

OBSERWACJE NAD FOTOSYNTEZĄ ZIEMNIAKÓW PORAŻONYCH WIRUSEM ZIEMNIACZANYM X

Krystyna Korlakowska

Katedra Botaniki WSR, Kraków

WSTĘP

Obniżanie się plonowania ziemniaków pod wpływem chorób wirusowych można częściowo tłumaczyć słabszym na ogół rozwojem ich naci, czyli pewną redukcją ich powierzchni asymilacyjnej w porównaniu z roślinami zdrowymi. Gromadzenie masy przez roślinę zależy jednak nie tylko od jej powierzchni zielonej, czynnej w fotosyntezie, lecz również od natężenia procesu fotosyntezy na jednostkę tej powierzchni [5].

Przy porażeniu rośliny wirusem typu mozaiki w komórkach mezofilu liści, na obszarze plamistych przejaśnień, chloroplasty występują w mniejszej liczbie niż w normalnym miękiszu zieleniowym zdrowych roślin, z czym związane jest obniżenie zawartości barwników asymilacyjnych w tkance [1, 2, 6].

To częściowe uszkodzenie aparatu fotosyntetycznego w liściach roślin z objawami mozaiki mogłoby być przyczyną osłabienia natężenia fotosyntezy i — obok uintensywnienia procesów dysymilacyjnych [4, 9, 10] — wpływać na zmniejszenie plonowania chorych roślin.

Literatura dotycząca tego zagadnienia wskazuje na istnienie ujemnego wpływu chorób mozaikowych na intensywność procesu asymilacji CO₂ [9, 10].

Badania własne autorki były próbą uchwycenia zmian w natężeniu fotosyntezy tkanki liściowej ziemniaka, wywołanych przez porażenie wirusem ziemniaczanym X (*Solanum virus 1*, Smith).

MATERIAŁ I METODY

Materiałem doświadczalnym były ziemniaki odmiany Epoka, charakteryzującej się średnimi wymaganiami glebowymi i średnią wrażliwością na choroby wirusowe i wyradzanie się [12]. Ziemniaki te uprawiano w latach 1964—1966 w różnych warunkach ekologicznych, na dwóch sta-

nowiskach niżowych (Polanowice, pow. Miechów, 260 i 288 m n.p.m.) i na jednym stanowisku górskim (Bachledzki Wierch w Zakopanem, 910 m n.p.m.). Badanym patogenem był szczep ringspot wirusa X, którym zakażono rośliny w pierwszym roku badań, 1964 r. (pokolenie I). W następnych latach badano kolejne dwa rozmnożenia chorych i — równolegle — kontrolnych, zdrowych roślin (pokolenie II w 1965 r. i III w 1966 r.). Listki do pomiarów intensywności fotosyntezy pobierano z roślin specjalnie do tego celu losowo wybranych na każdym stanowisku doświadczalnym, czterokrotnie w okresie wegetacji, co trzy tygodnie w terminach odpowiadającym następującym stadium rozwoju: 1) w okresie tworzenia się pąków kwiatowych, 2) w okresie kwitnienia, 3) po przekwitnięciu, w okresie zawiązywania się owoców i 4) w okresie żółknięcia liści dolnych pięt. Do każdego oznaczania intensywności fotosyntezy pobierano jeden listek z liścia czwartego od wierzchołka pędu. Pobrany materiał przewożono do laboratorium w naczyniach zabezpieczających odpowiednie uwodnienie tkanki. Pomiar natężenia fotosyntezy wycinków tkanki z pobranych listków wykonywano na mikrorespirometrze Zurzyckiego w modyfikacji Starzeckiego [13], w temperaturze 22°C i przy oświetlaniu tkanki światłem o intensywności 32 000 erg/cm² s. Bezpośrednio po pomiarze z dostępem światła mierzono w ciemności intensywność oddychania tego samego wycinka tkanki. Wyniki pomiarów intensywności fotosyntezy pozornej (netto) i oddychania wyrażano w ml O₂/dcm² h. Przez ich zsumowanie uzyskiwano wartość natężenia fotosyntezy rzeczywistej (brutto).

WYNIKI

Wyniki badań przedstawiono w tabeli 1. Liczby, odnoszące się do natężenia wymiany gazowej w poszczególnych stadiach rozwoju roślin, są średnimi z 12 pomiarów, reprezentują bowiem 4 wycinki tkanki liściowej, pobrane w odpowiednim terminie z 3 roślin na każdym stanowisku i w każdym sezonie wegetacyjnym. Natomiast liczby, charakteryzujące aktywność fotosyntetyczną liści badanych roślin w całym okresie wegetacji, są średnimi ze wszystkich pomiarów, wykonanych w tym okresie (12 pomiarów × 4 terminy).

