

GENOWEFA SOWA-NIEDZIAŁKOWSKA

Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin

Wskaźniki procesów życiowych zachodzących w sadzeniakach ziemniaka podczas długotrwałego przechowywania Część I. Okres uśpienia i intensywność wzrostu kiełków

The indicators of physiological processes in seed potato tubers during long-term storage

Part I. Dormancy period and intensity of sprouting

W latach 1985–2001 w Oddziale Naukowo-Badawczym IHAR w Jadwisinie przeprowadzono badania dotyczące długości okresu uśpienia i intensywności kiełkowania sadzeniaków ziemniaka. Łącznie przebadano 54 odmiany ziemniaka w 13 seriach. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że odmiany różniły się istotnie zarówno pod względem długości uśpienia, intensywności kiełkowania jak i masy wytwarzanych kiełków. Wskaźnikiem najbardziej pomocnym w określaniu optymalnej temperatury przechowywania sadzeniaków poszczególnych odmian okazała się masa kiełków wytwarzana w czasie długotrwałego przechowywania w temperaturze 6°C i 10°C.

Słowa kluczowe: kiełkowanie, odmiana, okres uśpienia, stan fizjologiczny sadzeniaka, warunki przechowywania, ziemniak

Thirteen series of experiments to evaluate potato sprouting, the length of tuber dormancy and mass of sprouts were carried out in the years 1985–2001 at the Plant Breeding and Acclimatization Institute, Department Jadwisin. Altogether, 54 potato cultivars were tested. Significant differences between cultivars in the dormancy period, sprouting ability and mass of sprouts were found. It was shown that the length of dormancy, intensity of sprout growth, and particularly the mass of sprouts at 6°C and 10°C, were significantly correlated with optimal temperature of storage of seed potato tubers.

Key words: cultivar, dormancy period, physiological state of seed potatoes, sprouting, storage conditions

WSTĘP

Bulwy ziemniaka przeznaczone do sadzenia powinny cechować się dobrą zdrowotnością, odpowiednią jakością fizjologiczną, gwarantującą prawidłowy wigor wzrostu i wysoką plenność roślin z nich wyrosłych. Na fizjologiczną jakość sadzeńników wpływa wiele współdziałających ze sobą czynników, tak w czasie wzrostu, jak i przechowywania. Jednym z głównych czynników modyfikujących wiek fizjologiczny sadzeńników są warunki przechowywania, począwszy od zbioru aż do ich wysadzenia. Stan fizjologiczny sadzeńników ziemniaka był przedmiotem licznych wcześniejszych prac (Sowa-Niedziałkowska 1990, 1993, 1997, 1999, 2000). Przedstawiono w nich wpływ zróżnicowanych warunków przechowywania na stan fizjologiczny sadzeńników i późniejszy ich rozwój w polu. Wykazano, że odmiany ziemniaka są zróżnicowane pod względem wymagań termicznych w czasie przechowywania sadzeńników. Ponadto stwierdzono, że odmiany przechowywane w tych samych warunkach wykazują różne zachowania. Jedne z nich rozpoczynają proces kiełkowania już w początkowym etapie przechowywania, inne zaś utrzymują długo swoje głębokie uśpienie, podczas którego procesy życiowe zredukowane są do minimum. Sprawia to, że odmiany o takich uwarunkowaniach genetycznych wymagają również zróżnicowanych warunków w czasie przechowywania sadzeńników.

Zdaniem wielu autorów, wybór optymalnej temperatury przechowywania sadzeńników powinien być uzależniony od: tempa fizjologicznego starzenia się bulw danej odmiany, długości okresu spoczynku oraz następczego wpływu na wigor wzrostu i plonowanie roślin w warunkach polowych (van Loon, 1987; van Ittersum, Scholte, 1992; Rykaczewska, 1993; Sowa-Niedziałkowska, 2000; Reust i in., 2001).

Wybór optymalnej temperatury przechowywania jest o tyle istotny, że w naszych warunkach klimatycznych, bulwy ziemniaka przeznaczone do sadzenia, magazynowane są przez 6–7 miesięcy. Zbyt wysoka temperatura przechowywania przyspiesza proces starzenia odmian charakteryzujących się krótkim okresem uśpienia, zaś w warunkach niskiej temperatury bulwy są dłużej młode fizjologicznie. We wcześniejszych badaniach (Sowa-Niedziałkowska, 1993, 1997, 1999) udowodniono, że powszechnie uprawiane odmiany ziemniaka są istotnie zróżnicowane pod względem wymagań termicznych w czasie przechowywania sadzeńników. W ostatniej pracy natomiast wyodrębniono trzy typy reakcji odmian ziemniaka na warunki przechowywania oraz opracowano dziewięciostopniową skalę określającą następczy wpływ warunków przechowywania sadzeńników na plonowanie (Sowa-Niedziałkowska, 2002). Ocenę 1 w skali 9-stopniowej uzyskały odmiany o bardzo szybkim tempie fizjologicznego starzenia, które do osiągnięcia najwyższego plonu wymagają najniższej temperatury przechowywania (2°C), zaś ocenę 9 — odmiany o dużej tolerancji na zakres temperatur od 2°C do 10°C, tj. o powolnym tempie fizjologicznego starzenia.

W niniejszej pracy podjęto natomiast próbę ustalenia, czy pomiędzy wybranymi wskaźnikami procesów życiowych zachodzących w przechowywanych bulwach ziemniaka a ich wymaganiami termicznymi, gwarantującymi uzyskanie najwyższych plonów, zachodzą dające się udowodnić współzależności.

Jest to bardzo ważne, gdyż odpowiedź pozytywna pozwoliłaby na opracowanie prostszej metody określania wymagań termicznych sadzeniaków nowych odmian ziemniaka z pominięciem bardzo pracochłonnych i kosztownych doświadczeń polowych, w których określa się następczy wpływ warunków przechowywania na wartość plonotwórczą sadzeniaków.

W tym celu potrzebne są szczegółowe informacje o oddziaływaniu zróżnicowanej temperatury przechowywania na przebieg procesów fizjologicznych (długość uśpienia i intensywność kiełkowania) i ich następczy wpływ na rozwój i plonotwórczość dużej liczebności odmian ziemniaka w warunkach polowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzone były w latach 1985–2001 w 13 seriach, w których uwzględniano nowe odmiany ziemniaka wpisywane sukcesywnie do Rejestru Odmian Oryginalnych. Każda odmiana badana była przez trzy sezony przechowalnicze. Wykaz wszystkich odmian zawiera tabela 1. Niektóre z nich zostały skreślone już z Rejestru Odmian, ale cytowane są ze względu na lepsze zilustrowanie skali różnic odmianowych pod względem wymagań termicznych w czasie przechowywania.

