

PERSPEKTYWA UPRAWY ZIEMNIAKA W ŚWIETLE PROGNOZ OCIEPLANIA KLIMATU

Krystyna Rykaczewska

Zakład Agronomii Ziemniaka,
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie

Wstęp

Ziemniak jest rośliną, która w polskim rolnictwie miała i ma nadal strategiczne znaczenie. Pomimo zmniejszającej się powierzchni uprawy zbiory są wysokie i w roku 2003 wynosiły ogółem 13,7 mln ton [RYNEK ZIEMNIAKA 2004]. Uprawą ziemniaka zajmuje się około 80% gospodarstw w kraju, a zainteresowanie tym ziemioplodem wynika nie tylko z tradycji i wielokierunkowości użytkowania, ale również z wysokiej dochodowości, zwłaszcza odmian jadalnych.

Ziemniak dzięki różnorodności odmian jest także rośliną wykazującą właściwości adaptacyjne do warunków uprawy w Polsce – ma niskie wymagania glebowe i większą niż zboża tolerancję na niedobory wody [LISTOWSKI 1974a]. Charakteryzuje się jednak wrażliwością na wysoką temperaturę w okresie wegetacji [LISTOWSKI 1974b; MARINUS, BODLAENDER 1975; BURTON 1981 i inni]. Prognozy ocieplania klimatu [UTTERSTROM 1988; ANONYMOUS 2003a, 2003b] oraz coraz częściej występująca wysoka temperatura w miesiącach letnich [ANONYMOUS 2003 c, 2003c] skłaniają do refleksji nad perspektywą uprawy ziemniaka w naszym kraju.

Raport o ocieplaniu klimatu w skali globalnej i europejskiej

Raport EEA „Europe's environment: the third assessment” informuje, że w ciągu ostatnich 100 lat globalna temperatura powietrza wzrosła o około 0,6°C, a w Europie o około 1,2°C [ANONYMOUS 2003b]. Lata 1998 i 2002 były na naszym kontynencie i w Azji, łącznie z Syberią, najcieplejszymi w ciągu ostatnich 150 lat. Jednocześnie dekada lat dziewięćdziesiątych była najcieplejszą od połowy XIX wieku i najprawdopodobniej najcieplejszą w 1000-leciu. W ciągu całego XX wieku na Półkuli Północnej zaobserwowano zmniejszenie zasięgu pokrywy śnieżnej o około 10%, skrócenie okresu zamarznięcia rzek i jezior o około 2 tygodnie oraz cofanie lodowców górskich w regionach pozapolarnych [ANONYMOUS 2003a]. W Arktyce grubość lodu morskiego zmniejszyła się o 40% w ciągu 40 lat (z 3,1 do 1,8 m), a zasięg lodu – o 3% w ciągu 10 lat [ANONYMOUS 2003a]. W skali całego globu oraz w skali Europy poziom oceanów podniósł się w XX wieku o 0,1–0,2 m [ANONYMOUS 2003b].

W roku 2002 największe ocieplenie zanotowano w szerokościach geograficznych i umiarkowanych, powyżej 30 równoleżnika N i S, gdzie średnie odchylenie

nie temperatury od wartości wieloletnich osiągnęło $0,76^{\circ}\text{C}$ i było najwyższe spośród zaobserwowanych do tej pory [ANONYMOUS 2003c].

Zgodnie z doniesieniami WMO z lipca 2003 roku, wyniki obserwacji meteorologicznych potwierdzają tezę, iż wraz ze wzrostem globalnej temperatury powietrza zwiększa się liczba i intensywność występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych [ANONYMOUS 2003d]. W czerwcu 2003 roku zanotowano rekordowo wysoką temperaturę w południowej Francji przekraczającą 40°C . W Szwajcarii czerwiec 2003 roku był najcieplejszym czerwcem od co najmniej 250 lat. W Stanach Zjednoczonych w maju 2003 r. wystąpiły 562 tornada, a wcześniejszy rekord 399 został odnotowany w czerwcu 1992 roku. W Indiach objętych przedmsonunową falą ciepła, temperatura powietrza osiągała zależnie od rejonu $45\text{--}49^{\circ}\text{C}$, a w Sri Lance ulewne deszcze spowodowały powódzie i osuwiska gruntów.

