

HENRYKA JAKUCZUN<sup>1</sup>  
JAROSŁAW PRZETAKIEWICZ<sup>2</sup>  
IWONA WASILEWICZ-FLIS<sup>1</sup>  
AGNIESZKA HARA-SKRZYPIEC<sup>1</sup>  
PAULINA SMYDA<sup>1</sup>  
EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Młochów

<sup>2</sup> Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Radzików

## Mieszańce diploidalne ziemniaka źródłem odporności na raka ziemniaka (*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.)

### Diploid potato hybrids — a source of resistance to potato wart disease (*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.)

W latach 2006–2012 w IHAR — PIB w Radzikowie, w Pracowni Organizmów Kwarantannowych, oceniano diploidalne klony ziemniaka pod względem odporności na *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Klony te, wyselekcjonowane w IHAR — PIB w Młochowie, w Pracowni Genetyki, są mieszańcami międzygatunkowymi ziemniaka *Solanum tuberosum* powstałymi z udziałem dzikich i uprawnych gatunków *Solanum*. Klony testowano pod względem odporności na patotypy: 1(D1), 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1), 18(T1) i 39(P1) *S. endobioticum*, pochodzące z kolekcji Pracowni Organizmów Kwarantannowych. Testy oceny odporności na patotypy *S. endobioticum* wykonano zmodyfikowaną metodą Glynn-Lemmerzahla. Z 288 badanych klonów wyselekcjonowano 101 odpornych na patotyp 1(D1). Grupę 70 klonów testowano pod względem odporności na pięć patotypów 2(G1), 2(Ch1), 6(O1), 8(F1) i 18(T1) *S. endobioticum*, 44 z nich dodatkowo na patotyp 3(M1), a 22 klony dodatkowo na patotypy 3(M1) oraz 39(P1). W wyniku testów wyselekcjonowano siedem diploidalnych klonów ziemniaka jednocześnie odpornych na siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum*: 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1), 18(T1) i 39(P1). Są to wyjątkowo złożone rekombinanty pod względem odporności na patotypy *S. endobioticum*, jakich dotychczas nie opisano w innych pracach. Mieszańce te są materiałem do poszukiwania i lokalizacji na mapie genetycznej ziemniaka markerów sprzężonych z odpornością na poszczególne patotypy *S. endobioticum*. Odporne klony diploidalne charakteryzują się dobrym poziomem cech jakościowych i odpornościowych. Pięć z nich wytwarza męskie gamety o niezredukowanej liczbie chromosomów (gamety  $2n$ ), dzięki którym allele odporności na patotypy *S. endobioticum* można przekazać na poziom tetraploidalny w krzyżowaniach  $4x \times 2x$ .

---

Redaktor prowadzący: Henryk J. Czembor

**Słowa kluczowe:** diploidalny ziemniak, gamety  $2n$ , odporność, patotypy, rak ziemniaka, *Solanum tuberosum*, *Synchytrium endobioticum*

In 2006–2012 in IHAR — PIB Radzików, in Laboratory of Quarantine Organisms, diploid potato clones were tested for resistance to *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. The diploid clones selected in IHAR — PIB Młochów, in Laboratory of Genetics, were interspecific hybrids of *Solanum tuberosum* possessing in their pedigree wild and primitively cultivated *Solanum* species. Clones were tested for resistance to following pathotypes of *S. endobioticum*: 1(D1), 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1), 18(T1), and 39(P1), from the collection of Laboratory of Quarantine Organisms. Modified method of Glynne-Lemmerzahl was used for evaluation of their resistance. From 288 tested clones 101 were found resistant to pathotype 1(D1). The group of 70 clones was tested for resistance to 5 pathotypes of *S. endobioticum*: 2(G1), 2(Ch1), 6(O1), 8(F1), and 18(T1); 44 clones from that group were evaluated additionally for the pathotype 3(M1) and 22 clones were assessed for 2 additional pathotypes 3(M1) and 39(P1). Selection resulted with 7 diploid clones simultaneously resistant to 7 virulent pathotypes of *S. endobioticum*: 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1), 18(T1), and 39(P1). They are complex recombinants combining resistance to wart disease agent pathotypes that have not been described in other studies, so far. Selected resistant hybrids are excellent material for identification and localization on potato genetic map of genetic markers linked to the resistance to particular pathotypes of *S. endobioticum*. These diploid clones exhibit a good level of quality and resistance traits. Five of them produce male  $2n$  gametes which can be used in  $4x \times 2x$  crosses for transfer of alleles of resistance to wart disease agent pathotypes to tetraploid level.