Tabela 1

Wykaz badanych odmian ziemniaka
List of potato cultivars investigated

Seria badań Series of experiments	Odmiana Cultivars	Lata badań Years of testing	Wczesność Earliness
1	2	3	4
I	Bóbr	1985/86–1987/88	późna — late
	Fala	1985/86–1987/88	średnio późna — mid late
	Fauna	1985/86–1987/88	średnio wczesna — mid early
	Perkoz	1985/86–1987/88	wczesna — early
II	Bliza	1986/87–1988/89	średnio wczesna — mid early
	Bogna	1986/87–1988/89	późna — late
	Bzura	1986/87–1988/89	bardzo wczesna — first early
	Ruta	1986/87–1988/89	późna — late
	Stobrawa	1986/87–1988/89	średnio późna — mid late
III	Ceza	1987/88–1989/90	późna — late
	Heban	1987/88–1989/90	średnio późna — mid late
	Lotos	1987/88–1989/90	wczesna — early
IV	Elba	1988/89–1990/91	późna — late
	Ibis	1988/89–1990/91	średnio wczesna — mid early
	Irga	1988/89–1990/91	średnio wczesna — mid early
	Koral	1988/89–1990/91	bardzo wczesna — first early
V	Darga	1989/90–1991/92	średnio wczesna — mid early
	Fregata	1989/90–1991/92	średnio późna — mid late
	Jagna	1989/90–1991/92	średnio wczesna — mid early
	Jagoda	1989/90–1991/92	średnio wczesna — mid early
	Malwa	1989/90–1991/92	bardzo wczesna — first early
	Marta	1989/90–1991/92	średnio późna — mid late
	Olza	1989/90–1991/92	późna — late

1	2	3	4
VI	Aster	1991/92–1993/94	bardzo wczesna — first early
	Kolia	1991/92–1993/94	średnio wczesna — mid early
	Kos	1991/92–1993/94	średnio wczesna — mid early
	Orlik	1991/92–1993/94	bardzo wczesna — first early
VII	Ekra	1992/93–1994/95	średnio wczesna — mid early
	Drop	1992/93–1994/95	bardzo wczesna — first early
	Lawina	1992/93–1994/95	średnio późna — mid late
	Lena	1992/93–1994/95	średnio wczesna — mid early
VIII	Arkadia	1993/94–1995/96	średnio późna — mid late
	Grot	1993/94–1995/96	średnio późna — mid late
IX	Harpun	1994/95–1996/97	średnio wczesna — mid early
	Maryna	1994/95–1996/97	średnio wczesna — mid early
	Muza	1994/95–1996/97	średnio wczesna — mid early
X	Ania	1995/96–1997/98	średnio późna — mid late
	Bekas	1995/96–1997/98	średnio wczesna — mid early
	Bila	1995/96–1997/98	wczesna — early
	Dunajec	1995/96–1997/98	późna — late
	Głada	1995/96–1997/98	średnio wczesna — mid early
	Sumak	1995/96–1997/98	wczesna — early
XI	Oda	1996/97–1998/99	średnio wczesna — mid early
	Orlan	1996/97–1998/99	średnio wczesna — mid early
	Triada	1996/97–1998/99	średnio wczesna — mid early
	Vistula	1996/97–1998/99	średnio późna — mid late
XII	Albina	1997/98–1999/00	wczesna — early
	Baszta	1997/98–1999/00	średnio wczesna — mid early
XIII	Anielka	1998/99–2000/01	średnio późna — mid late
	Balbina	1998/99–2000/01	średnio wczesna — mid early
	Jantar	1998/99–2000/01	późna — late
	Klepa	1998/99–2000/01	średnio późna — mid late
	Koga	1998/99–2000/01	późna — late
	Rybitwa	1998/99–2000/01	średnio późna — mid late

W latach poprzedzających zasadnicze doświadczenie przechowalnicze, badane odmiany w stopniu superelity lub elity, rozmnażano na polu doświadczalnym w Jadwisinie, w celu uzyskania jednolitego materiału wyjściowego i wyeliminowania wpływu innych niepożądanych czynników (np. glebowych, agrotechnicznych, klimatycznych itp.).

Bezpośrednio po zbiorze, z każdej odmiany pobierano po 20 bulw średniej wielkości i przechowywano je w ażurowych skrzynkach w komorach przechowalni o temperaturze 2°, 6° i 10°C, przy wilgotności względnej powietrza 90–95%. Obserwacje długości okresu uśpiania i intensywności wzrostu kielków wykonywano co 10 dni.

Masę kielków określano w próbach 10 kg w 3 powtórzeniach każdej odmiany po całym okresie przechowywania w temperaturze 6°C i 10°C. W kombinacji przechowywanej w temperaturze 2°C kielki były zbyt krótkie, więc nie określono ich masy.

Za koniec uśpiania uznano termin, zgodnie z ustaleniami Sekcji Fizjologicznej EAPR (Reust, 1986), gdy 80% bulw z danej próby, wytworzyło kielki 3 mm długości. Długość okresu uśpiania, podobnie jak długość spoczynku (Zarzyńska, 2003) określano dwoma metodami:

- datą skielkowania 80% bulw w próbie;
- liczbą dni od umownie przyjętej „daty zerowej — 1 października” do skielkowania 80% bulw.

Wyniki obserwacji i pomiarów pochodzące z kilku serii doświadczeń poddano ocenie statystycznej, wykonano dwuczynnikową analizę wariancji, z zastosowaniem testu F „Snedecora” dla modelu stałego. Przy obliczaniu najmniejszej istotnej różnicy (NIR) wykorzystano test t-Studenta. Celem usystematyzowania reakcji odmian na warunki przechowywania sadzeniaków, wyrażonej długością stadium uśpienia, intensywnością kielkowania i masą kielków, wyliczono przedziały ufności i podzielono odmiany na trzy istotnie różniące się grupy: poniżej, powyżej i w zakresie dolnego i górnego przedziału ufności. Na bazie wyliczeń opracowano 9-stopniową skalę, w której stopień 9 — oznacza najbardziej pożądaną cechę, a stopień 1 — cechę najgorszą.

