziemniaka w Polsce

Rok cyklu i nazwa generacji	# genotypów	Cechy
0 Program krzyżowań	100–200 kombinacji	Komplementarne cechy form rodzicielskich
1 Siewki szklarniowe	75 000–100 000	Wygląd bulw
2 Ramsz 1- krzakowy	70000–80000	Ocena wizualna, plon
3 Linie ramszowe	~ 5000 7 roś./poletko	Ocena wizualna, plon, wstępne testy jakości i odporności
4 Nowe rody	1000–1200 30 roś./poletko	Ocena wizualna, cechy jakości
5 Rody 1	400–500 3 x 20 roś./poletko	Ocena cech jakościowych
6 Rody 2	150–200 3 x 20 roś./poletko	Ocena plonowania i jakości
7 Rody 3	30–40 3 x 30–45 roś./poletko	Doświadczenia wstępne, 2 miejscowości
8 Rody 4	20 3 x 30–45 roś./poletko	Doświadczenia wstępne, 2 miejscowości
9 Zaawansowane rody	6–7 3 x 60 roś./poletko	Doświadczenia urzędowe, 15 miejscowości, ocena połowa odporności na PVY i zarazę ziemniaka
10 Odmiana potencjalna	4–5 3 x 60 roś./poletko	Doświadczenia urzędowe, 15 miejscowości, druga ocena połowa odporności na PVY, zarazę ziemniaka
11 Odmiana potencjalna	1–2	Wprowadzenie odmiany do rejestru krajowego
12 Odmiana zarejestrowana	1–2	Doświadczenia porejestrowe w 40 miejscowościach

ne źródło pożywienia biedniejszej ludności. Ten brak zdywersyfikowania źródeł żywności przyczynił się do tragedii, kiedy to w połowie XIX wieku wystąpienie przez kilka lat z rzędu silnej epifityzy *Phytophthora infestans* (sprawcy zarazy ziemniaka) spowodowało niemal całkowitą utratę plonu ziemniaka. Brak podstawowego pożywienia biedniejszych klas społecznych w Irlandii spowodował wystąpienie klęski Wielkiego Głodu (ang. Great Hunger, Great Famine), który był przyczyną śmierci około 1,5 milionów Irlandczyków, a blisko milion zmusił do emigracji. Uprawiane wówczas odmiany ziemniaków były w zdecydowanej większości bardzo podatne na tego patogena i nie zachowały się do dzisiejszych czasów. Wydarzenie to, poza wywołaniem ogromnych skutków społecznych, stanowiło również impuls do rozpoczęcia intensywnych prac hodowlanych nad ulepszeniem odmian ziemniaka.

### Początki hodowli ziemniaka w Europie

Rozprzestrzenienie się ziemniaka na terenie Europy, a później na pozostałych kontynentach, możliwe było dzięki wyselekcjonowaniu form, które były fotoperiodycznie obojętne, czyli takich które do tuberyzacji nie wymagały dnia krótkiego i były w stanie zawiązywać satysfakcjonujący plon bulw w warunkach dnia długiego panujących na naszych szerokościach geograficznych. Jednak za pierwsze w Europie celowe działania hodowlane nad ziemniakiem można uznać prace Thomasa Andrew Knighta prowadzone około roku 1807 (Jansky i Spooner 2018). Zaproponowane przez niego metody hodowlane polegały na zbiorze i wysiewie nasion pochodzących ze swobodnego przekrzyżowania, jednak do lat 40. XIX wieku intensywne prace hodowlane nie były prowadzone. Klęska Wielkiego Głodu niejako wymusiła i zapoczątkowała okres intensywnych prac hodowlanych i badawczych nad ziemniakiem. Początkowo stosowane swobodne zapylanie w warunkach polowych z czasem zaczęło zastępować krzyżowaniem celowo dobranych form rodzicielskich o pożądanym cechach. Do krzyżowań zaczęło wykorzystywać między innymi południowo-amerykańskie lokalne odmiany (głównie z grupy

*chilliotanum*) oraz dzikie gatunki *Solanum*. Zaobserwowano, że wszystkie osobniki potomne, pochodzące z nasion z tego samego krzyżowania różnią się od siebie, a te charakteryzujące się lepszym zestawem cech niż jego formy rodzicielskie zdarzają się niezmiernie rzadko. Zauważono też, że samozapylanie u ziemniaka prowadzi zwykle do silnej depresji wsobnej, dlatego też standardową metodą hodowlaną ziemniaka stało się generowanie zmienności genetycznej i fenotypowej poprzez krzyżowanie dwóch wybranych form rodzicielskich i selekcja najlepszych osobników z uzyskanego potomstwa (tzw. pokolenia F1). Obserwacje te stały się podwalinami metod hodowlanych i badawczych funkcjonujących do dziś (Jansky i Spooner 2018).