Aby umożliwić bezpośrednie porównanie roślin zdrowych z roślinami porażonymi wirusem X, wyniki dla każdej odpowiadającej sobie pary zostały w tabeli zestawione obok siebie.

Jak widać z tabeli, intensywność wymiany gazowej tkanek liściowych ulegała zmianom w miarę rozwoju roślin w każdym z badanych okresów wegetacyjnych, jak również z roku na rok w ciągu trzyletniego cyklu badań. Wystąpiły ponadto wyraźne różnice w natężeniu fotosyntezy i oddychania pomiędzy obiektami z różnych stanowisk. Porównanie intensywności badanych procesów u roślin zdrowych i chorych przeprowadzić

zatem trzeba na tle warunków ekologicznych, których wpływowi bardzo silnie podlegały.

Pomiary natężenia wymiany gazowej przeprowadzano w ciągu dwóch miesięcy lata, w okresie intensywnego wzrostu naci, zawiązywania się i wzrostu kłębów i wypełniania się ich skrobią. W pierwszej połowie tego procesu fotosynteza zachodziła na ogół intensywnie, w drugiej połowie natężenie jej ulegało obniżeniu, osiągając minimalne wartości przy ostatnim pomiarze.

U roślin porażonych wirusem X obserwowano w większości wypadków wyższe niż u kontroli natężenie fotosyntezy we wcześniejszym okresie rozwoju roślin (w stadium pączkowania i kwitnienia), oraz silniejszy i gwałtowniejszy jej spadek w drugiej połowie okresu wegetacji, szczególnie przy ostatnim pomiarze, wykonanym w czasie pojawiania się pierwszych oznak obumierania naci. Z uwagi na przeciwne tendencje tych różnic, nie znalazły one odbicia w średnich wartościach natężenia fotosyntezy, charakteryzujących całość okresu wegetacyjnego. Wyraźne odstępstwa od zaobserwowanej prawidłowości wystąpiły u obiektów z poszczególnych stanowisk i lat; można je przypisać lokalnym wpływom środowiska.

W przebiegu intensywności oddychania w okresie wegetacji obserwowano na ogół również najwyższe wartości przy pierwszych pomiarach, wykonanych w stadium pączkowania roślin, i stopniowe obniżanie się natężenia tego procesu aż do najniższych wartości uzyskanych przy ostatnim pomiarze. Tylko w nielicznych wypadkach ujawniły się większe różnice w intensywności oddychania pomiędzy tkanką liściową roślin zdrowych i porażonych wirusem X.

Istotny wpływ na natężenie wymiany gazowej badanych ziemniaków zdrowych i porażonych wirusem X wywierał kompleks warunków glebowo-klimatycznych, związanych z usytuowaniem stanowisk doświadczalnych na różnych wzniesieniach nad poziomem morza (260 m, 288 m, 910 m) i na różnych glebach (less, rędzina, gliniasto-ilasta gleba górską). Tkanka liściowa roślin z obu stanowisk niżowych wykazywała większą intensywność fotosyntezy i oddychania niż odpowiednia tkanka ziemniaków z gór. Różnice pomiędzy obiektami z niżu i z gór były najwyraźniejsze w 1964 r. (wynosiły 50%—90%), w następnym roku zmniejszyły się, a w ostatnim roku badań (1966) prawie zupełnie się zatarły. U intensywnie asymilujących roślin z niżu, szczególnie w 1964 r., wystąpiły największe różnice w natężeniu fotosyntezy pomiędzy tkanką zdrową a zawirusowaną. Przy słabej aktywności fotosyntetycznej tkanki z gór różnice były niewielkie.

Pomiędzy obiektami z obu stanowisk niżowych również zaznaczyła się różnica, a mianowicie rośliny porażone wirusem X ze stanowiska lessowego miały podwyższoną aktywność fotosyntetyczną w porównaniu z kontrolą i przeciwnie, ziemniaki uprawiane na rędzinie pod wpływem

Intensywność fotosyntezy rzeczywistej (brutto) i oddychania tkanki liściowej trzech pokoleń
kuch ekologicznych w latach