**Key words:** diploid potato,  $2n$  gametes, pathotypes, potato wart disease, resistance, *Solanum tuberosum*, *Synchytrium endobioticum*

#### WSTĘP

Rak ziemniaka jest chorobą powodowaną przez grzyb *Synchytrium endobioticum*. Grzyb ten należy do zagrażających uprawom ziemniaka patogenów kwarantannowych. Jego formy przetrwalnikowe mogą przeżyć w glebie ponad 20 lat. Sposoby zwalczania, ochrony i zapobiegania rozprzestrzenianiu się patogena są objęte rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 2004 r. W Polsce od kilkudziesięciu lat do uprawy dopuszczane są tylko odmiany ziemniaka odporne przynajmniej na patotyp 1(D1) *S. endobioticum*. Dzięki temu w Polsce od ponad 50 lat nie znaleziono na ziemniakach objawów raka należących do patotypu 1(D1) *S. endobioticum* (Przetakiewicz, 2012). Dużym zagrożeniem dla upraw ziemniaka są występujące lokalnie na terenie Polski wirulentne patotypy 2(Ch1) i 3 (M1) *S. endobioticum* (Malec, 1974), gdyż odporność na te patotypy nie jest powszechna wśród odmian ziemniaka (Przetakiewicz, 2010). Klony diploidalne ziemniaka wyselekcjonowane w IHAR — PIB, Oddział w Młochowie, skupiają wiele ważnych cech jakościowych i odpornościowych wykorzystywanych w pracach badawczych lub hodowlanych, jako ich źródło (Jakuczun i Wasilewicz-Flis, 2006). Dotychczas klony diploidalne ziemniaka otrzymane w IHAR — PIB w Młochowie były wykorzystane w materiałach hodowlanych, jako źródła odporności na *Pectobacterium* spp. (Lebecka i in., 2004), *Phytophthora infestans* (Śliwka i in. 2010), PLRV (Dziewońska i Ostrowska, 1991) i PVM (Chrzanowska i in., 2002). W ostatnim 50-leciu odporność na raka ziemniaka była obligatoryjna dla odmian ziemniaka rejestrowanych w Polsce. Klony diploidalne od wielu lat selekcjonowane są pod

względem odporności na patotyp 1(D1) *S. endobioticum*, a od 2008 roku także na jego wirulentne patotypy.

Celem pracy jest przedstawienie wartości klonów diploidalnych ziemniaka, jako unikatowego źródła odporności na wirulentne patotypy *S. endobioticum*, do wykorzystania zarówno w pracach hodowlanych, jak i badawczych.

## MATERIAŁ I METODY

### **Materiał roślinny**

Materiałem było 288 klonów diploidalnych ( $2x$ ) ziemniaka wyselekcjonowanych w IHAR — PIB w Młochowie, w Pracowni Genetyki. Klony te są złożonymi mieszaniami międzygatunkowymi ziemniaka diploidalnego utworzonymi w trakcie wieloletniej hodowli rekombinacyjnej z użyciem dihaploidów *Solanum tuberosum* oraz szeregu dzikich lub uprawnych gatunków *Solanum*: *S. acaule*, *S. chacoense*, *S. demissum*, *S. goniocalyx*, *S. gourlayi*, *S. microdontum*, *S. phureja*, *S. stoloniferum*, *S. stenotomum*, *S. verrucosum*, *S. yungasense*. Mieszance ziemniaka  $2x$  wyróżniają się różnymi cechami jakościowymi, jak przydatnością kulinarną, przydatnością na chipsy, wysoką zawartością skrobi oraz cechami odpornościowymi, jak odpornością na zarazę ziemniaka, mokrą zgniliznę bulw ziemniaka, wirusy ziemniaka. Cechy agronomiczne klonów diploidalnych są na zadowalającym poziomie. Większość klonów  $2x$  produkuje duże ziarna pyłku, które są wskaźnikiem obecności męskich gamet o niezredukowanej liczbie chromosomów (gamety  $2n$ ).

### **Patotypy *S. endobioticum***

Patotypy *S. endobioticum* pochodzą z kolekcji Pracowni Organizmów Kwarantannowych w IHAR — PIB w Radzikowie. Do badań użyto patotyp 1(D1) oraz następujące wirulentne patotypy: 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1) i 18(T1) *S. endobioticum* i jeden wirulentny izolat (#69/2009), któremu nadano numer 39(P1). Do inokulacji służyły świeże narośla rakowe poszczególnych patotypów *S. endobioticum*, które namnażano na krańcowo podatnej odmianie Eersteling.

