

HODOWLA ZIEMNIAKA – ZESPOLENIE NOWOCZESNYCH METOD I TECHNIK

Ewa Zimnoch-Guzowska

Zakład Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka, Oddział Młochów
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Ziemniak (*Solanum tuberosum* L.), obok zbóż i buraków cukrowych, należy do najważniejszych roślin w polskim rolnictwie. W 2001 roku, pomimo istniejącej tendencji spadkowej, ziemniak był uprawiany na 1,19 mln ha, co stanowiło około 10% powierzchni zasiewów. Zbiór 20,4 mln ton ziemniaków plasuje Polskę w pierwszej piątce światowych producentów ziemniaków po Chinach, Rosji, Indiach i USA [ANONIM 2002]. Ponadto, ziemniak jest rośliną wykazującą znakomite właściwości adaptacyjne do warunków uprawy w Polsce. Jest on tradycyjnie uprawiany w podstawowym płodozmianie po zbożach i wykazuje dużą tolerancję na niedobory wody w glebie występujące w Polsce. Przeciętny plon ziemniaka w ostatnim 25-leciu oscylował wokół 17,4 t·ha⁻¹, co stanowi około 50% plonów uzyskiwanych w Niemczech czy Holandii. Niskie plony ziemniaka w Polsce wynikają z szeregu przyczyn: silnego rozdrobnienia powierzchni uprawy (prawie 93% pól ziemniaczanych ma powierzchnię poniżej 1 ha), słabej agrotechniki, braku nawadniania i należytej ochrony, stosowania niekwalifikowanych sadzeniaków. Obecnie w Polskim Rejestrze Odmian znajduje się 112 odmian ziemniaka, w tym 30 pochodzących z hodowli zagranicznych (27%): około 70% to odmiany jadalne, zaś 30% – skrobiowe. Odmiany pochodzenia zagranicznego wyróżniają się, bądź przydatnością do przetwórstwa spożywczego, bądź wczesnością. W innych grupach odmian dominują odmiany krajowe. Ponad 40% odmian krajowych pochodzi od materiałów wyjściowych uzyskanych w IHAR O/Młochów. Wśród odmian zrejonizowanych jest stosunkowo liczna grupa odmian przydatnych do przetwórstwa na tzw. frytkę krótką, na chipsy, czy przydatnych na susze [GŁUSKA, ZGÓRSKA (red.) 2000]. Wszystkie odmiany zrejonizowane w Polsce są odporne na raka ziemniaka, około 50% na nicienie (Ro1) i po około 20% jest odpornych na wirus ziemniaka Y (PVY) i zarazę ziemniaka.

Wegetatywny sposób rozmnażania ziemniaka i jego tetraploidalna genetyczna konstytucja determinują sposób hodowli tego gatunku. W nowoczesnej hodowli ocenia się materiał hodowlany pod względem co najmniej 50 różnych właściwości. Hodowca selekcjonuje odmianę przez 11–12 lat wybierając ją z ponad 100 000 siewek. W Polsce ta średnia w ostatnich latach wynosiła około 140 000 siewek [ZIMNOCH-GUZOWSKA 2001]. Zasady selekcji materiałów hodowlanych są podobne i niezależne od kierunku hodowli.

Hodowla ziemniaka w zależności od jego sposobu użytkowania dzieli się na hodowlę ziemniaka jadalnego – do bezpośredniej konsumpcji i hodowlę ziemniaka przetwarzanego (na frytki, chipsy, susz, skrobię). Odmiana, w zależności od jej sposobu użytkowania, powinna charakteryzować się zestawami cech jakościowych, odpornościowych, agronomicznych. Cele stojące przed hodowlą są coraz bardziej złożone, ale i dysponuje ona coraz większym wyborem wspomagających metod i technik. Atrybuty nowoczesnej hodowli ziemniaka to:

- Synteza materiałów wyjściowych (MW);
- Hodowla prowadzona na różnych poziomach ploidalności;
- Wykorzystanie technik *in vitro* w hodowli twórczej i zachowawczej;
- Transgeneza – tworzenie nowej puli genetycznej;
- Wykorzystanie markerów molekularnych w selekcji.