Według Biuletynu PSHM, w roku 2003 średnia temperatura w Polsce była wyższa o $0,4^{\circ}\text{C}$ od średniej z lat 1971–2000, temperatura lata (miesiące VI–VIII) – o $1,8^{\circ}\text{C}$, a najwyższa wynosiła $36,7^{\circ}\text{C}$ [ANONYMOUS 2003e].

Raport oceniający zmiany klimatu, już trzeci, opracowany przez Międzynarodowy Zespół (ITPC) stanowi kompendium światowej wiedzy odnośnie zmian klimatu i ich wpływu na ekosystemy i społeczeństwa. Przewiduje dalszy wzrost temperatury w skali globalnej i europejskiej o $1,4\text{--}5,8^{\circ}\text{C}$ do roku 2100 [ANONYMOUS 2003a]. Zahamowanie zmian klimatu przy jednoczesnym rozwoju przemysłowym i ekonomicznym wymaga ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o około 50% przed upływem połowy XXI wieku. Zgodnie z Protokołem z Kioto kraje uprzemysłowione są zobowiązane do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w okresie od 2008 do 2010 o 5% w stosunku do emisji z roku 1990. Problemem pozostaje jednak realizacja tych ograniczeń, zwłaszcza przez kraje wysoko uprzemysłowione.

Reakcja ziemniaka na wysoką temperaturę w okresie wegetacji

Ziemniak rośnie i rozwija się najlepiej w temperaturze umiarkowanej [BURTON 1972; LISTOWSKI 1974b; STRUIK i in. 1989a, 1989b]. Inne są przy tym temperatury graniczne i optymalne dla wzrostu części nadziemnej, a inne dla bulw.

Temperatury optymalne dla wzrostu elongacyjnego łodyg i rozwoju części nadziemnej wynoszą $25\text{--}30^{\circ}\text{C}$ [BODLAENDER i in. 1964; SLATER 1968; MARINUS, BODLAENDER 1975; EWING 1981; BENOIT i in. 1983; STRUIK i in. 1989a]. Z wielu doświadczeń wynika, że wzrost elongacyjny pędu zaczyna się w temperaturze powyżej 6°C , przy 9°C jest bardzo powolny, najszybszy jest w temperaturze $18\text{--}25^{\circ}\text{C}$, a w około 40°C ulega całkowitemu zahamowaniu [BODLAENDER 1963; LISTOWSKI 1974b].

Optimum temperatury dla tuberyzacji i rozwoju bulw mieści się w zakresie $15\text{--}20^{\circ}\text{C}$ [BODLAENDER 1963; MARINUS, BODLAENDER 1975; BURTON 1981]. Korzystniejsze są jednak temperatury zmienne – około 20°C w ciągu dnia i $14\text{--}15^{\circ}\text{C}$ w nocy. W temperaturach wyższych od optymalnych następuje ograniczenie lub całkowite zahamowanie tuberyzacji i wzrostu bulw, przy jednoczesnym wydłużeniu okresu rozwoju części nadziemnej [BODLAENDER 1963; MARINUS, BODLAENDER 1975; LEVY 1986a; LORENZEN, EWING 1990; GAWROŃSKA 1998 i inni]. Ujemny wpływ wysokich temperatur na wzrost bulw wynika między innymi z zużycia asymilatów przez intensywnie rosnące i oddychające pędy oraz ze skrócenia okresu aktywności fotosyntetycznej liści [LISTOWSKI 1974b].