Współzależność między wymaganiami termicznymi w czasie przechowywania sadzeniaków a wskaźnikami procesów życiowych, określano na podstawie analizy korelacji i analizy regresji wielokrotnej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wpływ uwarunkowań genetycznych odmiany i temperatury przechowywania na długość fazy uśpienia sadzeniaków

Bezpośrednio po zbiorze bulwy ziemniaka w zasadzie nie kielkują, gdyż znajdują się w stanie fizjologicznego spoczynku i nawet w warunkach sprzyjających temu procesowi nie obserwuje się wzrostu kielków. Stan ten określany jest terminem spoczynku bezwzględnego. Następnym etapem (fazą) jest spoczynek względny, zwany w przechowywaniu uśpieniem, na długość którego duży wpływ wywierają warunki przechowywania, a przede wszystkim temperatura, która może go skracać lub wydłużać (Struik, Wiersema 1999; Martin 2002; Sowa-Niedziałkowska 2004; Reust i in., 2001).

W pracy przekazanej do druku (Sowa-Niedziałkowska, 2004) przedstawiono wieloletnie wyniki badań uwzględniające zmienność długości okresu uśpienia, minimalną temperaturę kielkowania, intensywność wzrostu kielków odmian jadalnych i przeznaczonych do przetwórstwa spożywczego. W pracy tej główną uwagę zwrócono na wpływ warunków klimatycznych w czasie wzrostu i przechowywania na procesy życiowe, a także na stabilność odmian w latach badań. Natomiast w niniejszym opracowaniu zainteresowano się przede wszystkim wskaźnikami charakteryzującymi stan fizjologiczny bulw przeznaczonych do sadzenia.

Za koniec stadium uśpienia uznano termin, gdy 80% bulw wytworzyło kielki 3 mm długości (zgodnie z ustaleniami EAPR — Reust, 1986).

Znając termin zakończenia fazy uśpienia, wyliczono długość jej trwania, przyjmując 1 października za „datę zerową”. Wieloletnie obserwacje wykazały, że przed tą datą żadna z badanych odmian nie była skielkowana w 80% wg metody EAPR. Podobne spostrzeżenia poczyniła w swojej pracy Zarzyńska (2003).

Wyliczona w ten sposób długość uśpienia uzależniona była istotnie od odmiany i warunków przechowywania. W temperaturze 2°C długość fazy uśpienia w przypadku

badanych odmian wahała się od 30 do 220 dni, w 6°C od 20 do 190 dni, a w 10°C od 20 do 150 dni.

Na podstawie wyliczeń statystycznych możliwe było dokonanie podziału odmian na 3 istotnie różniące się grupy:

- odmiany o krótkim uśpieniu, u których liczba dni od „daty zerowej” wynosiła poniżej 90;
- odmiany o średniej długości uśpienia, u których liczba ta wahała się od 90 do 180 dni;
- odmiany o długim okresie uśpienia, powyżej 180 dni.

Według takiego podziału liczba odmian w poszczególnych grupach uzależniona była od temperatury przechowywania (tab. 2).

Tabela 2

Grupy odmian ziemniaka o różnej długości okresu uśpienia bulw, mierzonego liczbą dni od „daty zerowej” (01.10) do końca uśpienia, w zależności od temperatury przechowywania
Grouping of potato cultivars based on the number of days from „date 0” (01.10) to the end of dormancy in relation to storage temperature

Długość uśpienia Length of dormancy								
Krótki, poniżej 90 dni Short, below 90 days			Średni, 90–180 dni Medium, 90–180 days			Długi, powyżej 180 dni Long, above 180 days		
2°C	6°C	10°C	2°C	6°C	10°C	2°C	6°C	10°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fregata	Ania	Ania	Ania	Anielka	Albina	Albina	Albina	
Koral	Aster	Aster	Aster	Arkadia	Baszta	Balbina	Oda	
Głada	Bila	Anielka	Anielka	Baszta	Bekas	Baszta		
Lawina	Bóbr	Arkadia	Arkadia	Balbina	Bogna	Jantar		
Lena	Darga	Bila	Bekas	Bekas	Bzura	Klepa		
	Dunajec	Bóbr	Bila	Bliza	Elba	Koga		
	Ekra	Balbina	Bliza	Bogna	Harpun	Muza		
	Fala	Bliza	Bogna	Bzura	Heban	Oda		
	Fauna	Ceza	Bóbr	Ceza	Ibis	Rybitwa		
	Fregata	Darga	Bzura	Drop	Irga	Vistula		
	Głada	Dunajec	Ceza	Elba	Kolia			
	Koral	Drop	Drop	Grot	Koga			
	Lawina	Ekra	Darga	Harpun	Kos			
	Lena	Fala	Dunajec	Heban	Lotos			
	Malwa	Fauna	Elba	Ibis	Muza			
	Maryna	Fregata	Ekra	Irga	Oda			
	Orlik	Głada	Fala	Jagna	Stobrawa			
	Perkoz	Grot	Fauna	Jagoda				
	Ruta	Jagna	Grot	Jantar				
		Jagoda	Harpun	Klepa				
		Jantar	Heban	Koga				
		Klepa	Ibis	Kolia				
		Koral	Irga	Kos				
		Lawina	Jagna	Lotos				
		Lena	Jagoda	Marta				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Malwa	Kolia	Muza				
		Marta	Kos	Olza				
		Maryna	Lotos	Orłan				
		Olza	Malwa	Rybitwa				
		Orlik	Marta	Sumak				
		Orłan	Maryna	Stobrawa				
		Perkoz	Olza	Triada				
		Ruta	Orłan	Vistula				
		Rybitwa	Orlik					
		Sumak	Perkoz					
		Triada	Ruta					
		Vistula	Sumak					
			Stobrawa					
			Triada					

I tak w najniższej temperaturze przechowywania 5 odmian charakteryzowało się krótkim okresem uśpienia, 39 odmian — średnim, a 10 odmian miało długie uśpienie. W temperaturze 6°C — 19 odmian odznaczało się krótkim uśpieniem, 33 — średnim i 2 — długim. W najwyższej temperaturze przechowywania 10°C, krótkie uśpienie stwierdzono u 37 odmian, średnie u 17 odmian i ani jednej odmiany o długim uśpieniu powyżej 180 dni.

Aby ułatwić porównanie odmian pod względem zakończenia długości uśpienia bulw w zależności od temperatury w czasie długotrwałego przechowywania, na bazie powyższego podziału odmian zaproponowano 9-stopniową skalę. Każdej grupie odmian przypisano po 3 punkty skali. Pierwsze 3 stopnie skali przydzielono grupie odmian o uśpieniu krótkim, zakończonym 1 — w październiku, 2 — w listopadzie i 3 — w grudniu. Następne 3 punkty (4, 5, 6) przypisano odmianom o uśpieniu średnim (zakończonym w styczniu, lutym i marcu) i ostatnie 3 punkty (7, 8, 9) odmianom o uśpieniu długim, przypadającym na kwiecień, maj i czerwiec.