### **Cykl badań**

W latach 2006–2012 w Pracowni Organizmów Kwarantannowych w IHAR — PIB w Radzikowie przeprowadzono ocenę odporności na raka ziemniaka klonów  $2x$  ziemniaka. W sumie, w I roku oceniono odporność na patotyp 1(D1) *S. endobioticum* 288 klonów diploidalnych. W II roku badań oceniano 114 klonów uznanych za odporne w pierwszorocznej ocenie. Ocena odporności na patotyp 1(D1) została wykonana na próbach 2-bulwowych (I rok) i 10-bulwowych (II rok).

Odporność na wirulentne patotypy *S. endobioticum* oceniono dla wybranych klonów  $2x$ , które były odporne na patotyp 1(D1). 70 klonów testowano pod względem odporności na pięć patotypów 2(G1), 2(Ch1), 6(O1), 8(F1) i 18(T1) *S. endobioticum*, 44 z nich na sześć patotypów (dodatkowo 3(M1)) i 22 klony z 70 na siedem patotypów (dodatkowo 39(P1)). Odporność na wirulentne patotypy *S. endobioticum* wykonano na próbach 5-bulwowych w I roku oceny, 10–15-bulwowych w II roku i 25–30-bulwowych w III roku oceny. Klony słabo i krańcowo podatne po ocenie w I roku eliminowano z dalszych

badania, natomiast odporne oceniano w kolejnych latach. Każdy klon, który uznano za odporny został (lub jest w trakcie ocen) oceniony na 40–45 bulwach w trzech niezależnych testach i sezonach.

### Inokulacja i oceny odporności

Testy oceny odporności na patotypy *S. endobioticum* wykonano zmodyfikowaną metodą Glynne-Lemmerzahla (Przetakiewicz, 2008). Na każdej bulwie umieszczano komory wodne w kształcie pierścieni wykonane z wazeliny kosmetycznej. Do komór wypełnionych autoklawowaną wodą o temperaturze 12°C wkładano kawałki świeżych narośli rakowych (ok. 5-tygodniowych) zawierających sorusy, w celu zakażenia kiełków bulw. Po 48 godzinach inkubacji w temperaturze 10°C zdejmowano kawałki narośli rakowych, usuwano komory wodne, bulwy dezynfekowano i przenoszono do inkubatora o zmiennej temperaturze 12/22°C (12h/12h) na okres 14 dni, utrzymując wysoką wilgotność powietrza. Stopień porażenia kiełków (pędów) określano według pięciostopniowej skali opisanej przez Przetakiewicza (2009): **1** — krańcowo odporne, **2** — odporne, **3** — słabo odporne, **4** — słabo podatne i **5** — krańcowo podatne.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Po pierwszym roku ocen z 288 badanych klonów 2x 194 uznano jako odporne na patotyp 1(D1) *S. endobioticum*. Część z nich usunięto z powodu nieodpowiedniego poziomu cech wiodących lub słabych cech agronomicznych. W II roku badano z tej grupy 114 klonów 2x, z których 101 oceniono jako odporne. Wszystkie te klony były także odporne na referencyjny patotyp 1(D1) *S. endobioticum* pozyskany z kolekcji z Julius Kühn-Institut, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Plant Protection in Field Crops and Grassland w Niemczech (OEPP/EPPO, 2004).

Wybrane 70 klonów testowano pod względem odporności na wirulentne patotypy *S. endobioticum*. Po I ocenie przeprowadzonej na 5 bulwach/klon, za odporne na poszczególne patotypy *S. endobioticum* uznano od 9 do 24 klonów (tab. 1).

Tabela 1

### Wyniki wstępnej oceny (na pięciu bulwach) odporności na wirulentne patotypy *S. endobioticum* klonów diploidalnych ziemniaka