Pierwsze prace nad ulepszeniem wartości gospodarczej ziemniaka na terenach Polski datuje się na drugą dekadę XIX wieku. Jednak za pierwszego polskiego hodowcę uznaje się Henryka Dołkowskiego, który rozpoczął swoje prace nad hodowlą ziemniaka w 1877 roku w Nowej Wsi w Małopolsce. Sprawdził on dużą grupę czołowych światowych odmian ziemniaka i rozpoczął krzyżowania między nimi. Odmiany wyhodowane przez Dołkowskiego wyróżniały się wśród najlepszych ówczesnych odmian wyższym plonem, wyższą zawartością skrobi i odpornością na zarazę ziemniaka (Zimnoch-Guzowska, 2017). Z hodowli Dołkowskiego pochodzi ponad 100 odmian ziemniaka, które szybko zyskały dużą popularność w Europie. Kilka z nich, jak chociażby Świtez, Polanin, Busola czy Lech, było szeroko wykorzystywane jako formy rodzicielskie przez hodowców zarówno w Europie, jak i Ameryce (Roguski 1958). Odmiany te możemy znaleźć w pochodzeniu wielu współczesnych odmian ziemniaka na całym świecie.

### Konwencjonalna hodowla ziemniaka

Podobnie jak w przypadku innych gatunków odmian uprawnych, celem hodowli ziemniaka jest tworzenie odmian lepszych jakościowo bądź plenniejszych od aktualnie będących w uprawie. Jednak hodowla ziemniaka ma wiele cech specyficznych różniących ją od hodow-



## Łatwe odmiany na trudny czas



Queen Anne



Lilly

- niskie wymagania
- gładka skórka
- bardzo wysoki plon handlowy
- wybitny smak
- płytkie oczka
- wysoka odporność na parcha

W ofercie również inne odmiany:

**Bardzo wczesne:** Laperla, Lea, Marta, Natalia, Prada, Velox;

**Wczesne:** Lilly, Ludmilla, Queen Anne, Sunshine;

**Średnio wczesne:** Baby Lou, Belmonda, Connect, Edison, Labela, Noya, Odysseus, Opal, Papageno, Ragna, Red Lady, Satina, Verdi.

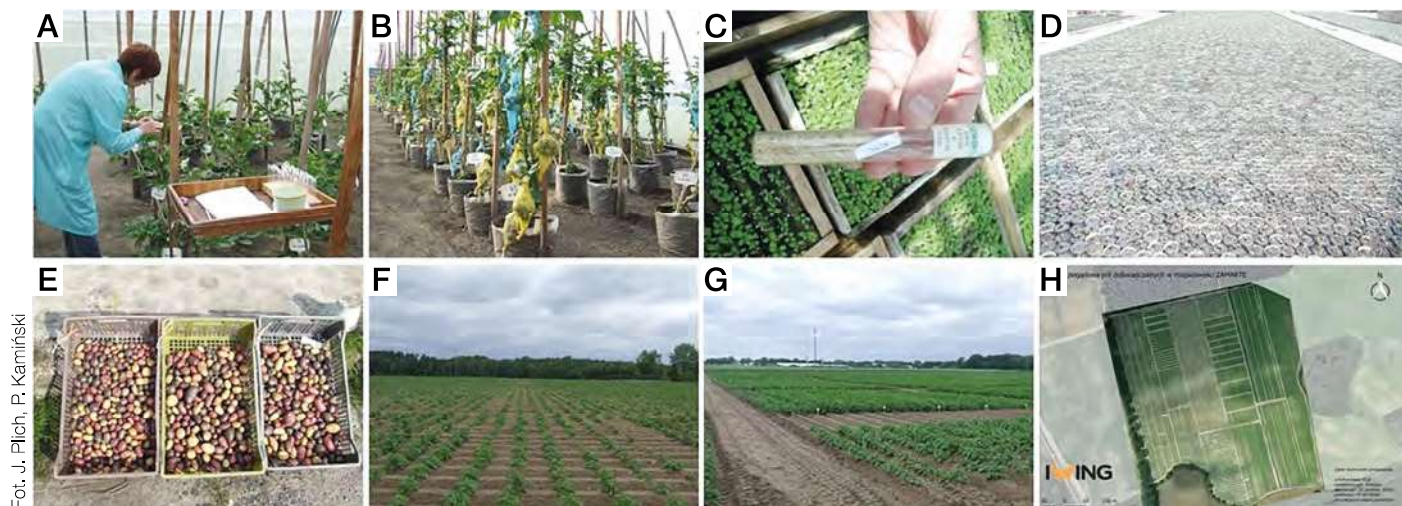
Solana Polska Sp. z o.o. tel. 46 838 81 70  
Zduny 25 k/Lowicza solana@solanapolska.pl  
99-440 Zduny www.solanapolska.pl

kom. +48 535-682-430 kom. +48 604-249-976  
kom. +48 602-620-458 kom. +48 606-407-918  
kom. +48 606-776-651

Realizujemy przesyłki kurierskie od 500kg

[www.solanapolska.pl](http://www.solanapolska.pl)

 /solanapolskaspzoo



Fot. J. Plich, P. Kamiński

**Fot. 2.** Program hodowlany w Hodowli Ziemniaka Zamarte: A) krzyżowanie wybranych form rodzicielskich; B) jagody zabezpieczone na krzakach form matecznych; C) nasiona w próbówce oraz siewki wysiane w skrzynkach; D) siewki w doniczkach; E) ramsz jednobulwowy zebrany z siewek jednej kombinacji krzyżówkowej; F) ramsz wysadzony w polu; G) linie ramszowe i rody hodowlane w polu; H) widok na pole doświadczalne HZ Zamarte.

li innych gatunków. Wynika to głównie z wegetatywnego sposobu rozmnażania, tetrasomicznego dziedziczenia i wysokiej heterozygotyczności oraz bardzo dużej liczby cech, podlegających ocenie w procesie selekcji (Świeżyński, 1985). Powoduje to szereg poważnych komplikacji zarówno w pracach badawczych, jak i postępie hodowlanym (Bradshaw, 2017). Nowe odmiany ziemniaka otrzymuje się na drodze generatywnej (krzyżowanie dwóch form rodzicielskich), a rozmnażane są one na drodze wegetatywnej (przez bulwy). Krzyżowanie umożliwia genetyczne wzbogacenie potomstwa i powstanie rekombinantów łączących pożądane cechy obu form rodzicielskich, a nawet je przewyższających (Werner, 1985).