Spośród wszystkich badanych odmian wyróżniają się odmiany: Lena, Fregata, Koral i Głada, które zakończyły swoje uśpienie najwcześniej i rozpoczęły proces kiełkowania już w październiku (tab. 3). Stąd też odmiany te uzyskały najniższą ocenę 1 w skali 9-stopniowej, zarówno w temperaturze 10°C jak i 6°C. Na wyróżnienie zasługują również odmiany Elba, Albina i Oda o najdłuższym okresie uśpienia, które przechowywane w temperaturze 10°C rozpoczęły proces kiełkowania dopiero w lutym i uzyskały ocenę 5. Wraz z obniżaniem temperatury przechowywania wydłużał się okres uśpienia bulw i tym samym wzrastały oceny zaproponowanej skali. Wydłużenie to uzależnione było również od uwarunkowań genetycznych odmiany. Jedynie w przypadku odmian Lena i Lawina ocena długości okresu uśpienia nie uległa zmianie pod wpływem warunków przechowywania. Odmiana Lena uzyskała ocenę 1 a odmiana Lawina ocenę 2, niezależnie od temperatury przechowywania.

Tabela 3

Długość okresu uśpienia bulw badanych odmian w skali 9° (średnie z 3 lat badań)
Dormancy period of potato cultivars on a scale of 1–9° (means for 3 years)

Odmiana Cultivar	Temperatura przechowywania Storage temperature		
	10°C	6°C	2°C
Lena	1	1	1
Fregata, Koral	1	1	2
Głada	1	1	3
Lawina	2	2	2
Maryna	2	2	3
Darga, Dunajec	2	2	5
Fauna	2	2	6
Orlik, Bila	2	3	3
Aster	2	3	4
Olza, Bóbr, Ekra, Marta, Malwa	2	3	5
Ceza, Jagoda	2	3	6
Drop	2	4	5
Bliza, Orłan	2	4	6
Jantar	2	4	7
Balibna, Klepa	2	5	7
Bekas	3	3	4
Ania, Harpun	3	3	5
Arkadia, Fala	3	3	6
Perkoz, Ruta, Sumak, Heban, Lotos, Grot	3	4	6
Anielka, Triada, Vistula	3	4	7
Bzura, Kolia, Kos	3	5	6
Muza, Koga, Rybitwa	3	5	7
Jagna	4	5	5
Bogna, Ibis, Irga, Stobrawa	4	5	6
Baszta	4	6	7
Elba	5	5	6
Albina	5	7	8
Oda	5	7	8

1 — Zakończenie uśpienia w październiku; End of dormancy in October

1 — Bardzo krótki okres uśpienia; Very short dormancy period

9 — Zakończenie uśpienia w czerwcu; End of dormancy in June

9 — Bardzo długi okres uśpienia; Very long dormancy period

U pozostałych odmian wpływ temperatury przechowywania na stadium uśpienia przedstawiał się następująco (tab. 3):

- Odmiany o bardzo krótkim okresie uśpienia, które w temperaturze 10°C uzyskały ocenę 1, zareagowały wydłużeniem tego okresu tylko pod wpływem najniższej temperatury przechowywania: Fregata, Koral, Głada;
- W grupie odmian z oceną 2, obniżenie temperatury o 4°C (z 10° do 6°C) spowodowało wzrost maksymalnie o trzy punkty skali (do oceny 5) a dalsze obniżenie temperatury do 2°C wydłużało okres uśpienia do oceny 7. Do grupy tej należą: Maryna, Darga Dunajec, Fauna, Orlik, Bila, Aster, Olza, Bóbr, Ekra, Marta, Malwa, Ceza, Jagoda, Drop, Bliza, Orłan, Jantar, Balbina i Klepa;
- Odmiany, których okres uśpienia w temperaturze 10°C oceniono na 3 punkty skali, uzyskały przeciętnie wyższą notę o 2 stopnie w miarę obniżania temperatury

- przechowywania: Bekas, Ania, Harpun, Arkadia, Fala, Perkoz, Ruta, Sumak, Heban, Lotos, Grot, Anielka, Triada, Vistula, Bzura, Kolia, Kos, Muza, Koga i Rybitwa;
- U odmian o wydłużonym okresie uśpienia w 10°C z oceną 4 i 5, wraz z obniżaniem temperatury przechowywania następował wzrost oceny przeciętnie o 1–2 stopnie skali. Grupę tę reprezentowały następujące odmiany: Jagna, Bogna, Ibis, Irga, Stobrawa, Baszta i Elba;
 - Odmiany Albina i Oda charakteryzowały się najdłuższym stadium uśpienia, stąd też ich oceny niezależnie od temperatury przechowywania były najwyższe (5 w 10°C, 7 — w 6°C i 8 w 2°C).

Z praktycznego punktu widzenia, przesunięcie zakończenia uśpienia sadzeniaków odmian szybko kiełkujących na okres późniejszy pod wpływem niskiej temperatury przechowywania jest bardzo ważne, gdyż powoduje utrzymanie ich w bardziej pożądanym stanie fizjologicznym a intensywny wzrost kiełków odbywa się po posadzeniu, w środowisku glebowym.

Wpływ uwarunkowań genetycznych odmiany i temperatury przechowywania na intensywność kiełkowania

Intensywność kiełkowania określano dwoma parametrami: w milimetrach odnośnie kiełków najdłuższych na bulwie (średnio z 20 bulw i 3 lat badań) i w gramach z próby 10 kg po zakończeniu sezonu przechowalniczego. Ocena tych parametrów wykonywana była zawsze w pierwszej połowie kwietnia za wyjątkiem kombinacji przechowywanej w temperaturze 2°C, w której obserwacje wydłużono o jeden miesiąc. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji, pomiarów i wyliczeń statystycznych stwierdzono istotne zróżnicowanie w zależności od warunków przechowywania i odmiany. Przeciętna długość kiełków w temperaturze 2°C wynosiła 4,2 mm, w 6°C — 18,4 mm a w temperaturze 10°C — 53,7 mm (NIR = 5,9). Wyliczenia statystyczne umożliwiły także dokonania podziału odmian na trzy grupy istotnie zróżnicowane w zakresie intensywności kiełkowania (tab. 4). Grupę o mało intensywnym wzroście kiełków stanowią odmiany, których przeciętna długość kiełków nie przekroczyła 30 mm. W grupie o średnio intensywnym kiełkowaniu znalazły się odmiany o długości kiełków w granicach od 30 do 60 mm zaś w trzeciej grupie — odmiany o wymiarach kiełków ponad 60 mm.