Z doświadczenia przeprowadzonego w kontrolowanych warunkach komór wegetacyjnych wynika, iż temperatura niewiele wyższa od optymalnej dla tuberyzacji i wzrostu bulw, wynosząca 23°C w dzień i 18°C w nocy, oddziałująca na rośliny przez cały okres wegetacji ma istotny ujemny wpływ na plonowanie ziemniaka w stosunku do temperatury 18°C w dzień i 14°C w nocy [RYKACZEWSKA 1993]. W wyższej temperaturze (23/18°C) uzyskano wprawdzie wcześniejsze o 6–8 dni wschody w stosunku do temperatury niższej, ale rośliny tworzyły znacznie mniejsze i nieco zdeformowane blaszki liściowe. Wykonany test serologiczny wykluczył obecność w nich wirusów, co wskazywało jednoznacznie na fizjologiczny charakter zmian w pokroju roślin. Plon bulw był o 25% mniejszy a ich liczba o 27% niższa w temperaturze 23/18°C.

Według GAWROŃSKIEJ [1998] przyczyną obniżenia plonu rolniczego roślin ziemniaka poddanych stresowi wysokiej temperatury od wczesnych etapów rozwojowych, jest słabsza inicjacja tuberyzacji, sorbcja bulwek już zawiązanych, ograniczony wzrost bulw i mniejsza w nich akumulacja asymilatów. Natomiast u roślin poddanych stresowi wysokiej temperatury po częściowym wytworzeniu plonu rolniczego, bulwy nie tylko przestają być głównym akceptorem bieżących asymilatów, ale zużywają część związków w nich zakumulowanych wcześniej na pokrycie zapotrzebowania w intensywnie zachodzącym w wyższej temperaturze procesie oddychania.

Reakcja roślin ziemniaka na stres wysokiej temperatury w okresie wegetacji jest jednak inna w warunkach dobrego ich zaopatrzenia w wodę, a inna w warunkach suszy [RYKACZEWSKA 2004a]. Na podstawie doświadczenia przeprowadzonego na średnio wczesnych odmianach stwierdzono, że stres wysokiej temperatury dnia/nocy 30–32/20°C w okresie od 75 do 96 dnia wegetacji, oddziałujący na rośliny w warunkach dobrego uwilgotnienia gleby spowodował przyspieszenie dojrzenia roślin, ale po ustąpieniu tego stresu obserwowano odrosty z niezupełnie zaschniętych łodyg [RYKACZEWSKA 2004a]. Obydwa rodzaje stresu, wysokiej temperatury i suszy, oddziałujące na rośliny równocześnie, spowodowały zmniejszenie plonu o około połowę i defekty fizjologiczne bulw, z których najpoważniejszym okazało się wcześniejsze ich kiełkowanie w glebie. Pozornie łagodniejszy, bo powodujący około 25% spadek plonu stres wysokiej temperatury, działający w korzystnych dla roślin warunkach wilgotnościowych, był praktycznie najbardziej szkodliwy ze względu na liczne defekty fizjologiczne bulw obejmujące aż 60% plonu. Był to przede wszystkim efekt wtórnej tuberyzacji. Zapewnienie roślinom korzystnych warunków wilgotnościowych w okresie działania stresu wysokiej temperatury ograniczało wcześniejsze ich kiełkowanie, ale po zbiorze u części z nich powodowało to trwałe zmiany struktury miąższu tzw. „szklistość bulw” [RYKACZEWSKA 2004b]. Stres wysokiej temperatury w potuberyzacyjnym okresie wegetacji był też przyczyną obniżenia wartości plonotwórczej sadzeniaków [RYKACZEWSKA 2004c].

Tuberyzacja i rozwój bulw ziemniaka w warunkach termicznych uznanych za nieindukcyjne

Tuberyzacja i rozwój bulw ziemniaka może niekiedy przebiegać w warunkach termicznych uznanych za nieindukcyjne. Brak tuberyzacji w temperaturze powyżej 25–30°C obserwowano wprawdzie większość badaczy, wśród nich BODLA-