#### Results of preliminary evaluation (on 5 tubers) of resistance to virulent pathotypes of *S. endobioticum* of diploid potato clones

| Patotypy <i>S. endobioticum</i><br>Pathotypes of <i>S. endobioticum</i> | Liczba testowanych klonów<br>Number of tested clones | Liczba/procent klonów ziemniaka po wstępnej ocenie uznanych za:<br>Number/percentage of potato clones, after preliminary evaluation, found as: |    |  |    |                        |    |
|---|--|--|----|--|----|------------------------|----|
|   |  | odporne<br>resistant   |    | słabo odporne/ słabo podatne<br>weak resistant/ weak susceptible |    | podatne<br>susceptible |    |
|   |  | liczba<br>number   | %  | liczba<br>number   | %  | liczba<br>number       | %  |
| 2(G1)   | 70   | 24   | 34 | 24   | 34 | 22                     | 32 |
| 2(Ch1)  | 70   | 21   | 30 | 22   | 31 | 27                     | 39 |
| 6(O1)   | 70   | 22   | 32 | 17   | 24 | 31                     | 44 |
| 8(F1)   | 70   | 16   | 23 | 15   | 21 | 39                     | 56 |
| 18(T1)  | 70   | 16   | 23 | 24   | 34 | 30                     | 43 |
| 3(M1)   | 44   | 20   | 45 | 3  | 7  | 21                     | 48 |
| 39(P1)  | 22   | 9  | 41 | 4  | 18 | 9                      | 41 |

Klony podatne na wszystkie patotypy *S. endobioticum* stanowiły najliczniejszą grupę i obejmowały od dziewięciu do 39 klonów. Po pierwszej ocenie część klonów zaliczono do słabo odpornych lub słabo podatnych, które w wyniku dalszego testowania okazały się podatne. Cztery klony na podstawie badania 10 bulw wykazały odporność na wszystkie patotypy *S. endobioticum* — testy te będą kontynuowane. Na podstawie wymaganej oceny 40–45 bulw z genotypu, wyselekcjonowano siedem klonów 2x odpornych na siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum*: 2(G1), 2(Ch1), 3(M1), 6(O1), 8(F1), 18(T1) i 39(P1). Sześć z nich należy do grupy klonów jadalnych, a jeden do grupy odpornych na zarazę ziemniaka. Klony te charakteryzują się dobrym poziomem cech agronomicznych, jakościowych i/lub odpornościowych (tab. 2).

Tabela 2

**Ogólna charakterystyka klonów ziemniaka diploidalnego odpornych na siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum***  
**General characteristics of diploid potato clones resistant to seven virulent pathotypes of *S. endobioticum***

| Klon<br>Clone | Plon bulw<br>g/krzak*<br>Tuber yield<br>g/hill* | Zawartość<br>skrobi<br>%*<br>Starch<br>content %* | Ciężar bulwy<br>g*<br>Weight of<br>tuber g* | Ciemnienie miąższu<br>bulw surowego/<br>ugotowanego 1–9*<br>Darkening of tuber flesh<br>fresh/ cooked 1–9* | Inne cechy**<br>Other traits**                        |
|---------------|---|---|---|--|---|
| DG 97-264     | 420   | 16,2  | 38  | 8,5/7,9  | plodny/ fertile, PVY, PLRV                            |
| DG 03-109     | 615   | 11,9  | 32  | 9/9  | gamety 2n/ 2n-gemetes, PVY, PLRV, PVX                 |
| DG 03-150     | 623   | 14,4  | 30  | 8,8/8,9  | gamety 2n/ 2n-gemetes, PVY, PLRV, PVX                 |
| DG 03-152     | 829   | 14,7  | 50  | 8,9/8,6  | gamety 2n/ 2n-gemetes, PVY                            |
| DG 03-160     | 756   | 14,0  | 40  | 8,8/8,6  | plodny/ fertile, PVY, PLRV, PVX                       |
| DG 03-170     | 403   | 10,7  | 36  | 8,9/8,5  | gamety 2n/ 2n-gemetes, PVY, PLRV, PVX                 |
| DG 01-591     | 825   | 17,1  | 45  | nb   | gamety 2n/ 2n-gemetes, <i>P. infestans</i> , PVY, PVX |

\*Średnie z lat 2008–2012; skala 1–9, 9 = brak ciemnienia; nb – nie badane; Means from 2008–2012; scale 1–9, 9 = lack of darkening; nb — no tested

\*\*PVY, PLRV, PVX, *P. infestans* — odporny na: wirus Y ziemniaka, wirus liściozwoju ziemniaka, wirus X ziemniaka, zarazę ziemniaka; resistant to: *Potato virus Y*, *Potato leafroll virus*, *Potato virus X*, late blight