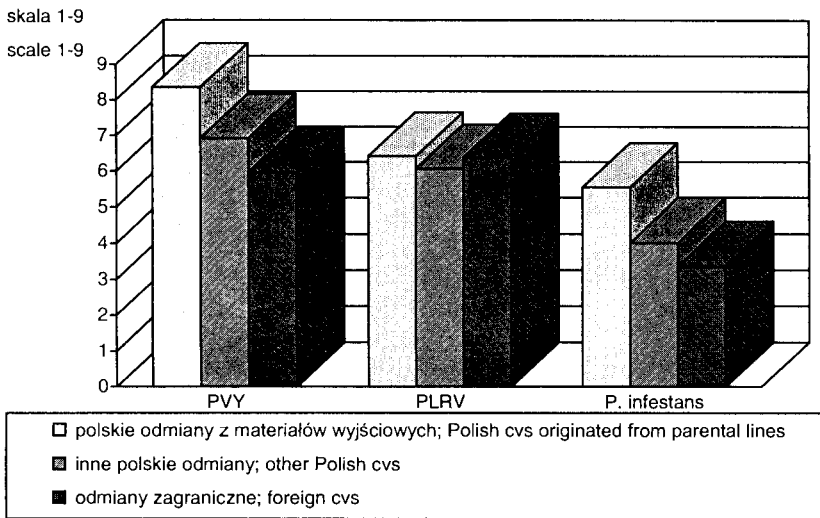
Przy omawianiu poszczególnych technik i metod przedstawiane będą przykłady szczegółowe pochodzące z prac prowadzonych w Zakładzie Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka IHAR O/Młochów.

Synteza materiałów wyjściowych

W hodowli ziemniaka istotną rolę odgrywa synteza materiałów wyjściowych (MW), czyli form rodzicielskich wykorzystywanych w hodowli odmian. W syntezie MW, prowadzonej na różnych poziomach ploidalności, tworzone są kreacje, które bądź wyróżniają się poszukiwaną cechą, bądź łączą w sobie szereg cech jakości, odporności na patogeny i stres, które przekazują na potomstwo. MW powinny zabezpieczać uzyskiwanie postępu hodowlanego w jakości konsumpcyjnej, przetwórczej, zawartości skrobi i odporności na patogeny. W historii światowej hodowli ziemniaka można wskazać szereg ośrodków, które specjalizowały się w tworzeniu MW i zapisały się jako źródła krajowego postępu hodowlanego, a czasami i światowego [ŚWIEŻYŃSKI 1977]. W Holandii do lat 80-tych ubiegłego wieku Instytut Hodowli Roślin (SVP) tworzył formy rodzicielskie, które efektywnie wprowadziły w odmiany holenderskie odporność na różne patotypy mątwika oraz cechy jakości. W Niemczech w Instytucie Biologii w okresie międzywojennym identyfikowano źródła odporności na zarazę ziemniaka i wirusy (mieszance po *S. demissum* W-RASSEN). W Szkockim Instytucie Badań Roślin Rolniczych (SCRI) w Wielkiej Brytanii do dziś powstają kreacje wprowadzające do hodowlanych odmian podniesioną odporność na zarazę ziemniaka, wirusy i mątwika.

W IHAR O/Młochów od ponad 35 lat tworzone są MW kompleksowo odporne na wirusy, zarazę ziemniaka i mątwika w typach użytkowych: jadalne, przydatne do przetwórstwa na chipsy lub skrobiowe.

Młochowskie formy rodzicielskie corocznie przekazywane są hodowlom krajowym wraz z charakterystyką około 50 cech. Do 2002 r. hodowle krajowe zarejestrowały 41 odmian pochodzących od MW, a w obecnym doborze 40% odmian krajowych pochodzi od tego źródła. W 2001 r. w Doświadczeniach Podstawowych COBORU na 41 badanych odmian 21 pochodziło od materiałów wyjściowych (43%), zaś w doświadczeniach wstępnych udział form o tym pochodzeniu wyniósł 38%. Oddziaływanie MW na postępowanie hodowlane jest wyraźnie widoczny w odniesieniu do odporności na wirus Y ziemniaka, odporności na zarazę ziemniaka oraz w zawartości i plonie skrobi w odmianach skrobiowych (rys. 1).



Rys. 1. Odporność na PVY, PLRV oraz *Phytophthora infestans* odmian zarejestrowanych w Polsce w 2001 r.