Wszystkie odmiany, które przechowywane były w najniższej temperaturze 2°C miały mało intensywny wzrost kiełków (wahania od oczek rozbudzonych u odmiany Albina, Oda do 20 mm u odmiany Lena) (tab. 4).

W temperaturze 6°C intensywnym wzrostem kiełków charakteryzowała się tylko jedna odmiana Maryna, średnio intensywnym odmiany: Arkadia, Bekas, Głada, Harpun, Lena i Orlan, a mało intensywny wzrost kiełków poniżej 30 mm długości, stwierdzono u pozostałych 47 odmian.

W najwyższej temperaturze przechowywania 10°C, intensywne kiełkowanie stwierdzono u 19 odmian (wahania od 66 mm u odmiany Drop do 208 mm u odmiany Orlan), średnio intensywne u 12 odmian i mało intensywne poniżej 30 mm u 23 pozostałych odmian. Mało intensywny wzrost kiełków w tych warunkach przechowywania wykazały następujące odmiany: Baszta, Bliza, Bogna, Bzura, Ceza, Elba, Fregata, Fauna,

Harpun, Heban, Ibis, Jagna, Jagoda, Kolia, Kos, Lotos, Malwa, Marta, Muza, Oda, Olza, Perkoz i Stobrawa.

Tabela 4

**Podział odmian na grupy o różnej długości kielków w zależności od temperatury przechowywania —
średnie z 3 lat badań**
**Grouping of potato cultivars depending on the length of sprouts and storage temperature —
means for 3 years**

Wymiary najdłuższego kielka na bulwie w mm Length of the longest sprout on the tuber in mm								
Poniżej 30 mm — Below 30 mm			30–60 mm			Powyżej 60 mm — Above 60 mm		
2°	6°	10°	2°	6°	10°	2°	6°	10°
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Albina	Albina	Baszta	—	Akadia	Albina	—	Maryna	Anielka
Ania	Ania	Bliza		Bekas	Ania			Arkadia
Anielka	Anielka	Bogna		Glada	Bóbr			Aster
Arkadia	Aster	Bzura		Harpun	Darga			Balbina
Aster	Baszta	Ceza		Lena	Ekra			Bekas
Baszta	Balbina	Elba		Orłan	Grot			Bila
Balbina	Bila	Fregata			Irga			Drop
Bekas	Bliza	Fauna			Koral			Dunajec
Bila	Bogna	Harpun			Lawina			Fala
Bliza	Bóbr	Heban			Orlik			Glada
Bogna	Bzura	Ibis			Rybitwa			Jantar
Bóbr	Ceza	Jagna			Sumak			Klepa
Bzura	Darga	Jagoda						Koga
Ceza	Dunajec	Kolia						Lena
Darga	Drop	Kos						Maryna
Dunajec	Ekra	Lotos						Orłan
Drop	Elba	Malwa						Ruta
Ekra	Fala	Marta						Triada
Elba	Fauna	Muza						Vistula
Fala	Fregata	Oda						
Fauna	Grot	Olza						
Fregata	Heban	Perkoz						
Glada	Ibis	Stobrawa						
Grot	Irga							
Harpun	Jagoda							
Heban	Jagna							
Ibis	Jantar							
Irga	Klepa							
Jagoda	Koga							
Jagna	Kolia							
Jantar	Koral							
Klepa	Kos							
Koga	Lawina							
Kolia	Lotos							
Koral	Malwa							
Kos	Marta							
Lawina	Muza							
Lena	Oda							
Lotos	Olza							
Malwa	Orlik							

c.d. Tabela 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Marta	Perkoz							
Maryna	Ruta							
Muza	Rybitwa							
Oda	Stobrawa							
Olza	Sumak							
Orlik	Triada							
Orłan	Vistula							
Perkoz								
Ruta								
Rybitwa								
Stobrawa								
Sumak								
Triada								
Vistula								

Każdej wydzielonej grupie przydzielono po 3 punkty (podobnie jak przy długości uśpienia) i w tabeli 5 przedstawiono intensywność wzrostu kielków w skali 9-stopniowej. Ocenę 1 uzyskały odmiany, których przeciętna długość kielków w końcowym okresie przechowywania przekroczyła 80 mm, zaś ocenę 9 — o przeciętnej długości poniżej 10 mm. Największe zróżnicowanie w intensywności kiełkowania badanych odmian stwierdzono w najwyższej temperaturze przechowywania 10°C, w której niemal cała skala została wykorzystana do scharakteryzowania tej cechy, bo od 1 do 8. Najmniejsze zróżnicowanie w zakresie intensywności kiełkowania wystąpiło w temperaturze 2°C (ocena 8 i 9).

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 5, aż 13 odmian przechowywanych w warunkach najbardziej sprzyjających procesowi kiełkowania tzn. w temperaturze 10°C, uzyskało ocenę 1, a 8 odmian w tych samych warunkach wykazało mało intensywne kiełkowanie i otrzymało ocenę 8. Wraz z obniżaniem temperatury przechowywania, zmniejszało się tempo wzrostu kielków, w wyniku tego wzrastały punkty skali określające ten proces. Niska temperatura przechowywania ograniczała wzrost kielków nie tylko u odmian o krótkim okresie uśpienia (np. u odmiany Lena), lecz również skutecznie hamowała ten proces aż do pierwszej dekady maja u odmian o długim okresie uśpienia (np. Albina i Oda).

Drugim sposobem oceniającym intensywność kiełkowania była masa kielków określana w próbie 10 kg po zakończonym sezonie przechowalniczym w temperaturze 6°C i 10°C. W temperaturze 2°C kielki były zbyt krótkie (przeciętnie 4,2 mm), dlatego też nie określano ich masy. Masa kielków, podobnie jak inne określane parametry, zróżnicowana była istotnie w zależności od odmiany i temperatury przechowywania. Przeciętna masa kielków w temperaturze 6°C wynosiła 46,5 g, a w 10°C — 177,3 g (NIR = 18,8). Masa kielków w temperaturze 6°C wahała się od zera u odmian Albina, Bzura, Oda, Perkoz, Stobrawa do 160 g u odmiany Głada. Natomiast w temperaturze 10°C wahania te wynosiły od 10 g u odmian Albina i Oda do aż 710 g u odmiany Aster.