Pięć z nich wytwarza męskie gamety 2n, są więc potencjalnymi donorami odporności na wirulentne patotypy *S. endobioticum* do wykorzystania na poziomie tetraploidalnym w krzyżowaniach interploidalnych 4x × 2x. Są to unikatowe genotypy ziemniaka, gdyż do tej pory nie opisano materiałów ziemniaka, które wykazywałyby jednoczesną odporność na podstawowy patotyp 1(D1) i siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum*. W innych pracach z ziemniakiem diploidalnym (Hehl i in., 1999; Brugmans i in., 2006) badano odporność tylko na patotyp 1(D1) w potomstwach otrzymanych pomiędzy dihaploidami ziemniaka. Ballvora i in. (2011) badali populację ziemniaka tetraploidalnego pod względem odporności na patotypy 1, 2, 6 i 18 *S. endobioticum* (tzn. 1(D1), 2(G1), 6(O1) i 18(T1)). W tych badaniach skrajna odporność na patotypy wirulentne występowała w nielicznych osobnikach potomnych, ale jednoczesnej

odporności na cztery testowane patotypy nie znaleziono. Odporność 69 polskich odmian na dwa typowe dla Polski wirulentne patotypy 2(Ch1) i 3(M1) *S. endobioticum* badał Przetakiewicz (2010). Stwierdził, że 10 odmian było jednocześnie odpornych na oba patotypy, co jest dość optymistyczne, jeśli wziąć pod uwagę, że nie prowadzono ukierunkowanej selekcji pod względem odporności na te patotypy. Wykorzystanie klonów ziemniaka diploidalnego do podniesienia odporności w materiałach hodowlanych także na inne patotypy *S. endobioticum* jest uzasadnione wobec pojawiania się w środowisku naturalnym wciąż nowych patotypów tego patogena.

W pochodzeniu odpornych na wirulentne patotypy *S. endobioticum* siedmiu klonów 2x występują gatunki *Solanum* uważane za źródło odporności na raka ziemniaka (Khiutti i in., 2012; Ross, 1986). Są to: *S. acaule*, *S. chacoense*, *S. phureja*, i *S. stenotomum*. Jako źródło odporności na raka ziemniaka podawane są też inne gatunki *Solanum*, np. *S. commersonii*, *S. vernei*, *S. tuberosum* subsp. *andigenum*, *S. spgazzinii* i *S. sparsipilum* (Khiutti i in., 2012; Zimnoch-Guzowska, 2003). W pracach Hehl i in. (1999) i Brugmans i in. (2006) badano odporność na *S. endobioticum* w potomstwach dihaploidów ziemniaka, nie podając szczegółowo ich pochodzenia. Można domyślać się, że są to dihaploidy *S. tuberosum*, czyli diploidalne formy ziemniaka uprawnego.

Do tej pory głównie badano genetyczne uwarunkowanie odporności na patotyp 1(D1) *S. endobioticum*. W starszych badaniach odporność na tego patogena interpretowano obecnością dwóch lub kilku genów głównych (Ross, 1986). W badaniach z zastosowaniem metod molekularnych, zlokalizowano geny regulujące ekspresję odporności na patotyp 1(D1): gen *Sen1* na chromosomie XI (Hehl i in., 1999), gen *Sen1-4* na chromosomie IV (Brugmans i in., 2006) oraz gen *Sen1-XI* na chromosomie XI ziemniaka (Ballvora i in., 2011). Ballvora i in. (2011) zlokalizowali też geny odporności: na patotyp 18 *Sen18-IX* na chromosomie IX, na patotypy 2, 6 i 18 *Sen2/6/18-I* na chromosomie I ziemniaka. Wyselekcjonowane w IHAR — PIB w Młochowie klony 2x odporne na siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum* mogą posłużyć do poszukiwania i lokalizacji na mapie genetycznej ziemniaka kolejnych markerów sprzężonych z odpornością na poszczególne patotypy *S. endobioticum*.

#### WNIOSKI

1. Wyselekcjonowane klony ziemniaka diploidalnego odporne jednocześnie na siedem wirulentnych patotypów i patotyp 1(D1) *S. endobioticum*, wyróżniają się dodatkowo dobrym poziomem cech jakościowych i innych odpornościowych. Są źródłem odporności na wirulentne patotypy *S. endobioticum* do wykorzystania w pracach hodowlanych poprzez gamety 2n w krzyżowaniach 4x × 2x.
2. Diploidalne klony ziemniaka, odporne na siedem wirulentnych patotypów *S. endobioticum*, są złożonymi rekombinantami pod względem odporności na patotypy *S. endobioticum*. Dotychczas nie opisano klonów ziemniaka wyróżniających się taką odpornością. Wyselekcjonowane klony są materiałem do poszukiwania i lokalizacji na mapie genetycznej ziemniaka kolejnych markerów sprzężonych z odpornością na poszczególne patotypy *S. endobioticum*.