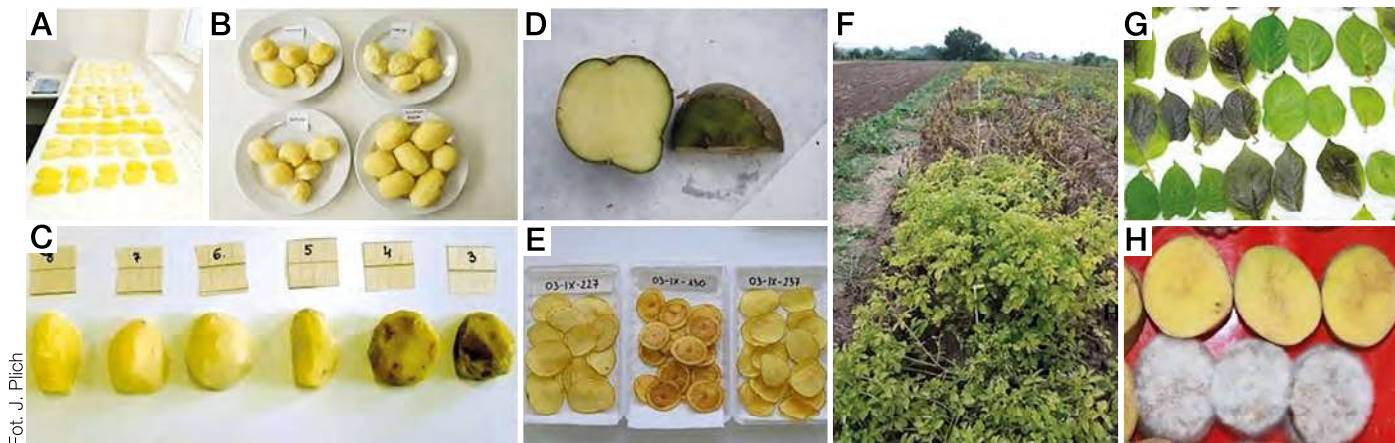
Ogólny zarys konwencjonalnej hodowli ziemniaka (tab. 1) pozostaje niezmienny od dziesięcioleci i w założeniu wydaje się być bardzo prosty: po skrzyżowaniu dwóch form rodzicielskich otrzymujemy zróżnicowane genetycznie i fenotypowo potomstwo (F1), którego kolejne wegetatywne pokolenia podlegają selekcji prowadzonej przez wiele lat, a osobniki o najlepszym zestawie cech mają szansę stać się nową odmianą ziemniaka. W praktyce hodowla nowych odmian ziemniaka to wieloletnia systematyczna praca, a jej efekt jest uzależniony od prawidłowego doboru form rodzicielskich użytych do krzyżowania oraz racjonalnych metod selekcji (Świeżyński, 1985). Uzyskanie nowej odmiany ziemniaka w takim schemacie trwa zwykle około 12-14 lat (Zimnoch-Guzowska,

2002; Ghilishan i Douches, 2020). Hodowca musi dobrać odpowiednie formy rodzicielskie do programu krzyżowań, przeprowadzić krzyżowanie i uzyskać odpowiednią liczbę nasion. Na skutek tetraploidalnego dziedziczenia oraz wysokiej heterozygotyczności obu form rodzicielskich uzyskane potomstwo jest mocno zróżnicowane genetycznie i fenotypowo, lecz uzyskanie pożądanego połączenia cech spotykane jest niezmiernie rzadko. Uważa się, że przy odpowiednio dobranych komponentach rodzicielskich, do wyselekcjonowania w potomstwie jednej nowej odmiany potrzeba około 100 tysięcy siewek (Zimnoch-Guzowska, 2001; Bradshaw, 2017). Niemniej jednak, przy źle dobranych formach rodzicielskich szansa na wyselekcjonowanie nowej odmiany znacznie spada lub staje się to całkowicie niemożliwe (Świeżyński, 1985). Pod koniec ubiegłego wieku średnia liczba siewek, z których selekcjonowano jedną odmianę wynosiła w Polsce około 140 000 (Zimnoch-Guzowska, 2001). Obecnie dzięki postępowi genetycznemu w polskiej hodowli ziemniaka liczba ta zmniejszyła się do około 75 000 siewek, z których selekcjonuje się od 1 do nawet 3 odmian, a czas potrzebny do wyhodowania nowej odmiany to obecnie około 10-11 lat (P. Kamiński – informacja ustna). Hodowla nowych odmian ziemniaka jest procesem długotrwałym, pracochłonnym i jednocześnie bardzo kosztownym. Szacuje się, że koszt wyhodowania nowej odmiany w Polsce wynosi około 1 miliona złotych, natomiast

w krajach zachodnich jest to koszt rzędu 1 miliona euro (Zimnoch-Guzowska, 2017).