Stanowisko doświadczalne	Stadium rozwojowe roślin w chwili pomiaru	Rok 1964 — pokolenie I			
		rośliny zdrowe		rośliny porażone wirusem X	
		fotosynteza	oddychanie	fotosynteza	oddychanie
Polanowice pow. Miechów 260 m n.p.m. less	pączkowanie	5,34	2,66	7,88	3,26
	kwitnienie	7,07	2,20	7,92	2,64
	owocowanie	7,25	1,98	6,12	2,64
	żółknięcie dolnych liści	4,93	1,81	6,01	2,53
Średnia intensywność w całym okresie wegetacji dla Polanowic less		6,15	2,16	6,98	2,77
Polanowice pow. Miechów 288 m n.p.m. rędzina	pączkowanie	8,14	3,34	4,94	2,36
	kwitnienie	7,93	2,73	7,91	2,68
	owocowanie	6,92	2,62	5,26	1,63
	żółknięcie dolnych liści	4,78	2,20	3,73	1,50
Średnia intensywność w całym okresie wegetacji dla Polanowic rędziny		6,94	2,92	5,46	2,04
Bachledzki Wierch (Zakopane) 910 m n.p.m. gliniasto-ilasta gleba górską	pączkowanie	4,30	1,33	4,03	1,41
	kwitnienie	4,01	1,53	3,44	1,33
	owocowanie	3,72	1,62	3,68	1,44
	żółknięcie dolnych liści	4,01	1,65	2,63	1,15
Średnia intensywność w całym okresie wegetacji dla Bachledzkiego Wierchu		4,01	1,53	3,45	1,33

* — Daleko posunięte objawy starzenia się naci nie pozwoliły na pobranie liści do badań.

Tabela 1

ziemniaków odmiany Epoka, zdrowych i porażonych wirusem X, uprawianych w różnych warunkach 1964—1966 (ml O₂/dcm²h)

Rok 1965 — pokolenie II				Rok 1966 — pokolenie III			
rośliny zdrowe		rośliny porażone wirusem X		rośliny zdrowe		rośliny porażone wirusem X	
fotosyn-teza	oddycha-nie	fotosyn-teza	oddycha-nie	fotosyn-teza	oddycha-nie	fotosyn-teza	oddycha-nie
4,40	1,86	4,54	1,62	3,68	1,53	1,95	1,59
4,12	1,45	4,85	1,59	3,14	2,38	3,64	2,11
3,86	1,32	4,11	1,50	3,06	1,82	4,40	2,78
3,45	1,34	2,98	1,30	*	*	4,20	2,07
3,96	1,49	4,12	1,50	3,30	1,91	3,55	2,14
4,84	1,91	4,89	2,24	1,25	1,73	1,66	1,80
4,34	1,65	4,61	1,55	3,60	1,80	4,35	2,13
4,59	1,77	4,48	1,61	2,98	1,48	3,78	1,80
3,62	1,46	3,21	1,54	3,48	1,73	3,55	1,53
4,35	1,70	4,30	1,74	2,83	1,69	3,33	1,81
3,48	1,14	3,60	1,17	3,18	1,45	3,16	1,56
4,03	1,28	3,89	1,34	3,28	1,50	4,12	2,31
3,28	1,15	3,42	1,15	2,56	1,76	2,54	1,62
2,48	0,75	2,01	0,78	2,29	1,18	1,63	1,00
3,32	1,08	3,23	1,11	2,83	1,47	2,86	1,62

choroby wirusowej wykazywały obniżenie intensywności fotosyntezy (wyjątkiem był okres wegetacyjny 1966 r.).

Zdecydowanie najwyraźniejszy wpływ na intensywność wymiany gazowej — niezależnie od stanu zdrowotnego roślin — miał układ warunków klimatycznych, zmieniających się z roku na rok w badanym cyklu trzyletnim. I tak, w okresie wegetacyjnym 1964 r., u odpowiadających sobie obiektów ze wszystkich stanowisk doświadczalnych, fotosynteza przebiegała 2—3 razy intensywniej niż w 1966 r. Różnice w intensywności oddychania były mniejsze, nie przekraczały 90%; maksymalne natężenie oddychania wystąpiło również w 1964 r. a minimalne w 1965 r.

DYSKUSJA

Badania nad wpływem wirusów wywołujących choroby typu mozaiki na intensywność fotosyntezy liści porażonych nimi roślin zainaugurował Owen w 1957 r. [9]. Stwierdził on obniżenie intensywności fotosyntezy (w przeliczeniu na jednostkę powierzchni liścia) o ok. 20% w liściach tytoniu porażonego wirusem „tobacco etch” (*Nicotiana virus 7*, Smith). Proces oddychania pod wpływem infekcji opisanej przez tego autora uległ uintensywnieniu o 40%.

W 1958 r. Owen [10] uzyskał podobne wyniki w badaniach nad intensywnością fotosyntezy i oddychania liści *Nicotiana glutinosa* porażonej wirusem mozaiki tytoniu i liści *Nicotiana tabacum* porażonej wirusem ziemniaczanym X.