Tabela 5

**Wpływ badanych czynników na intensywność wzrostu elongacyjnego kiełków w skali 1–9
(średnie z 3 lat)**

Influence of the investigated factors on the length of sprouts on a 1–9 scale (means for 3 years)

Odmiana Cultivar	Temperatura przechowywania — Storage temperature		
	10°C	6°C	2°C
Głada, Lena	1	5	8
Bekas	1	5	9
Arkadia, Orłan	1	6	9
Aster, Jantar, Ruta, Triada, Vistula	1	7	9
Anielka, Balbina, Klepa	1	8	9
Maryna	2	3	8
Bila	2	6	9
Koga	2	9	9
Dunajec	3	7	9
Drop	3	8	9
Lawina	4	8	9
Rybitwa	5	9	9
Fala, Korol, Sumak	6	7	9
Ania, Bóbr, Darga, Ekra, Irga, Orlik	6	8	9
Harpun	7	6	9
Bliza	7	7	9
Fregata, Grot, Ibis, Jagoda, Lotos, Malwa, Muza	7	8	9
Albina, Baszta, Bogna, Kolia, Kos, Oda, Perkoz	7	9	9
Elba, Jagna	8	8	9
Bzura, Ceza, Fauna, Heban, Marta, Olza, Stobrawa	8	9	9

1 — Intensywny wzrost kiełków — długość kiełków ponad 80 mm

1 — Fast growth of sprouts — above 80 mm in length

9 — Mało intensywny wzrost kiełków — długość kiełków poniżej 10 mm

9 — Slow growth of sprouts — below 10 mm in length

Zróznicowanie badanych odmian w zakresie masy wytwarzanych kiełków przedstawiono w tabeli 6. Na podstawie wyliczonego przedziału ufnosci wyodrębniono trzy grupy odmian o masie poniżej 150 g, w przedziale 150–300 g i powyżej 300 g. Jak wynika z informacji zawartych w tabeli 6, największe zróżnicowanie odmian wystąpiło w temperaturze 10°C. W tych warunkach przechowywania u 7 odmian (Anielka, Arkadia, Aster, Darga, Głada, Jagoda i Ruta) stwierdzono istotnie najwyższą masę kiełków powyżej 300 g, u 17 odmian — w przedziale od 150 do 300 g i aż u 30 odmian o masie kiełków poniżej 150 g. W temperaturze 6°C wszystkie odmiany (za wyjątkiem odmian Bekas i Głada) wytwarzały masę kiełków poniżej 150 g. W temperaturze 6°C nie było żadnej odmiany wytwarzającej masę kiełków powyżej 300 g.

Masę kiełków w zależności od badanych czynników przedstawiono również w skali 9-stopniowej (tab. 7). Ocena 1 wskazuje, że masa kiełków w próbie 10 kg wynosiła ponad 400 g, zaś ocena 9 określa masę kiełków poniżej 50 g. Zróznicowanie odmian, podobnie jak przy długości kiełków było największe w temperaturze 10°C, ponieważ wszystkie punkty skali (od 1 do 9) zostały wykorzystane w ocenie tego parametru. Odmiany Aster, Głada i Ruta charakteryzujące się intensywnym wzrostem elongacyjnym kiełków (z oceną 1) miały również największą masę. Nie była to jednak reguła, gdyż niektóre odmiany odznaczające się cienkimi kiełkami i mniej licznymi rozgałęzieniami, wytwarzały mniejszą masę kiełków jak np. odmiana Orłan. Obniżenie temperatury przechowywania do

poziomu 6°C spowodowało, że masa kielków różnicowana była w mniejszym zakresie, od oceny 6 u odmiany Głada i Bekas do oceny 9 w skali 9° u większości (33) badanych odmian.

Tabela 6

**Podział odmian na grupy o różnej masie kielków w zależności od temperatury przechowywania —
średnie z 3 lat badań**
**Grouping of potato cultivars depending on the mass of sprouts and storage temperature — means for 3
years**

Masa kielków Mass of sprouts					
poniżej 150 g below 150 g		150 — 300 g 150 — 300 g		powyżej 300 g above 300 g	
10°C	6°C	10°C	6°C	10°C	6°C
1	2	3	4	5	6
Albina	Albina	Ania	Bekas	Anielka	—
Baszta	Ania	Balbina	Głada	Arkadia	
Bogna	Anielka	Bekas		Aster	
Bóbr	Arkadia	Bila		Darga	
Bzura	Aster	Bliza		Głada	
Ceza	Baszta	Drop		Jagoda	
Elba	Balbina	Dunajec		Ruta	
Fala	Bila	Ekra			
Fauna	Bliza	Fregata			
Grot	Bogna	Jantar			
Harpun	Bóbr	Klepa			
Heban	Bzura	Kolia			
Ibis	Ceza	Lena			
Irga	Darga	Maryna			
Jagna	Dunajec	Orlan			
Koga	Drop	Triada			
Koral	Ekra	Vistula			
Kos	Elba				
Lawina	Fala				
Lotos	Fauna				
Malwa	Fregata				
Marta	Grot				
Muza	Harpun				
Oda	Heban				
Olza	Ibis				
Orlik	Irga				
Perkoz	Jagoda				
Rybitwa	Jagna				
Sumak	Jantar				
Stobrawa	Klepa				
	Koga				
	Kolia				
	Koral				
	Kos				
	Lawina				
	Lena				
	Lotos				
	Malwa				

c.d. Tabela 6

1	2	3	4	5	6
	Marta				
	Maryna				
	Muza				
	Oda				
	Olza				
	Orlik				
	Orłan				
	Perkoz				
	Ruta				
	Rybitwa				
	Stobrawa				
	Sumak				
	Triada				
	Vistula				

Tabela 7

**Masa kielków pod koniec sezonu przechowalniczego w zależności od badanych czynników w skali 9°
(średnie z 3 lat badań)**

Mass of sprouts depending on the tested factors on a 1–9 scale (means for 3 years)

Odmiana Cultivar	Temperatura przechowywania Storage temperature	
	10°C	6°C
Głada	1	6
Aster	1	7
Ruta	1	8
Arkadia	2	8
Anielka	3	7
Jagoda, Darga	3	8
Bekas	4	6
Dunajec	4	7
Triada, Drop, Bila, Ekra	4	8
Fregata	4	9
Ania, Maryna,	5	7
Jantar, Lena, Vistula	5	8
Kolia	5	9
Orłan, Klepa	6	8
Balbina, Bliza	6	9
Koral, Malwa,	7	8
Ceza, Fauna, Fala, Irga, Harpun, Heban, Lotos, Marta, Muza, Orlik	7	9
Bzura, Bóbr, Grot, Jagna, Koga, Lawina, Olza, Perkoz, Sumak, Stobrawa	8	9
Albina, Baszta, Bogna, Elba, Ibis, Kos, Oda, Rybitwa	9	9