Każdego roku hodowcy przeprowadzają program krzyżowań (fot. 2) pomiędzy odpowiednio dobranymi formami rodzicielskimi obejmujący około 100-200 kombinacji krzyżówkowych. Przez kombinację krzyżówkową rozumiemy tu zapylanie pomiędzy dwiema odmianami/klonami ziemniaka, z których jedna jest formą mateczną, a druga ojcowską. Następnie zbierane są uzyskane jagody, ekstrahowane i zabezpieczone nasiona, osobno z każdej kombinacji krzyżówkowej. Następnego roku wysiewane są dziesiątki tysięcy nasion z różnych kombinacji (po około 300-1000 z każdej populacji). Etap ten odbywa się najczęściej w szklarniach lub inspektach, a pojedyncze siewki (czyli rośliny wyprowadzone z pojedynczego nasienia) rosną w doniczkach. Każda siewka jest potencjalną nową odmianą, a jej wegetatywne potomstwo (rozmnażane przez bulwy kłony) jest ustalone genotypowo i nie podlega zmianom w następnych pokoleniach wegetatywnych. Siewki są wstępnie selekcjonowane na podstawie ilości i jakości wytworzonego plonu bulw. Na tym etapie hodowli ziemniaka najczęściej tworzony jest tzw. ramsz, który powstaje przez zebranie z każdej kombinacji krzyżówkowej (populacji) po jednej bulwie z każdej wybranej do dalszych etapów siewki. Taki jednobulwowy ramsz jest następnie wysadzany w polu, ponownie oceniany i selekcjonowany na podstawie





Fot. J. Plich

**Fot 3.** Przykładowe cechy waloryzowane w programach hodowlano-badawczych w IHAR-PIB w Młotowie ważne dla poszczególnych kierunków hodowli: kierunek jadalny (A-D): próby smakowe i podatność na ciemnienie mięszu po ugotowaniu oraz podatność na zieleńnienie; kierunek przetwórczy (E): barwa chipsów po usmażeniu; kierunek ekologiczny (F-H): odporność na *P. infestans* oceniana w teście połowym, listkowym, plastrowym.

uzyskanego plonu bulw. Na tym etapie następuje dość ostra selekcja i do dalszych prac hodowlanych wybierane są jedynie najlepiej rokujące materiały. Z wyselekcjonowanych pojedynków zbiera się wszystkie bulwy i wysadza w kolejnym roku na niereplikowanych poletkach jako linie ramszowe. Na etapie linii kończy się pierwszy etap selekcji, w którym ocenie podlegają cechy o wysokim współczynniku odziedziczalności związane z morfologią bulw, ogólnym wrażeniem czy odpornościami na pewne patogeny. Do drugiego etapu (trwającego około 5 lat) przechodzi jedynie około 5% osobników pokolenia siewkowego. W drugim etapie selekcja prowadzona jest na cechy o niższym współczynniku odziedziczalności, których ekspresja jest uzależniona od wpływów środowiska i dlatego wymagają wieloletniej oceny (np. wysokość plonu bulw i jego strukturę, wartości kulinarne, przydatności do produkcji chipsów lub frytek, itd.). W ostatnim etapie hodowli, kilka najlepszych wyselekcjonowanych rodów ocenianych jest pod względem właściwości specjalistycznych, jak np. przydatność do mechanicznego zbioru, przydatność do mycia i pakowania mechanicznego, przydatność do określonych technologii przetwórczych. W końcowym etapie ocenia się równieżrody pod kątem odporności na wirusy, a zwłaszcza wirusa Y ziemniaka. Sukcesywnie, razem z procesem selekcji następuje również proces namnażania bulw selekcjonowanych klonów, w celu uzyskania wystarczającej ilości materiału nasiennego ziemniaka przyszłej odmiany (Zimnoch-Guzowska i Flis, 2017).

Szacuje się, że w trakcie całego procesu selekcji (od siewki do zarejestrowanej odmiany) poszczególne klony ziemniaka oceniane są pod względem 50-70 różnych cech związanych z jakością bądź wysokością plonu bulw oraz z odpornością na patogeny i szkodniki. Liczba oraz zestaw priorytetowych cech (fot. 3), które podlegają ocenie jest zmienna i zależna od kierunku użytkowania przyszłej odmiany jako jadalnej, skrobiowej, przydatnej do przetwórstwa (na chipsy, frytki, susze), przydatnej do upraw ekologicznych. Szereg ocenianych cech (np. plon bulw, zawartość skrobi, odporność na choroby i szkodniki, długość okresu wegetacji) jest ważna w selekcji każdej odmiany, jednak wiele pozostałych cech to właściwości specyficzne dla określonego kierunku użytkowania ziemniaka, rejonu uprawy lub też określonego rynku zbytu. Dla przykładu ziemniak jadalny do bezpośredniego spożycia jest oceniany i selekcjonowany także pod względem ogólnego wyglądu i kształtu bulw, głębokości oczek, cech skórki, barwy mięszu, smaku, typu kulinarnego, skłonności do ciemnienia mięszu bulw, przydatności do mycia i pakowania, i wielu innych (Zimnoch-Guzowska, 2017; Zimnoch-Guzowska i Flis, 2017).