Zaitlin i Jagendorf [15] stwierdzili osłabienie intensywności fosforylacji fotosyntetycznej i reakcji Hilla w wyizolowanych chloroplastach z liści tytoniu porażonego wirusem mozaiki w porównaniu z chloroplastami roślin zdrowych. Różnica wynosiła ok. 40%.

Doke i Hirai [3], pomimo stwierdzonej niższej zawartości chlorofilu w liściach tytoniu porażonego mozaiką, nie znaleźli różnicy w intensywności asymilacji CO₂ pomiędzy tkanką zdrową a chorą.

W przedstawionych badaniach własnych, dotyczących ziemniaka, uwidoczniły się pewne różnice w intensywności fotosyntezy pomiędzy liśćmi roślin porażonych wirusem ziemniaczanym X a liśćmi roślin zdrowych. We wcześniejszym okresie rozwoju intensywniej asymilowały CO₂ rośliny chore, natomiast w późniejszym okresie wyższą intensywność fotosyntezy wykazywały rośliny zdrowe. A więc, wyższe lub niższe wartości natężenia fotosyntezy tkanki zawirusowanej w porównaniu z kontrolą zależne były od stadium rozwojowego ziemniaka.

Wybrane stanowiska doświadczalne położone były w dwóch różnych krainach geograficznych: na niżu (Polanowice) i w górach (Bachledzki Wierch), z różnicą wzniesień między nimi wynoszącą ponad 600 m. Ziemniaki z gór asymilowały CO₂ słabiej niż rośliny ze stanowisk niżowych. Różnice te były mniej lub bardziej wyraźne w poszczególnych

latach badań. Natomiast Winkler [14] nie znalazł różnic w natężeniu fotosyntezy u ziemniaków uprawianych w Alpach na wysokościach od 600 do ok. 2000 m n.p.m. Według innych danych z literatury [11], u roślin rosnących w warunkach górskich fotosynteza zachodzi intensywniej niż na niżu.

Stanowiska niżowe w miejscowości Polanowice były od siebie oddalone zaledwie o ok. 2 km, podlegały zatem wpływowi bardzo zbliżonych warunków klimatycznych; różniły się one natomiast typem gleby: jedno z nich leżało na lessie, drugie na rędzinie. Gleby te w niejednakowy sposób zaspokajają potrzeby ziemniaka. Na lessie, który jest dla tej rośliny bardziej odpowiednim podłożem, rośliny rozwijają się bujniej i dają wyższe plony niż na rędzinie. Skutki infekcji wirusem X są groźniejsze u ziemniaków uprawianych na lessie. Obniżenie plonowania spowodowane infekcją jest tu znacznie większe niż u roślin z rędziny [7, 8]. Wydawałoby się zatem, że rośliny z poletka lessowego pod wpływem porażenia wirusem X mają zmniejszoną aktywność fotosyntetyczną, podczas gdy u roślin z rędziny to zmniejszenie nie zachodzi. Okazało się jednak, że jest przeciwnie. Wyjaśnienie tego zagadnienia wymagałoby szczegółowych badań.

Porównując ze sobą trzy kolejne pokolenia ziemniaków, zauważyć można u obiektów ze wszystkich stanowisk obniżanie się intensywności fotosyntezy z roku na rok wraz z postępującym procesem chorobowym. U roślin kontrolnych, wolnych od wirusa X (oraz od wirusów S i Y, co sprawdzano metodą serologiczną), obraz tych zmian był zupełnie podobny. Zmniejszającej się intensywności fotosyntezy w kolejnych latach badań nie można zatem przypisać degeneracyjnemu wpływowi wirusa X, lecz raczej działaniu czynników środowiska. Nie wykluczone jest ponadto wystąpienie bezobjawowo przebiegającej infekcji innym niż wymienione wirusy patogenem.

LITERATURA

1. Bażanowa N. W.: Wlianije marganea na razwitiie i na nakoplenije pigmentow plastid w listiach zdrowogo i bolnogo kartofielija. Dokł. Akad. Nauk SSSR, 1958, t. 119, s. 382—385
2. Cook M. T.: The effect of some mosaic diseases on cell structure and on the chloroplasts. J. Dep. Agric. Puerto Rico, 1930, t. 10, s. 229—238
3. Doke N., Hirai T.: Starch metabolism in tobacco leaves infected with Tobacco mosaic virus. Phytopath. Z., t. 65, s. 307—317
4. Glasstone V. F. C.: Studies on respiration in healthy and mosaic infected plants. Pl. Physiol., 1942, t. 17, s. 267—277
5. Górski F.: Fizjologia roślin. Warszawa 1962
6. Iwanowski D. J.: Über die Mosaikkrankheit der Tabakpflanze. Z. PflKrankh., 1903, t. 13, s. 1—4
7. Kozłowska A.: The influence of low and high temperature and different kind of soil on parent plants and on the development and yields of II and III generations of potatoes. Spraw. bad. Dep. rol. USA, 1967