Fig. 1. Resistance to PVY, PLRV and *Phytophthora infestans* of cultivars registered in Poland in 2001

Hodowla ziemniaka prowadzona na różnych poziomach ploidalności

Ziemniak rozmnaża się głównie wegetatywnie. Jest gatunkiem obcopylnym i silnie heterozygotycznym segmentalnym autotetraploidem. Jego konstytucja genetyczna utrudnia prowadzenie hodowli rekombinacyjnej, w której hodowca łączy ze sobą szereg cech. Złożone dziedziczenie wielu cech, typowe dla poliploidów i wytwarzanie różnych form heterozygotycznych skłania hodowcę do prowadzenia badań nad wykorzystaniem diploidów do usprawnienia hodowli tego gatunku.

Założeniem hodowli diploidów jest:

- Wykorzystanie diploidalnych gatunków dzikich i prymitywnie uprawnych jako nowego źródła zmienności genetycznej dla cech jakości i odporności;
- Wykorzystanie stosunkowo łatwo otrzymywanych dihaploidów *S. tuberosum* w hodowli rekombinacyjnej z dzikimi gatunkami, w której cechy dziedziczą się disomicznie. **Androgeniza *in vitro*** poprzez kultury pylników na sztucznym podłożu jest obok indukowanej partenogenezy techniką stosowaną w celu haploidyzacji tetraploidalnych odmian. Formy haploidalne ziemniaka stosunkowo łatwo krzyżują się z diploidalnymi gatunkami dzikimi *Solanum*. Stwarza to drogę introgresji nowej puli genetycznej w materiały hodowlane wykorzystywane przez hodowców odmian;
- Wykorzystanie gamet o niezredukowanej liczbie chromosomów ($2n$) do transferu potencjału diploidów na poziom tetraploidalny w krzyżowaniach interploidalnych ($4x-2x, 2x-4x$);

- Heterozja cech oraz ich ograniczona rekombinacja w tetraploidalnych potomstwach krzyżowań 4x-2x pozwalająca na selekcję potencjalnej odmiany z mniejszej puli genotypów niż w konwencjonalnych krzyżowaniach 4x-4x [ZIMNOCH-GUZOWSKA w druku].

Intensywne prace na poziomie diploidalnym prowadzone są zarówno w ośrodkach naukowych jak i przez większe firmy hodowlane. W Polsce program diploidalny realizowany jest przez IHAR O/Młochów oraz SGGW.

Wykorzystanie technik *in vitro* w hodowli twórczej i zachowawczej

Wegetatywny sposób rozmnażania ziemniaka jest jedną w przyczyn jego wybitnej adaptacji do różnych technik *in vitro* stosowanych w przechowywaniu germplazmy, w hodowli twórczej i zachowawczej, jak i w badaniach wyprzedzających hodowlę. I tak kultury *in vitro* są wykorzystywane do przechowywania genotypów ziemniaka w stanie bezwirusowym w większości światowych banków genów. Kultury merystemów pozyskane z roślin, które poddawane są termoterapii pozwalają na uzyskiwanie materiałów startowych uwolnionych od patogenów. Opracowane są warunki dla długotrwałego przechowywania ziemniaka *in vitro* w temperaturze od 4 do 8°C. W tych warunkach ziemniak jest pasażowany średnio co dwa lata na nową pożywkę [ZAKLUKIEWICZ, SEKRECKA 1994]. Opracowane są techniki długotrwałego przechowywania merystemów ziemniaka w ciekłym azocie w temperaturze -169°C. Pozwoli to na bezterminowe przechowywanie form kolekcyjnych bez dodatkowych pasażów [KRYSZCZUK 2001].

Wysoki współczynnik wegetatywnego mnożenia roślin ziemniaka *in vitro* wykorzystywany jest do szybkiego namnażania zdrowego materiału matecznego w hodowli zachowawczej kwalifikowanego materiału nasiennego. Współczynnik rozmnażania *in vitro* jest cechą odmianową i waha się od 5 do 10. Szybkie mnożenie prowadzi się w cyklach trwających około 5–6 ciu tygodni. W produkcji materiałów elitarnych uzyskuje się minibulwy z roślin *in vitro* wysadzanych pod osłonami. Plon minibulw z 1 m² w zależności od odmiany i gęstości nasadzenia waha się od 150 do 350 szt. [TURSKA 1995].