1 — Masa kielków powyżej 400 g; Mass of sprouts above 400 g

9 — Masa kielków poniżej 50 g; Mass of sprouts below 50 g

Współzależność między wymaganiami termicznymi w czasie przechowywania sadzeniaków a wybranymi wskaźnikami procesów życiowych

Badania nad stanem fizjologicznym sadzeniaków rozpoczęte zostały kilkanaście lat temu i w dalszym ciągu są kontynuowane. Powszechnie wiadomo, że warunki przechowywania sadzeniaków są jednym z ważniejszych czynników wpływających na rozwój i plonowanie roślin ziemniaka. O tym informują wyniki badań własnych jak

również prace innych autorów (van Loon, 1987; Bodlaender, Marinus, 1987; Struik, Wiersema, 1999). Autorzy ci donoszą, że warunki przechowywania sadzeniaków powinny być dostosowane do cech osobniczych odmiany a w szczególności do długości okresu spoczynku, intensywności kiełkowania i do zachowania jak najlepszego wigoru wzrostu roślin potomnych. Potwierdzają to również najnowsze wyniki badań innych autorów (Reust i in., 2002; Martin, 2002; Struik, 2002). W dotychczasowych pracach z tego zakresu, dotyczących polskich odmian ziemniaka, określono optymalne warunki przechowywania sadzeniaków oraz przedstawiono je w skali 1–9 (Sowa-Niedziałkowska, 2002). Ze względu jednak na pracochłonność tego typu doświadczeń, ciągle poszukuje się uniwersalnego miernika, za pomocą którego możliwe byłoby wyznaczenie optymalnych warunków przechowywania sadzeniaków każdej odmiany z pominięciem kosztownych badań polowych. Jak dotychczas nie znaleziono takiego uniwersalnego wskaźnika. W niniejszej pracy podjęto próbę ustalenia, czy pomiędzy wskaźnikami procesów życiowych zachodzących w przechowywanych bulwach (sadzeniakach), a ich wymaganiami termicznymi gwarantującymi uzyskanie najwyższych plonów, zachodzą istotne współzależności. Najbardziej właściwym wydaje się stosowanie opisu warunków, w jakich bulwy znajdowały się od zbioru do sadzenia, terminu zakończenia uśpienia i stanu ich kiełkowania.

Wyliczone współczynniki korelacji zawarte w tabeli 8, miały na celu dać odpowiedź na pytanie postawione we wstępie — czy możliwe jest na podstawie długości uśpienia, intensywności wzrostu kielków i ich masy, określić wymagania sadzeniaków nowych odmian ziemniaka odnośnie optymalnej temperatury przechowywania.

Tabela 8

Zależność między długością okresu uśpienia, intensywnością wzrostu elongacyjnego kielków i ich masą a optymalnymi warunkami przechowywania sadzeniaków (lata 1986–2001)
The relationship between a dormancy period, intensity of sprouting, mass of sprouts and optimal conditions of seed potato tubers storage(1986–2001)

Badana cecha Trait investigated	Współczynniki korelacji Correlation coefficient		
	2°C	6°C	10°C
Długość okresu uśpienia Dormancy period	0,1914	0,3904 ^{xx}	0,3856 ^{xx}
Intensywność wzrostu elongacyjnego kielków Intensity of sprouting	0,1704	0,3059 ^x	0,4124 ^{xx}
Masa kielków Mass of sprouts	0,0	-0,4711 ^{xx}	-0,5104 ^{xx}

^x — Istotne przy $P_{0,05}$; Significant at $P_{0,05}$

^{xx} — Istotne przy $P_{0,01}$; Significant at $P_{0,01}$

Wyliczenia statystyczne wskazują, że istnieje istotna zależność między wskaźnikami procesów życiowych określonych w temperaturze 6°C i 10°C a optymalnymi wymaganiami temperatury przechowywania sadzeniaków. Jednakże niezbyt wysokie wartości współczynników korelacji (pomimo istotności) nie są satysfakcjonujące. Na ich podstawie nie można stwierdzić jednoznacznie, że każda odmiana, która do osiągnięcia maksymalnego plonu, wymaga wyższej temperatury przechowywania sadzeniaków,

charakteryzuje się długim okresem uśpienia czy też mało intensywnym wzrostem kiełków. Dobrym przykładem jest odmiana Lena charakteryzująca się najkrótszym okresem uśpienia (ocena 1 w skali 9°) uzyskała ocenę 4, która nie jest najniższą oceną określającą optymalną temperaturę przechowywania sadzeniaków. Taki wynik świadczy o tym, że sadzeniaki odmiany Lena mimo krótkiego okresu spoczynku są tolerancyjne na temperaturę przechowywania aż do 6°C. Natomiast, optymalna temperatura przechowywania odmian: Anielka, Arkadia, Bogna, Ceza, Glada, Jagoda, Jantar, Koral, Ruta, Triada i Vistula nie powinna przekraczać 2°C.

Spośród uwzględnionych w badaniach wskaźników najwyższe współczynniki korelacji uzyskano przy określaniu współzależności wymagań termicznych w czasie przechowywania sadzeniaków z masą kiełków. Dotyczy to zarówno temperatury przechowywania w 6°C, jak i w 10°C. W temperaturze 2°C kiełki były zbyt krótkie, więc nie oznaczono ich masy.

Wyliczenia te sugerują, że odmiany wytwarzające dużą masę kiełków w czasie przechowywania wymagają niższej temperatury magazynowania sadzeniaków. Do tej grupy należą wyżej wymienione odmiany, których temperatura przechowywania nie powinna przekraczać 2°C. Im wyższa optymalna temperatura przechowywania sadzeniaków, tym masa kiełków wyrosłych w czasie przechowywania była mniejsza, tak jak w trzeciej grupie odmian (Albina, Bila, Bóbr, Ekra, Elba, Fala, Fauna, Harpun, Heban, Ibis, Irga, Koga, Lotos, Marta, Malwa, Oda, Orłan, Rybitwa).