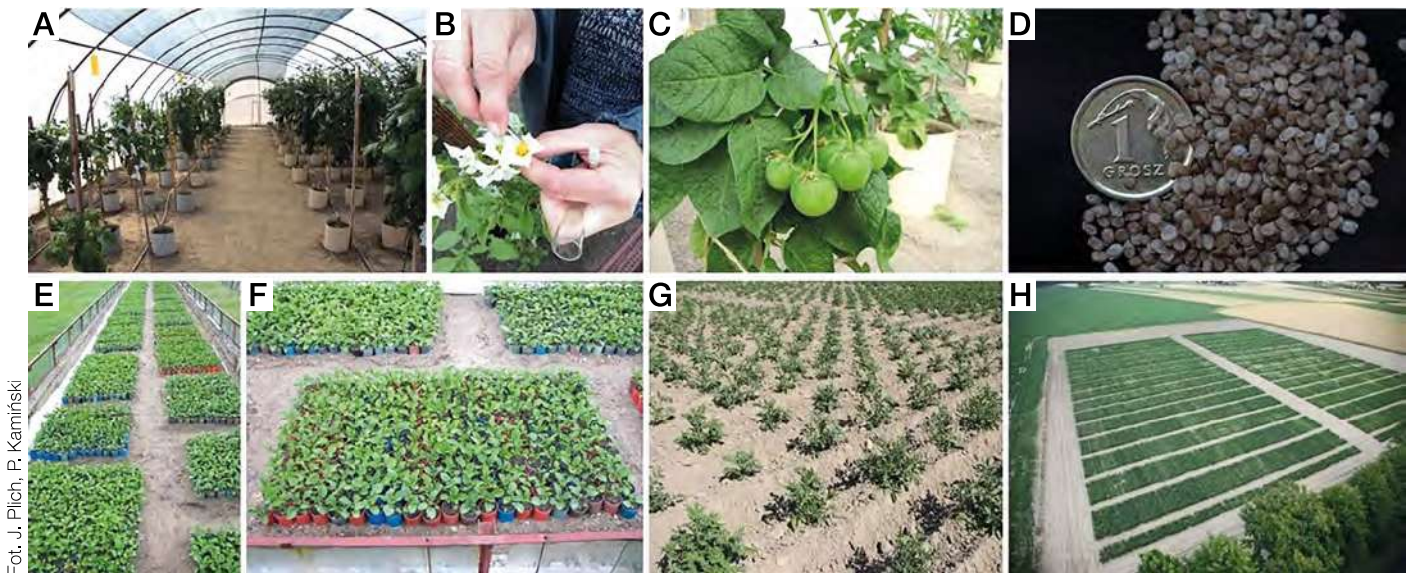
### Wzwiększenie efektywności hodowli ziemniaka

Jak już wspomniano efektywność konwencjonalnej hodowli ziemniaka uzależniona jest od dwóch głównych czynników: doboru odpowiednich form rodzicielskich oraz efektywnej

i racjonalnej selekcji uzyskanego potomstwa. W celu poprawy wyników swoich prac hodowcy starają się wprowadzać modyfikacje poprawiające oba te czynniki.

### Materiały wyjściowe i pre-breeding

Wszystkie wyhodowane do połowy XIX wieku europejskie odmiany ziemniaka wywodzą się od bardzo niewielkiej grupy form ziemniaka pochodzących z Ameryki południowej i są ze sobą mocno spokrewnione. Dlatego w dalszym ciągu poważnym problemem ograniczającym postęp w hodowli ziemniaka jest wąska pula genetyczna odmian ziemniaka, które są wykorzystywane jako formy rodzicielskie w programach krzyżowań. Jedną z metod na zwiększenie efektywności hodowli, poszerzenie puli genetycznej materiałów hodowlanych ziemniaka i wprowadzanie do niej nowych cech, jest wytwarzanie materiałów wyjściowych, czyli tzw. pre-breeding. Materiałem wyjściowym (MW) w odniesieniu do ziemniaka nazywamy klon ziemniaka, który wyróżnia się wysokim poziomem jednej lub kilku cech wiodących (przy zachowaniu akceptowalnego poziomu pozostałych cech), który po jednokrotnym skrzyżowaniu z inną formą rodzicielską, daje dużą szansę na wyselekcjonowanie w ich bezpośrednim potomstwie nowej odmiany. Programy tworzenia MW funkcjonowały praktycznie we wszystkich krajach, w których prowadzono intensywną hodowlę twórczą ziemniaka, jak chociażby: Polska, Niemcy, Francja czy Szkocja. Prace te prowadzone były najczęściej w instytutach badawczych.



Fot. J. Plich, P. Kamiński

Fot. 4. Programy hodowlano-badawcze prowadzone w IHAR-PIB w Młochowie: A) formy rodzicielskie ziemniaka zaszczepione na roślinach psianki, w celu zwiększenia efektywności kwitnienia, B) kastrowanie kwiatów ziemniaka w celu uniknięcia niekontrolowanego samozapylenia, C) jagody pochodzące z kontrolowanego krzyżowania wybranych form rodzicielskich, D) nasiona ziemniaka, F) i G) siewki niewielkich populacji hodowlano-badawczych w inspektach, G) ramsz w polu, H) pole hodowlano-badawcze w Młochowie.