Fuzja protoplastów

Ziemniak jest jednym z gatunków *Solanum* ulepszanym poprzez fuzję protoplastów. Tą drogą otrzymywane są cenne mieszańce wewnątrz- i międzygatunkowe, jak i mieszańce międzyrodzajowe. W wyniku fuzji protoplastów diploidalnych form ziemniaka można uzyskiwać cenne rody tetraploidalne o poszukiwanych połączeniach cech [WENZEL i in. 1979] oraz łączyć ze sobą genomy form niekrzyżujących się. Tą techniką uzyskano szereg fuzantów wykazujących wysoką odporność bulw na mokrą zgniliznę bulw [AUSTIN i in. 1988], na wirus liściozwoju, czy odporność na zarazę ziemniaka [SZCZERBAKOWA i in. 2000].

Transgeneza ziemniaka

Prace nad transgenicznym ziemniakiem ukierunkowane są zarówno na uzyskanie form odpornych na patogeny i szkodniki, jak i na uzyskanie ziemniaka

o nowych zmienionych właściwościach jakościowych. Po 10–12 latach od rozpoczęcia prac w krajach Ameryki Płn. występują w produkcji (na powierzchni około 40 tys. ha) odmiany zmodyfikowane z wprowadzoną transgenem odpornością na wirusy ziemniaka Y, X bądź liściozwoju, z odpornością na owady lub tolerancyjne na herbicydy. W Holandii przez okres 3-letni prowadzono uprawę odmiany o zmodyfikowanej skrobi bezamylozowej. Obecnie, w związku z moratorium na uprawy zmodyfikowane, w krajach UE w produkcji występują jedynie odmiany wyhodowane konwencjonalnie. W stadium badań są prace nad podniesieniem odporności na choroby bakteryjne i grzybowe. W grupie badań mających na celu poprawienie cech jakościowych bulw wyróżnić można podniesienie tolerancji na ciemnienie poudereniowe, lub obniżanie poziomu glikoalkaloidów i cukrów redukujących, podnoszenie zawartości skrobi w bulwach. W przyszłości ziemniak transgeniczny może odgrywać rolę biofabryki surowców wyjściowych dla różnych gałęzi przemysłu. W badaniach laboratoryjnych prowadzone są próby wykorzystanie bulw ziemniaka do produkcji, np. serum albuminy, lub cyklodekstryn. W Polsce zaawansowane badania obejmują ziemniaki zmodyfikowane o podniesionej odporności na wirus Y i liściozwoju ziemniaka [ZIMNOCH-GUZOWSKA i in. 2000a] lub ziemniaki z modyfikacjami białka 14-3-3 [SZOPA i in. 2001].

Markery molekularne i mapowanie genomu ziemniaka

Prace badawcze prowadzone nad zmapowaniem genomu ziemniaka i poszukiwaniem markerów molekularnych otwierają hodowli drogę do wyboru form rodzicielskich, jak i selekcji poszukiwanych rekombinantów w oparciu o analizę DNA. Pierwsze mapy genetyczne ziemniaka oparte o zlokalizowane markery molekularne, głównie RFLP powstały w końcu lat 80. [BONIERBALE i in. 1988]. Obecnie znane są pozycje chromosomowe szeregu genów głównych, warunkujących ważne cechy odpornościowe, fizjologiczne, jakościowe czy morfologiczne. Zlokalizowano również geny cech ilościowych QTL (Quantitative Loci Traits). Znane są QTL związane z odpornością na zarazę ziemniaka, odpornością na nicienie, z zawartością skrobi w bulwach, ze zdolnością tuberyzacji, barwą chipsów. Obecnie tworzone są zintegrowane mapy funkcjonalno-molekularne [CHEN i in. 2001]. Część dorobku związanego z tworzeniem mapy ziemniaka powstała w IHAR O/Młochów: zlokalizowano geny związane z odpornością ziemniaka na wirus liściozwoju [MARCZEWSKI i in. 2001a], wirus S ziemniaka [MARCZEWSKI i in. 2002], czy QTL warunkujące odporność ziemniaka na bakterie z rodzaju *Erwinia* [ZIMNOCH-GUZOWSKA i in. 2000b].