ENDER [1963], EPSTEIN [1966], KRAUSS i MARSCHNER [1982], GŁUSKA i in. [1984] i MENZEL [1985], ale niektóre odmiany mogą być jednak częściowo tolerancyjne na działanie temperatury dochodzącej nawet do 25°C [GŁUSKA i in. 1984]. W pracy GAWROŃSKIEJ [1998] przeprowadzonej na uniwersytecie w Idaho (Research and Experimental Center, Aberdeen, Idaho, USA) na dwóch odmianach: Russet Burbank i Desiree oraz czterech rodach hodowlanych, rośliny rosnące od fazy 4–5 liści przez 35 dni w temperaturze dnia/nocy 35/25°C nie wykształciły bulw w ogóle lub wyjątkowo wytwarzały pojedyncze drobne bulwki. Natomiast w doświadczeniu prowadzonym przez dalsze 14 dni, każda z 25 indywidualnie ocenianych roślin ze wszystkich badanych genotypów, wytwarzała liczne bulwy, ale przeważnie drobne i z wieloma defektami fizjologicznymi.

Wytwarzanie bulw w uznanych za nieindukcyjne warunkach obserwowali także LEVY [1985, 1986a, 1986b] oraz WOLF i in. [1990]. W pracach tych autorzy zwracają uwagę na przedłużenie rozwoju części nadziemnej roślin z jednoczesnym opóźnieniem stolonizacji i tuberyzacji.

Inni autorzy zwracają uwagę na spotęgowanie efektu wysokiej temperatury przez długi fotoperiod, oraz na łagodzenie tego ujemnego efektu w warunkach krótkiego fotoperiodu [BODLAENDER 1963; BEN KHEDIER, EWING 1985; HARVEY i in. 1988; LORENZEN, EWING 1990].

Istotne znaczenie w łagodzeniu stresu wysokiej temperatury występującej w ciągu dnia ma niska temperatura podczas nocy [SLATER 1968; BURTON 1972; LISTOWSKI 1974a; BENOIT i in. 1986]. Według GAWROŃSKIEJ [1998] wysokie plony bulw ziemniaka uzyskiwane w produkcji towarowej w południowej części stanu Idaho, gdzie temperatura w ciągu dnia dochodzi do 35°C, są tłumaczone właśnie bardzo niską temperaturą podczas nocy.

Podsumowanie

Prognoza Międzynarodowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (ITPC) odnośnie dalszego wzrostu temperatury w skali globalnej i europejskiej oraz przedstawione w niniejszej pracy wyniki badań dotyczące fizjologicznej reakcji ziemniaka na wysoką temperaturę w okresie wegetacji, nasuwają przypuszczenie, iż w dłuższej perspektywie czasowej, w uprawie roślin rolniczych, ziemniak może być gatunkiem ustępującym na rzecz innych, bardziej odpornych na stresowe czynniki środowiska związane z ocieplaniem klimatu. Jednak jego rola w żywieniu ludzi, jako produktu o wysokich walorach odżywczych, nie zmieni się. Warto zatem podjąć odpowiednie badania z zakresu fizjologii i hodowli ziemniaka, aby utrzymać tę roślinę w powszechnej uprawie.

Literatura

- ANONYMOUS 2003a. *Wnioski IPCC TAR. Zmiany Klimatu*. Biuletyn Informacyjny IOŚ 12/13: 6.
- ANONYMOUS 2003b. *Klimat Europy na tle zmian globalnych. Zmiany Klimatu*. Biuletyn Informacyjny IOŚ, 12/13: 7.
- ANONYMOUS 2003c. *Rok 2002 – drugim najcieplejszym rokiem według WMO. Zmiany Klimatu*. Biuletyn Informacyjny IOŚ, 12/13: 8.