W Polsce hodowlą MW ziemniaka przez ponad 50 lat zajmował się Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Młochowie, a zagadnienia z tym związane zostały szerzej opisane przez Zimnoch-Guzowską i Flis (2021). Prowadzona w Młochowie hodowla MW (fot. 4) miała na celu poszerzenie puli genetycznej ziemniaka uprawnego oraz zwiększenie tempa i efektywności hodowli nowych odmian ziemniaka, a ukierunkowana była wyraźnie na podniesienie odporności ziemniaka na patogeny i szkodniki. W ramach tych programów wprowadzono z dzikich gatunków *Solanum* do puli hodowlanej ziemniaka tetraploidalnego (a później do komercyjnych odmian) wiele genów odporności na najgroźniejsze patogeny i szkodniki ziemniaka. Wytworzone MW ziemniaka były przekazywane zainteresowanym polskim hodowcom, którzy wykorzystywali je jako formy rodzicielskie w swoich programach hodowlanych. Z udziałem MW wytworzonych w IHAR-PIB w Młochowie wyhodowano i zarejestrowano w Polsce 72 nowe odmiany ziemniaka. Odmiany te charakteryzowały się zwykle wysoką odpornością na wirusy (głównie PVY, PVM i PVS) oraz podwyższoną odpornością na *P. infestans*. Prowadzenie programów MW przyczyniło się znacząco zarówno do przyspieszenia postępu hodowlanego ziemniaka, jak i do postępu w badaniach nad gene-

tyką i odpornością ziemniaka. Wprowadzanie genów odporności z dzikich gatunków do komercyjnych odmian ziemniaka jest trudne i niezwykle czasochłonne, dlatego też prace takie nie były prowadzone w komercyjnych firmach hodowli ziemniaka. Jako przykład można podać proces wprowadzania genów odporności na *P. infestans* z dzikiego gatunku *S. bulbocastanum*, w którym okres od przeprowadzenia pierwszych krzyżowań z dzikim gatunkiem do wprowadzenia nowych odmian ziemniaka uprawnego na rynek wynosił 46 lat (Ghislain i Douches, 2020).

#### Selekcja przy wykorzystaniu markerów DNA

Kolejnym elementem wpływającym na efektywność hodowli ziemniaka jest szybka, racjonalna i efektywna selekcja z uzyskanego potomstwa osobników o najkorzystniejszym zestawie cech. Usprawnieniem selekcji prowadzonej metodami klasycznymi (w oparciu o fenotyp – czyli zestaw wszystkich cech charakteryzujących danego osobnika) jest prowadzenie selekcji na podstawie genotypu (zapis genetyczny zawarty w DNA). Obecnie zlokalizowano na chromosomach ziemniaka wiele ważnych dla hodowli ziemniaka genów oraz zidentyfikowano sprzężone z nimi markery DNA. Obrazowo mówiąc takie markery DNA są pewnymi specyficznymi, łatwymi do zidentyfikowania

sekwencjami nukleotydów położonych w pobliżu (lub wewnątrz) interesującego nas genu. Zidentyfikowanie obecności takiego markera DNA pozwala na wnioskowanie czy w badanym genotypie (osobniku) jest obecny pożądaný gen bez konieczności przeprowadzania ocen fenotypowych (fot. 5). Genotypowanie potomstwa pod względem obecności pożądaných genów jest możliwe już na etapie siewki. Selekcja przy wykorzystaniu markerów DNA (*ang. marker assisted selection* - MAS) pozwala na ograniczenie liczby osobników ocenianych w dalszych etapach hodowli, a niekiedy również na skrócenie cyklu hodowlanego. W efekcie pozwala na znaczną redukcję kosztów prowadzenia fenotypowej selekcji w polu i testach laboratoryjnych (Zimnoch-Guzowska i Flis, 2017). Selekcja w oparciu o markery molekularne jest stosunkowo łatwa do przeprowadzenia w przypadku cech monogenicznych, czyli warunkowanych przez pojedyncze geny. Doskonałym przykładem są tu geny główne odporności, które zostały zmapowane i mają opracowane skuteczne systemy selekcji MAS. Są to między innymi: gen *Ry<sub>sto</sub>* warunkujący skrajną odporność na PVY (Flis i in. 2005), geny *Sen1* i *Sen2* warunkujące odporność na raka ziemniaka (Hehl i in. 1999, Przetakiewicz i Plich 2017, Plich i in. 2018), gen *H1* warunkujący odporność na mątwika ziemniaczanego (Milczarek i in. 2011) czy geny

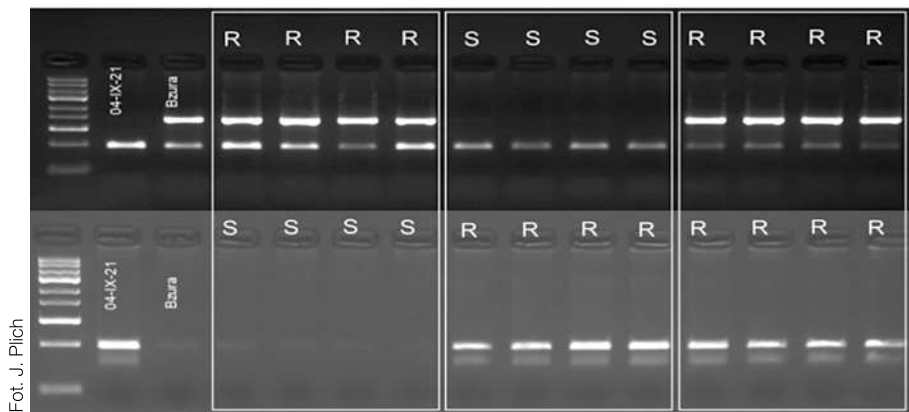
odporności na zarazę ziemniaka takie jak *Rpi-phu1* (Plich i in. 2016), *Rpi-Smira1* (Tomczyńska i in. 2014), *R2-like* (Plich i in. 2015), *Rpi-rzc1* (Stefańczyk i in. 2020). Niestety zastosowanie MAS do selekcji cech poligenicznych jest bardzo mało efektywne (Zimnoch-Guzowska i in. 2000).