Zastosowanie markerów molekularnych w selekcji rodów ziemniaka

Principia zastosowania markerów molekularnych w selekcji materiałów hodowlanych oparte są na znajdowaniu markerów zlokalizowanych jak najbliższej lub w loci genów warunkujących daną cechę. Im sprzężenie między markerem a umiejscowieniem genu silniejsze (czyli odległość mniejsza) tym marker skuteczniejszy w selekcji. Markery dla cech o prostym genetycznym uwarunkowaniu, w których działają geny o dużych efektach, są wprowadzane do selekcji ziemniaka. Dotyczy to np. odporności na nicienie – warunkowanej genem *Gro 1* czy odporności na wirus S ziemniaka [MARCZEWSKI i in. 2001b]. Jednak dla cech warunko-

wanych poligenicznie, których QTL o nieznacznych efektach występują na wszystkich chromosomach, jak w przypadku odporności na bakterie *Erwinia* czy odporności na *P. infestans*, znalezienie markerów skutecznie identyfikujących formy odporne jest trudne. Stąd w ziemniaku cechy o złożonym uwarunkowaniu nie są selekcjonowane za pomocą markerów.

Wprowadzenie najnowszych osiągnięć naukowych do selekcji bogatej germplazmy ziemniaka może pozwolić na szybkie, jakościowe zmiany w odmianach oferowanych na rynku.

Literatura

ANONIM 2002. *Raporty Rynkowe: Rynek Ziemniaka stan i perspektywy*. IERiGŻ. Nr 21, kwiecień 2002.

AUSTIN S., ŁOJKOWSKA E., EHLENFELD M.K., KELMAN A., HELGESON J.P. 1988. *Fertile interspecific somatic hybrids of Solanum: A novel source of resistance to Erwinia soft rot*. *Phytopathology* 78: 1216–1220.

BONIERBALE M.W., PLAISTED R.L., TANKSLEY S.D. 1988. *RFLP maps based on a common set of clones reveal modes of chromosomal evolution in potato and tomato*. *Genetics* 120: 1095–1103.

CHEN X., SALAMINI F., GEBHARDT C. 2001. *A potato molecular-functional map for carbohydrate metabolism and transport*. *Theor. Appl. Genet.* 102: 284–295.

GUŁSKA A., ZGÓRSKA K. (red.) 2000. *Charakterystyka zrejonizowanych odmian ziemniaka*. Wydanie VI, IHAR Jadwisin: 30 s.

KRYSZCZUK A. 2001. *Methods of storage of potato clones in the in vitro gene bank at Młochów Research Center IHAR*, in: Abstracts of EUCARPIA Section Genetic Resources. Poznań, Poland, May 16–20. 2001: 49.

MARCZEWSKI W., FLIS B., SYLLER J., SCHÄFER-PREGL R., GEBHARDT C. 2001a. *A major quantitative trait locus for resistance to potato leafroll virus is located in a resistance hotspot on potato chromosome XI and is tightly linked to N-gene-like markers*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 14(12): 1420–1425.

MARCZEWSKI W., HENNIG J., GEBHARDT C. 2002. *The potato virus S resistance gene Ns maps to potato chromosome VIII*. *Theor. Appl. Genet.* (wersja internetowa).

MARCZEWSKI W., TALARCZYK A., HENNIG J. 2001b. *Development of SCAR markers linked to the Ns locus in potato*. *Plant Breed.* 120: 88–90.

ŚWIEŻYŃSKI K.M. 1977. *Rozwój hodowli ziemniaka w niektórych krajach i w Polsce*, w: *Hodowla i nasiennictwo ziemniaka*. Gabriel W., Świeżyński K.M (wyd.), PWRiL Warszawa 1977: 13–21.

SZCZERBAKOWA A., MACIEJEWSKA U., WIELGAT B., GAWROŃSKI M., KRYSZCZUK A., ZIMNOCH-GUZOWSKA E. 2000. *Somatic hybrids between hexaploid Solanum nigrum and diploid potato hybrid and their resistance to Phytophthora infestans*, w: *Breeding research for resistance to pathogens and for quality traits*. EAPR/EUCARPIA section meeting. Warsaw, Poland, July 3–7 2000: 41 (abstr.).