8. Kozłowska A.: The influence of climate and kind of soil on the development and yield of three generations of potatoes. *Ekol. pol. ser. A*, 1969, t. 17, s. 531—586
9. Owen P. C.: The effect of infection with tobacco etch virus on the rate of respiration and photosynthesis of tobacco leaves. *Ann. appl. Biol.*, 1957, t. 45, s. 327—331
10. Owen P. C.: Photosynthesis and respiration rates leaves of *Nicotiana glutinosa* infected with tobacco mosaic virus and of *Nicotiana tabacum* infected with potato virus X. *Ann. appl. Biol.*, 1958, t. 46, s. 198—204
11. Pisek A.: Pflanzen der Arktis und des Hochgebirges. *Handbuch der Pflanzenphysiologie*. t. V/2, s. 376—414, 1960
12. Roguski K., Prueffer B., Wojciechowicz M., Puchalski P.: Atlas odmian ziemniaków. Warszawa 1963
13. Starzecki W.: An improved microrespirometer and extension of its application over plants with big leaves. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 1961, t. 30, s. 326—343
14. Winkler E.: Assimilationsvermögen, Atmung und Erträge der Kartoffelsorten Oberarnbacher Frühe, Planet, Lori und Agnes im Tal (610 m) und an der Waldgrenze bei Innsbruck und Vent (1880 m bzw 2014 m). *Flora*, 1961, t. 151, s. 621—662
15. Zaitlin M., Jagendorf A. T.: Photosynthetic phosphorylation and Hill reaction activities of chloroplasts isolated from plants infected with tobacco mosaic virus. *Virology*, 1960, t. 12, s. 477—486

Кристина Корляковска

НАБЛЮДЕНИЯ НАД ФОТОСИНТЕЗОМ КАРТОФЕЛЯ, ПОРАЖЕННОГО X-ВИРУСОМ КАРТОФЕЛЯ

Резюме

В 1964—1966 гг. проведены исследования по интенсивности фотосинтеза и по дыханию листьев картофеля сорта Эпока — здоровых и пораженных x-вирусом, возделываемого в разных экологических условиях. Измерения интенсивности газообмена выполнены четырехкратно во время вегетационного периода. Применялся газометрический метод Зужицкого по модификации Стажецкого. Результаты выражены в пересчете на единицу поверхности листа в мл O_2 /дм² час.

В стадии бутонизации и цветения растений в общем наблюдались более высокие значения интенсивности фотосинтеза в листьях, зараженных вирусом, чем у здоровых. В более поздний период развития интенсивнее ассимилировала здоровая ткань.

Интенсивность дыхания в общем имела самые высокие значения при первом измерении, произведенном в стадии бутонизации, затем постепенно снижалась.

Листовая ткань картофеля, взятая с мест, расположенных на низменностях, проявляла большую интенсивность газообмена, чем соответствующая ткань с гор, независимо от состояния здоровья растений.

Интенсивность фотосинтеза и дыхания в отдельные годы проводимых исследований не была одинаковой. Она зависела от распределения климатических факторов во время вегетационного периода картофеля.

Krystyna Korlakowska

OBSERVATIONS ON PHOTOSYNTHESIS OF POTATOES INFECTED BY
POTATO VIRUS X

S u m m a r y

Studies concerned the rate of photosynthesis and respiration of potato leaves of Epoka variety healthy and those infected by virus X, cultivated under various ecological conditions. Measurements of the intensity of gas exchange had been taken on four times during vegetation season. The gasometric Zurzycki technique modified by Starzecki was used. Results were converted into an unit of leaf surface in ml of O₂/dcm² h.

At the stages of budding and flowering of plants generally higher values of photosynthesis intensity were recorded in virus infected leaves than in healthy ones. Healthy tissue revealed a higher intensity of assimilation during the later development.

Respiration intensity had generally the highest values at first measurement, taken during the buds stage and afterwards decreased gradually.

Leaf tissue of potatoes from lowland sites revealed a higher intensity of gas exchange than a corresponding tissue from mountains, irrespectively of the health statues of plants.

Intensity of photosynthesis and respiration was not equal during subsequent years of studies. It was dependent upon the pattern of climatic factors during the vegetation of potato.