### Nowoczesne technologie w hodowli ziemniaka

Hodowla roślin, w tym hodowla ziemniaka, jest dziedziną, w której od zawsze wykorzystywano najnowsze zdobycze nauki i techniki. Obecnie również obserwujemy silne trendy wykorzystania nowoczesnych zdobyczy nauki i techniki do poprawy efektywności hodowli ziemniaka.

### Selekcja genomowa

Opisana powyżej selekcja MAS bazuje na związku pojedynczego markera z jedną cechą. Przy cechach warunkowanych monogenicznie metoda ta jest bardzo pomocna w selekcji form ziemniaka o pożądanym genotypie. Niestety, przy



Fot. J. Plich

Fot 5. Przykładowy obraz rozdziálu elektroforetycznego markerów DNA sprężonych z dwoma genami odporności (R – klony odporne, S – formy podatne).

cechach poligenicznych, a tak warunkowana jest większość cech jakościowych i użytkowych, wykorzystanie MAS jest praktycznie niemożliwe. Obecnie opracowuje się schematy i wdraża do hodowli ziemniaka tak zwaną selekcję genomową (SG). Bazuje ona nie na wykorzystaniu związku pojedynczego markera z cechą, lecz na wykorzystaniu informacji jednocześnie o tysiącach markerów rozsianych po całym genomie ziemniaka. Dzięki temu SG może być wykorzystywana do selekcji potomstwa

pod względem cech złożonych, warunkowanych przez liczne geny o niewielkich efektach. Precyzja predykcji w SG jest uzależniona od liczby wykorzystanych markerów, zastosowanego modelu statystycznego, złożoności cechy, precyzji danych fenotypowych, liczebności i składu tzw. populacji trenującej. I choć skuteczność tej metody nie jest jeszcze w pełni zadowalająca, a jej koszty są wciąż stosunkowo wysokie, to systematyczny spadek cen genotypowania oraz szeroki zakres prac prowadzonych nad

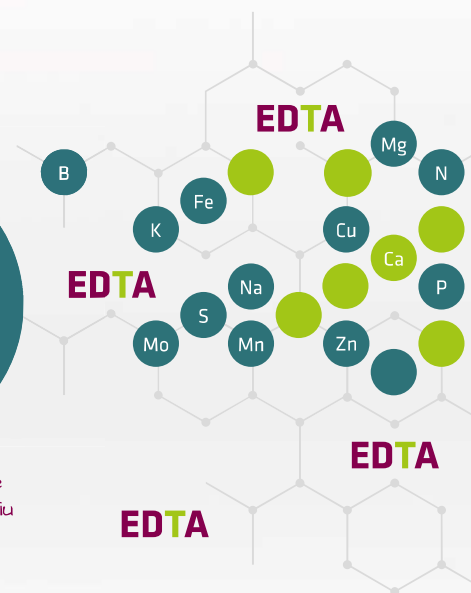


## ADOB® Mikro Ziemniak

- specjalistyczny, wieloskładnikowy nawóz NPK do nawożenia dolistnego ziemniaków
- wzbogacony o magnez, siarkę i mikroelementy w formie chelatów EDTA
- zawiera bor i mangan – składniki szczególnie istotne w uprawie ziemniaka
- nawóz w postaci stałej, krystalicznej, całkowicie rozpuszczalny w wodzie



teraz także w opakowaniu 5 kg



udoskonaleniem tej metody wskazują, że już niebawem może być ona szeroko wykorzystywana w komercyjnych programach hodowlanych ziemniaka na całym świecie.

### Wysokowydajne zautomatyzowane fenotypowanie

Postęp techniczny umożliwił obecnie przeprowadzenie w pełni zautomatyzowanego i wysokoprzepustowego fenotypowania roślin uprawnych pod względem wielu istotnych cech rośliny zarówno w warunkach szklarniowych, jak i polowych. Analiza danych uzyskanych z kamer multi- i hiperspektralnych, kamer termowizyjnych, sensorów LiDAR (ang. *Light Detection and Ranging*) czy ultradźwiękowych pozwala na wnioskowanie o takich cechach jak m.in.: wysokość roślin i architektura łanu, tempo przyrostu biomasy, dojrzewania i starzenia się roślin, zawartość chlorofilu, wody, białka, cukrów, lignin, skrobi i wielu innych cech oraz wskaźników związanych ze wzrostem i rozwojem roślin, a także ich reakcją na czynniki stresowe. Informacje takie są niezwykle cenne przy podejmowaniu decyzji selekcyjnych. Regularne obrazowanie poletek doświadczalnych ziemniaka, np. przy wykorzystaniu kamer z tego typu sensorami umieszczonych na dronach, pozwala na selekcję rodów hodowlanych charakteryzujących się szybkim tempem wzrostu tuż po wschodach (co skutkuje przewagą w konkurencji z chwastami i efektywniejszym wykorzystaniem dostępnych zasobów wodnych) czy też większą tolerancją na stesy biotyczne i abiotyczne. Obrazowanie multi- i hiperspektralne może zostać również wykorzystane do oceny wysokości i jakości plonu bulw po zbiorze, a nawet w jego trakcie (Slater i inni 2017).