SZOPA J., WRÓBEL M., MATYSIAK-KATA I., ŚWIĘDRYCH A. 2001. *The metabolic profile of the 14-3-3 repressed transgenic potato tubers*. *Plant Science* 161: 1075–1082.

TURSKA E. 1995. Znaczenie minibulw w produkcji ziemniaka w Polsce. *Ziemniak Polski* 4: 21–25.

WENZEL G., SCHIEDER O., PRZEWOŹNY T., SOPORY S.K., MELCHERS G. 1979. *Comparison of single cell culture derived Solanum tuberosum L. plants and a model for their application in breeding programs*. *Theor. Appl. Genet.* 55: 49–55.

ZAKLUKIEWICZ K., SEKRECKA D. 1994. *Kolekcja in vitro (bank genów) odmian ziemniaka jako źródło zdrowych roślin ziemniaka*. *Ziemniak Polski* 4: 4–11.

ZIMNOCH-GUZOWSKA E. 2001. *Hodowla ziemniaka w Polsce – stan obecny, osiągnięcia i perspektywy*. *Mat. z Ogólnop. Forum Prod., Dystryb. i Przet. Ziemniaka, Jadwisin-Brwinów, 7–8 marca 2001, Jadwisin 2001*: 17–23.

ZIMNOCH-GUZOWSKA E. (w druku) *Wykorzystanie poziomego diploidalnego w hodowli i badaniach ziemniaka*. *Post. Nauk Rol.*

ZIMNOCH-GUZOWSKA E., FLIS B., LEBECKA R., MARCZEWSKI W., MIĘTKIEWSKA E., SYLLER J. 2000a. *Elements of biotechnology applied to potato breeding at IHAR Młochów*, in: *Use of agriculturally important genes in agricultural biotechnology*. G. Hrazdina (ed.). IOS Press, Ohmsha, NATO Science Series, Series A: Life Sciences 319: 32–36.

ZIMNOCH-GUZOWSKA E., MARCZEWSKI W., LEBECKA R., FLIS B., SCHÄFER-PREGL R., SALAMINI F., GEBHARDT C. 2000b. *QTL analysis of new sources of resistance to Erwinia carotovora ssp. atroseptica in potato done by AFLP, RFLP, and resistance-gene-like markers*. *Crop Science* 40(4): 1156–1167.

Słowa kluczowe: ziemniak, hodowla, metody, materiały wyjściowe, transgeneza, markery

Streszczenie

Ziemniak (*Solanum tuberosum* L.), należy do najważniejszych roślin w polskim rolnictwie. Wegetatywny sposób rozmnażania ziemniaka i jego tetraploidalna genetyczna konstytucja determinują sposób hodowli tego gatunku. Atrybuty nowoczesnej hodowli ziemniaka to: synteza materiałów wyjściowych, hodowla prowadzona na różnych poziomach ploidalności, wykorzystanie technik *in vitro* w hodowli twórczej i zachowawczej, transgeneza czyli tworzenie nowej puli genetycznej oraz wykorzystanie markerów molekularnych w selekcji. Przy omawianiu poszczególnych technik i metod przedstawiono przykłady szczegółowe pochodzące z prac prowadzonych w Zakładzie Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka IHAR O/Młochów.

POTATO BREEDING – COMBINATION OF MODERN METHODS AND TECHNIQUES

Ewa Zimnoch-Guzowska

Department of Potato Genetics and Parental Lines, Branch Młochów
Plant Breeding and Acclimatization Institute, Radzików

Key words: potato, breeding, methods, parental lines, transgenesis, markers

Summary

Potato (*Solanum tuberosum* L.), belongs to the most important crops in Polish agriculture. The vegetative mode of multiplication and its tetraallelic constitution determine breeding methods applied to this species. Attributes of modern potato breeding are as follows: parental line breeding, breeding at various ploidy levels, utilization of *in vitro* techniques in cultivar breeding and their reproduction, transgenesis as creation of new genetic pool and utilization of the marker assisted selection (MAS). Examples were given from research of the Department of Potato Genetics and Parental Lines, Plant Breeding and Acclimatization Institute (IHAR) located at Młochów.

Doc. dr hab. Ewa **Zimnoch-Guzowska**
Zakład Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin
ul. Platanowa 19
05-831 MŁOCHÓW
e-mail: E.Zimnoch-Guzowska@ihar.edu.pl