## LITERATURA

- Ballvora A., Flach K., Lübeck J., Strahwald J., Tacke E., Hofferbert H.-R., Gebhardt Ch. 2011. Multiple allele for resistance and susceptibility modulate the defense response in the interaction of tetraploid potato (*Solanum tuberosum*) with *Synchytrium endobioticum* pathotypes 1, 2, 6 and 18. *Theor. Appl. Genet.* 123: 1281 — 1292.
- Brugmans B., Hutten R.G.B., Rookmaker A.N.O., Visser R.G.F., van Eck H.J. 2006. Exploitation of a marker dense linkage map of potato for positional cloning of a wart disease resistance gene. *Theor. Appl. Genet.* 112: 269 — 277.
- Chrzanowska M., Siczka M.T., Zagórska H. 2002. Resistance to PVM in potato parental lines bred in Młochów Research Center, IHAR. *Plant Breed. Seed Sci.* 46 (2): 57 — 65.
- Dziewońska M.A., Ostrowska K. 1991. Synteza ziemniaków diploidalnych odpornych na wirusy. Synteza materiałów wyjściowych ziemniaka dla hodowli ziemniaka – dorobek i perspektywa. Materiały z konferencji ZGiSMW Instytutu Ziemniaka, 20-21 lutego 1991, Bonin 1991: 148 — 151.
- Hehl R., Faurie E., Hesselbach J., Salamini F., Whitham S., Baker B., Gebhardt C. 1999. TMV resistance gene *N* homologues are linked to *Synchytrium endobioticum* resistance in potato. *Theor. Appl. Genet.* 98: 379 — 386.
- Jakuczun H., Wasilewicz-Flis I. 2006. Przenoszenie zmienności genetycznej wybranych cech z ziemniaka diploidalnego na poziom tetraploidalny w IHAR w latach 1996–2005. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 511:131 — 140.
- Khiutti A., Afanasenko O., Antonova O., Shuvalov O., Novikova L., Krylova E., Chalaya N., Mironenko N., Spooner D. M., Gavrilenko T. 2012. Characterization of resistance to *Synchytrium endobioticum* in cultivated potato accessions from the collection of Vavilov Institute of Plant Industry. *Plant Breeding* 131: 744 — 750.
- Lebecka R., Zimnoch-Guzowska E., Kaczmarek Z. 2004. Resistance to soft rot (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) in tetraploid potato families obtained from 4x-2x crosses. *Am. J. Potato Res.* 82: 203 — 210.
- Malec K. 1974. Z badań nad powstawaniem nowych, bardziej wirulentnych biotypów grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. *Biul. Inst. Ziemn.* 14: 131 — 135.
- OEPP/EPPO. 2004. EPPO Standards PM 7/28 *Synchytrium endobioticum*. *EPPO Bulletin* 34: 155 — 157.
- Przetakiewicz J. 2008. Assessment of the resistance of potato cultivars to *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Per. in Poland. *Bulletin OEPP/ EPPO Bulletin* 38: 211 — 215.
- Przetakiewicz J. 2009. Propozycja zmian w polskiej skali oceny odporności odmian ziemniaka na raka ziemniaka zgodnie z Protokołem Diagnostycznym EPPO PM 7/28. *Biul. IHAR* 254: 169 — 177.
- Przetakiewicz J. 2010. Odporność polskich odmian ziemniaka na występujące w kraju wirulentne patotypy 2(Ch1) i 3(M1) grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. *Biul. IHAR* 257: 207 — 214.
- Przetakiewicz J. 2012. Odporność jadalnych odmian ziemniaka na występujące w Polsce wirulentne patotypy grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. *Ziemniak Polski* 1: 26 — 28.
- Ross H. 1986. Potato Breeding — Problems and Perspectives. In: *Advances in Plant Breeding: Supplements to Journal of Plant Breeding*. Verlag Paul Parey. Berlin and Hamburg: 132.
- Śliwka J., Jakuczun H., Kamiński P., Zimnoch-Guzowska E. 2010. Marker-assisted selection of diploid and tetraploid potatoes carrying *Rpi-phu1*, a major gene for resistance to *Phytophthora infestans*. *J. Appl. Genet.* 51 (2): 133 — 140.
- Zimnoch-Guzowska E. 2003. Wykorzystanie form diploidalnych ziemniaka w pracach hodowlanych i genetycznych. *Post. Nauk Roln.* 1: 47 — 66.