- ANONYMOUS 2003d. *Ekstremalne zjawiska pogodowe w 2003 roku. Zmiany Klimatu*. Biuletyn Informacyjny IOŚ, 12/13: 9.
- ANONYMOUS 2003e. Biuletyn Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, IMGW nr 12.
- BEN KHEDIER M., EWING E.E. 1985. *Growth analyses of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress*. Amer. Potato J. 62: 537-554.
- BENOIT G.R., STANLEY C.D., GRANT W.J., TORREY D.B. 1983. *Potato top growth as influenced by temperatures*. Am. Potato J. 60: 489-501.
- BENOIT G.R., GRANT W.J., DEVINE O.J. 1986. *Potato top growth as influenced by day-night temperature differences*. Agron J. 78: 264-269.
- BODLAENDER K.B.A. 1963. *Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield*, in: *Growth of the potato*. Butterworths J.D. Ivins and F.L. Milthorpe (Eds), London: 199-210.
- BODLAENDER K.B.A. LUGT C., MARINUS J. 1964. *The induction of second - growth in potato tubers*. Europ. Potato J. 7(1): 57-71.
- BURTON W.G. 1972. *The response of the potato plant and tuber to temperature*, in: *Crop processes in controlled environments*. Rees A.R., Cockshull K.E., Hand D.W., Hurd R.G. (Eds). Academic Press, New York: 217-233.
- BURTON W.G. 1981. *Challenges for stress physiology in potato*. Amer. Potato J. 58: 3-14.
- EPSTEIN E. 1966. *Effect of soil temperature at different growth stages on growth and development of potato plants*. Agron. J. 58: 169-171.
- EWING E.E. 1981. *Heat stress and the tuberization stimulus*. Amer. Potato J. 58: 31-49.
- GAWROŃSKA H. 1998. *Wytwarzanie i dystrybucja biomasy u ziemniaka (Solanum tuberosum L.) w zróżnicowanych warunkach środowiska*. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 95 s.
- GLEUSKA A., GOC K., PIETRYKA M. 1984. *Wpływ temperatury gleby na rozwój kilku odmian ziemniaka*. Biul. Inst. Ziemn. 31: 35-62.
- HARVERY B.M.R., LEE H.C. SUSNOSCHI M. 1988. *Assessment of heat tolerance in potato (Solanum tuberosum ssp. tuberosum) under controlled environmental conditions the cutting technique*. Potato Res. 31: 659-666.
- KRAUSS A., MARSCIENER H. 1982. *Influence of nitrogen nutrition, daylength and temperature on contents of gibberellic and abscisic acid and on tuberization in potato plants*. Potato Res. 25: 13-21.
- LEVY D. 1985. *The response of potatoes to a single transient heat or drought stress imposed at different stages of tuber growth*. Potato Res. 28: 415-424.
- LEVY D. 1986a. *Genotype variation in the response of potatoes (Solanum tuberosum L.) to high ambient temperatures and water deficit*. Field Crop Res. 15: 85-96.
- LEVY D. 1986b. *Tuber yield and tuber quality of several potato cultivars as affected by seasonal high temperature and by water deficit in a semi - arid environment*. Potato Res. 29: 95-107.
- LISTOWSKI A. 1974a. *Przyszłość ziemniaka w naszym kraju*, w: *Ziemniak*. Gabriel W. (red.), PWRiL Warszawa: 12-14.

LISTOWSKI A. 1974b. *Ekologia ziemniaka*, w: *Ziemniak*. Gabriel W. (red.), PWRiL Warszawa: 48–60.

LORENZEN J.H., EWING E.E. 1990. *Changes in tuberization and assimilate partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.) during the first 18 days of photoperiod treatment*. Ann. Bot. 66(4): 457–464.

MARINUS J., BODLAENDER K.B.A. 1975. *Response of some potato varieties to temperature*. Potato Res. 18: 189–204.

MENZEL C.M. 1985. *Tuberization in potato at high temperature: responses of physiologically young plants to disbudding and growth inhibitors*. Potato Res. 28: 267–269.

RYKACZEWSKA K. 1993. *Wpływ temperatury w okresie wegetacji i wieku fizjologicznego minibułw na rozwój i plonowanie roślin potomnych*. Biul. Inst. Ziem. 42: 39–46.

RYKACZEWSKA 2004a. *Wpływ wysokiej temperatury w okresie wegetacji na plon ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.), okres spoczynku bulw i wartość plonotwórczą sadze- niaków. I. Rozwój roślin i plon*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 496: 185–198.

RYKACZEWSKA 2004b. *Wpływ wysokiej temperatury w okresie wegetacji na plon ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.), okres spoczynku bulw i wartość plonotwórczą sadze- niaków. II. Długość okresu spoczynku bulw*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 496: 199–206.