### Biotechnologia

Wykorzystanie biotechnologii w hodowli twórczej roślin ma ogromny potencjał, jednak budzi ogromne kontrowersje. O ile wykorzystanie metody MAS czy technik kultur *in vitro* w hodowli ziemniaka nie budzi u większości ludzi żadnych zastrzeżeń, o tyle wprowadzanie modyfikacji w jego genomie za pomocą transgenezy (wprowadzanie genów z innego gatunku), czy cisge-

neza (wprowadzanie genów z tego samego/blisko spokrewnionego gatunku) budzą już spore kontrowersje. Istnieje wiele przykładów na potencjalne wykorzystanie tego typu modyfikacji do uzyskiwania roślin ziemniaka o pożądanym cechach takich jak: odporność (np. na *P. infestans*, wirus Y ziemniaka czy owady), wartość odżywcza (podwyższenie zawartości białka, witamin, karotenoidów lub skrobi, obniżenie zawartości glikoalkaloidów w bulwach), wartość przetwórcza (obniżenie zawartości akrylamidów w produktach smażonych, produkcja skrobi bezamylozowej). Jednak w krajach Unii Europejskiej GMO (organizmy modyfikowane genetycznie) wciąż nie znajdują akceptacji społecznej, co przekłada się na regulacje prawne dotyczące rejestrowania i uprawy transgenicznych odmian roślin uprawnych. Osobną, lecz równie kontrowersyjną sprawą jest wykorzystanie w hodowli roślin nowoczesnych technik edycji genomów takich jak CRISPR/Cas9. Technika ta pozwala na precyzyjną celowaną zmianę sekwencji nukleotydów DNA w wybranym miejscu DNA, czyli jest narzędziem do wprowadzania celowych i precyzyjnych mutacji. Mimo, iż metoda ta nie wprowadza do rośliny żadnych nowych genów z innego organizmu, w świetle obecnego prawa europejskiego narzędzie to jest traktowane na równi z transgenezą, a rośliny poddane tej technice są traktowane jako GMO.

### Heterozyjna hodowla ziemniaka diploidalnego

Przez dziesięciolecia panowało jednoznaczne przekonanie o wyższości tetraploidalnego ziemniaka uprawnego nad ziemniakiem diploidalnym. Jednak w ostatnim czasie wielu badaczy oraz hodowców zaczęło podważać ustalone paradygmaty konwencjonalnej hodowli ziemniaka. Ze względu na szereg potencjalnych korzyści zaproponowano zredukowanie poziomu ploidalności ziemniaka uprawnego (przejście z poziomu tetraploidalnego na poziom diploidalny) oraz rozpoczęcie, tak rozpowszechnionej w innych roślinach uprawnych, hodowli heterozyjnej (mieszańcowej). Ten rodzaj hodowli bazuje na efekcie heterozji,

czyli tzw. wybujałości mieszańców. Po skrzyżowaniu oddalonych od siebie genetycznie homozygotycznych linii rodzicielskich otrzymujemy potomstwo (mieszańce F1) charakteryzujące się zwykle większą produktywnością niż formy rodzicielskie. Całe potomstwo mieszańcowe F1 jest bardzo wyrównane fenotypowo i genetycznie (są heterozygotami pod względem większości genów). Jednak wyrównanie to i vigor mieszańców utrzymuje się jedynie w pierwszym pokoleniu. Zastosowanie hodowli heterozyjnej do tworzenia nowych diploidalnych odmian ziemniaka wymaga przezwyciężenia wielu barier, do których należą między innymi: zwykle niższy plon form diploidalnych, depresja wsobna ziemniaka, silna samoniezgodność występująca u większości diploidalnych ziemniaków. Przeszkody te są jednak sukcesywnie pokonywane i obecnie wiele zespołów (głównie z Holandii i USA) prowadzi w tym zakresie prace badawcze i hodowlane, a pierwsze diploidalne odmiany mieszańcowe ziemniaka już są dostępne na rynku. Co ciekawe, produktem hodowli heterozyjnej są nasiona odmian mieszańcowych, a nie sadzeniaki, jak to ma miejsce w konwencjonalnej hodowli ziemniaka tetraploidalnego.

### Podsumowanie

Wzrastająca szybko globalna liczba ludności wymaga również dynamicznego wzrostu produkcji żywności. Szacuje się, że aby zaspokoić potrzeby żywnościowe globalnej populacji ludzkości w roku 2050 obecny poziom produkcji żywności musi wzrosnąć o co najmniej 70%. Co więcej, wysokość tej produkcji powinna zostać osiągnięta przy wykorzystaniu takiej samej ilości zasobów. Coraz więcej badaczy wskazuje, że to właśnie ziemniak odegra ważną rolę w rozwiązaniu potencjalnego kryzysu żywnościowego (Devaux i in. 2020). Historia globalnej kariery ziemniaka nie raz udowodniła, że ziemniak zawsze spełnia pokładane w nim nadzieje. Niemniej jednak wymaga to ciągłych intensywnych prac hodowlanych nastawionych na tworzenie plenniejszych i bardziej dostosowanych do współczesnych potrzeb odmian ziemniaka. ■ dr inż. Jarosław Plich