Tabela 9

Istotność wpływu określanych cech na plonowanie odmian ziemniaka (lata 1986–2001)
Significance of the tested traits in yielding of different potato cultivars

Wymagania odmian Cultivar requirements	Długość uśpienia Dormancy period	Intensywność kiełkowania Intensity of sprouting	Masa kiełków Mass of sprouts	Stosunek korelacyjny Correlation ratio
I* — Niska temperatura przechowywania Low storage temperature	—	xx	xx	R = 0,47
II — Tolerancyjne na temperaturę przechowywania do 6°C Tolerant to storage temperature up to 6°C	—	x	xx	R = 0,39
III — Tolerancyjne na temperaturę przechowywania do 10°C High tolerant to storage temperature up to 10°C	xx	x	x	R = 0,56

— Brak istotności; Not significant

x Istotne przy $P_{0,05}$; Significant at $P_{0,05}$

xx Istotne przy $P_{0,01}$; Significant at $P_{0,01}$

I* — Arkadia, Anielka, Bogna, Ceza, Darga, Fregata, Glada, Jagoda, Jantar, Koral, Ruta, Triada, Vistula

II — Ania, Aster, Balbina, Baszta, Bekas, Bliza, Bzura, Drop, Dunajec, Grot, Jagna, Kolia, Kos, Klepa, Lawina, Lena, Maryna, Muza, Olza, Orlik, Perkoz, Sumak, Stobrawa

III — Albina, Bila, Bóbr, Ekra, Elba, Fala, Fauna, Harpun, Heban, Ibis, Irga, Koga, Lotos, Malwa, Marta, Oda, Orłan, Rybitwa

Przy rozpatrywaniu jednoczesnego wpływu określanych parametrów fizjologicznych (długość okresu uśpienia bulw, wymiary kielka najdłuższego na bulwie, masa kielków) na plonowanie odmian o zróżnicowanych wymaganiach termicznych w czasie przechowywania, zastosowano analizę regresji wielokrotnej. Zestawienie informacji o istotności wpływu tych parametrów zawiera tabela 9.

Przy analizowaniu trzech zmiennych towarzyszących określanych parametrów na plonowanie, zauważa się największy wpływ masy kielków i ich długości, a mniejszy terminu zakończenia uśpienia. Dotyczy to zwłaszcza odmian I i II grupy. Długość fazy uśpienia miała istotne oddziaływanie tylko w trzeciej grupie odmian tolerancyjnej na temperaturę przechowywania sadzeniaków w zakresie 2°C–10°C.

PODSUMOWANIE

W oparciu o uzyskane wyniki i wyliczenia statystyczne stwierdza się, że metoda określania wymagań nowych odmian ziemniaka pod względem optymalnej temperatury przechowywania sadzeniaków na podstawie wskaźników fizjologicznych zachodzących w tym czasie nie jest zadawalająca i skłania do dalszych poszukiwań bardziej precyzyjnych. Mimo, że uzyskane współczynniki korelacji i regresji nie są wysokie (ale istotne) to wykazano, że intensywność wzrostu kielków i ich masa mogą być dobrym wskaźnikiem dla odmian wymagających niskiej temperatury przechowywania (I grupa). Dla drugiej grupy odmian tolerancyjnych do temperatury 6°C, najlepszym wskaźnikiem okazała się być masa kielków. Jedynie dla odmian tolerancyjnych na przechowywanie sadzeniaków w zakresie 2°C–10°C, długość okresu uśpienia może mieć największe znaczenie.

LITERATURA

- Allen E. J., O'Brien P. J., Firmon D. 1992. Seed tuber production and management. In: The potato crop. Ed. by Harris P. Chapman and Hall. London. Second ed.: 248 — 288.
- Bodlaender K. B. A., Marinus J. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 3 Effect on plant growth under controlled conditions. *Potato Res.* 30: 423 — 440.
- Ittersum M. K., van Scholte K., 1992. Shortening dormancy of seed potatoes by storage temperature regimes. *Potato Res.* 35: 389 — 401.
- Loon van C. D. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 4. Influence of storage period and storage temperature on growth and yield in the field. *Potato Res.* 3: 441 — 450.
- Martin M. 2002. The use of different storage techniques to control the compartment of potato tubers. Abstr. of 15th Trien. Conf. of EAPR, Hamburg, Germany: 159.
- Reust W. 1986. Physiological age of potato. Definitions of terms. EAPR working group. *Potato Res.* 29: 268 — 271.
- Reust W., Winiger F. A., Hebeisen T., Dutoit J. P. 2001. Assessment of the physiological vigour of new potato cultivars in Switzerland. *Potato Res.* 44: 11 — 17.
- Rykaczewska K. 1993. Znaczenie wieku fizjologicznego sadzeniaków w rozwoju i plonowaniu ziemniaka. W: Znaczenie jakości materiału siewnego w produkcji roślinnej. Mat. Konf. Nauk. SGGW Warszawa: 260 — 266.

- Sowa-Niedziałkowska G. 1990. Wpływ zróżnicowanej temperatury przechowywania sadzeziaków na wschody, liczbę pędów i plonowanie odmian ziemniaka Bóbr, Fala, Fauna i Perkoz. *Biul. Inst. Ziemn.* 40: 51 — 60.
- Sowa-Niedziałkowska G. 1993. Wpływ zróżnicowanej temperatury przechowywania sadzeziaków na wschody, liczbę pędów i plonowanie ziemniaka. Cz. II. Odmiany: Bliza, Bogna, Bzura, Ruta i Stobrawa. *Biul. Inst. Ziemn.* 42: 77 — 86.
- Sowa-Niedziałkowska G. 1997. Oddziaływanie zróżnicowanej temperatury przechowywania sadzeziaków na rozwój i plonowanie nowych odmian ziemniaka. *Mat. Konf. „Nasiennictwo ziemniaka”*. Bonin: 26 — 27.
- Sowa-Niedziałkowska G. 1999. Wpływ następczy przechowywania sadzeziaków w wysokiej temperaturze na rozwój i plonowanie roślin ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 469 Cz. I: 159 — 163.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2000. Oddziaływanie warunków przechowywania sadzeziaków na wzrost i plonowanie odmian jadalnych ziemniaka. *Biul. IHAR* 213: 217 — 223.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2002. Określenie optymalnej temperatury przechowywania sadzeziaków różnych odmian ziemniaka w skali 9-stopniowej. *Biul. IHAR* 223/224: 361 — 368.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2004. Wpływ odmiany ziemniaka i warunków przechowywania bulw na długość okresu uśpienia i intensywność kiełkowania. *Biul. IHAR* 232: 23 — 36.
- Struik P. C., Wiersema S. G. 1999. Control and manipulation of physiological seed tuber quality. In: *Seed potato technology*. Wageningen Pers. The Netherlands: 97 — 131.
- Struik P. C. 2002. Developments in research on physiological age of seed tubers. *Abstracts of 15th Trien. Conf. of the EAPR*. Hamburg, Germany: 32.
- Zarzyńska K. 2003. Dziewięciostopniowa skala określania długości okresu spoczynku bulw różnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 228: 215 — 223.