RYKACZEWSKA 2004c. *Wpływ wysokiej temperatury w okresie wegetacji na plon ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.), okres spoczynku bulw i wartość plonotwórczą sadze- niaków. III. Wartość plonotwórcza sadze niaków*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 496: 207–216.

Rynek Ziemniaka 2004, nr 25. Wyd. MRiRW, ARR, IERiGŻ: 1–5.

SLATER J.W. 1968. *The effect of night temperature on tuber initiation of the potato*. Eur. Potato J. 11: 14–22.

STRUİK P.C., GEERTSEMA J., CUSTERS C.H.M.G. 1989a. *Effect of short root and stolon temperature on the development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. I. Development of the haulm*. Potato Res. 32: 133–141.

STRUİK P.C., GEERTSEMA J., CUSTERS C.H.M.G. 1989b. *Effect of short root and stolon temperature on the development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. III. Development of tubers*. Potato Res. 32: 151–158.

UTTERSTOM G. 1988. *Climatic Fluctuations and the Population Problem in Early Modern Times*, in: *The Ends of the Earth*. Worster (ed), Cambridge: 77 pp.

WOLF S., OLESIŃSKI A.A., RUDICII J., MARANI A. 1990. *Effects of temperature and photo- period on assimilate partitioning in potato plants*. Ann. Bot. 66: 513–520.

Słowa kluczowe: ocieplanie klimatu, ziemniak, stres wysokiej temperatury, tuberyzacja w warunkach nicindukcyjnych, defekty fizjologi- czne bulw

Streszczenie

Raport opracowany przez Międzynarodowy Zespół ds. Zmian Klimatu (ITPC), będący kompendium światowej wiedzy odnośnie zmian klimatu, infor-

muje, że w ciągu ostatnich 100 lat globalna temperatura powietrza wzrosła o około 0,6°C, a w Europie o około 1,2°C. Raport ten przewiduje dalszy wzrost temperatury w skali globalnej i europejskiej o 1,4–5,8°C do roku 2100. W pracy przedstawiono informacje dotyczące fizjologicznej reakcji ziemniaka na wysoką temperaturę w okresie wegetacji, objawiające się przede wszystkim brakiem lub opóźnieniem tuberyzacji, a także licznymi defektami bulw. Nasuwa się przypuszczenie, iż w dłuższej perspektywie czasowej w uprawie roślin rolniczych ziemniak może być gatunkiem ustępującym na rzecz innych, bardziej odpornych na stresowe czynniki środowiska związane z ocieplaniem klimatu. Jednak jego rola w żywieniu ludzi, jako produktu o wysokich walorach odżywczych nie zmieni się. Warto zatem podjąć odpowiednie prace z zakresu fizjologii i hodowli ziemniaka, aby utrzymać tę roślinę w powszechnej uprawie.

THE PERSPECTIVE OF POTATO CULTIVATION IN THE FACE OF A CLIMATE WARMING UP PROGNOSIS

Krystyna Rykaczewska

Department of Potato Agronomy,
Plant Breeding and Acclimatization Institute, Branch Młochów

Key words: the warming up of climate, potato, high temperature stress, tuberyzation under non-inductive conditions, physiological defects of tubers

Summary

The EEA report „Europe’s environment: the third assessment” elaborated by ITPC, being a compendium of the world knowlegde about climate changing, informs us that during the last 100 years the global air temperature increased by about 0.6°C and in Europe by about 1.2°C. According to the report, the temperature on global and European scale will grow up by 1.4–5.8°C before the year 2100. Physiological potato reaction to high temperature during the vegetation period is presented in this work. A lack of tuberization or its tardiness and strong physiological defects are the main problems. There is an assumption that in longer perspective potato can be a cultivated species giving way to others, more resistant to environment stress factors connected with warming climate. However its role in human nutrition will not change. Therefore it is proper to undertake appropriate works on potato physiologie and breeding, to keep this plant in general cultivation.

Doc. dr hab. **Krystyna Rykaczewska**
Zakład Agronomii Ziemniaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin
Oddział w Jadwisinie
05-140 SEROCK
e-mail: haroj@pol.pl