Znaczenie humianu sodowego w kulturach wodnych pod kątem widzenia czynnika minimum

*Role of sodium humate in water cultures from
the aspect of the minimum factor*

W. CZERWIŃSKI

Dodatek humianu sodowego do nieprzewietrzanych kultur wodnych zwiększa bardzo wyraźnie wzrost roślin. Zjawisko to, zaobserwowane po raz pierwszy przez Gumińskiego (1950), doprowadziło do postawienia hipotezy o redoksowym działaniu związków huminowych. Według tej hipotezy humiany mają stanowić swoiste akceptory wodoru i zastępować tlen w wypadku jego niedostatku w pożywce (Gumiński 1950; Gumiński i wsp. 1955). Pewne obserwacje dokonywane podczas doświadczeń z nieprzewietrzanymi kulturami wodnymi, jak np. występujące stale zjawisko nagłego polepszania się wzrostu roślin z chwilą osiągnięcia przez korzenie osadu fosforanu i wodorotlenku żelaza nagromadzonego na dnie słoja, nasunęły przypuszczenie, iż działanie humianu jest związane z gospodarką żelazem. Do podobnego wniosku, na innej drodze, doszedł również Gumiński i wsp. (1965).

Celem pracy było zbadanie: 1) czy czynnikiem minimum w nieprzewietrzanych kulturach wodnych jest niedostatek tlenu czy niedostatek żelaza, oraz 2) czy humian sodowy w nieprzewietrzanych kulturach wodnych zastępuje tlen, czy też dostarcza żelaza w łatwo przyswajalnej formie.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w szklarniach Wrocławskiego Ogrodu Botanicznego. Stosowano pomidory odmiany 'Wystawowe Stonora'. Nasiona kiełkowano w wilgotnym piasku, a po ukazaniu się drugiej pary liści umieszczano siewki w parafinowanych pokrywkach na słojach (poj. 1100 ml) wypełnionych pożywką. Używano zmodyfikowanej pożywki wersalskiej (Hampe 1938), stosowanej w poprzednich pracach nad mechanizmem działania humianu (Gumiński 1950), o następującym składzie (w g na l wody destylowanej):

$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ — 0,142, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,284, KNO_3 — 0,568, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 0,710, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ — 0,116. Mikroelementy dodawano w postaci roztworu „A” wg Hoaglanda i Snydera z dodatkiem molibdenu w proporcji roztworu „B”. Używano zmodyfikowanej pożywki wersalskiej (Hampe 1938) stosowanej w po-

przednich pracach nad mechanizmem działania humianu (Gumiński 1950). Roztwór humianu sodu sporządzano wg standardowych metod z ziemi kompostowej (Gumiński 1950) i dodawano w ilości odpowiadającej 100 mg suchej masy na litr pożywki. Żelazo oznaczano kolorymetrycznie z pomocą 2,2'-dwupirydyli po spaleniu substancji organicznych na mokro w obecności nadmanganianu potasu i kwasu siarkowego (Draczew 1953; Piper 1957). Tlen w pożywkach oznaczano zmodyfikowaną metodą Winklera (Draczew 1953). Wyniki doświadczenia opracowano statystycznie stosując test „t” Studenta dla poziomu ufności $P = 0,05$.

WYNIKI DOŚWIADCZEŃ

I. Analizy pożywek

Pożywka wersalska zawierała w litrze 33,7 mg żelaza w formie wysoce niestabilnej. Już po upływie kilku godzin zawartość żelaza w górnej warstwie pożywki (na głębokości 10 cm) zmniejszała się prawie stukrotnie (do 0,32 mg na litr), a reszta gromadziła się na dnie słoja w postaci trudno rozpuszczalnych fosforanów i wodorotlenków.

Dodatek humianu sodowego do pożywki powstrzymywał ten proces i w widoczny sposób zapobiegał powstawaniu osadu (fot. 1), dzięki czemu zawartość żelaza w pożywce z humianem była wielokrotnie większa i wynosiła w górnej warstwie płynu 12,6 mg na litr.

Przewietrzanie pożywki bez humianu, szczególnie metodą przelewania ze słoja do słoja (Gumiński i Gumińska 1952), pociąga więc za sobą zmianę dwu czynników: po pierwsze zwiększa zawartość tlenu, po drugie zwiększa zawartość żelaza w górnych warstwach pożywki, poprzez mieszanie wytrąconego osadu. W doświadczeniach zatem, w których porównuje się kultury wodne wietrzone z nie wietrzonymi, nie można stwierdzić która ze zmian wywołała obserwowany skutek wietrzenia. Dla uniknięcia tego w doświadczeniu vegetacyjnym zastosowano pożywkę dekantowaną, czyli pozbawioną osadu. Przewietrzanie takiej pożywki powodowało jedynie zmianę natlenienia, nie wpływając oczywiście na zawartość żelaza. Skład chemiczny pożywki dekantowanej był taki sam, jak pożywki normalnej, w sferze w której rosły korzenie. Jedyną różnicą był brak osadu na dnie i tak niedostępnego dla korzeni pomidorów w krótkich doświadczeniach.

II. Doświadczenie vegetacyjne

Zastosowano trzy odmiany pożywki wersalskiej (pH 6,2): a) pożywka zdekantowana po upływie 24 godzin, b) pożywka zaprawiona humianem sodowym (100 mg suchej masy na litr) i również zdekantowana po 24 godzinach, c) pożywka kontrolna bez zmian. Dla każdej z pożywek zastosowano po trzy warianty:

A. pożywka wietrzona przez wtłaczanie powietrza,

Fot. 1. Wytrącanie się związków żelaza z pożywki wersalskiej. Po lewej bez dodatku humianu, po prawej z dodatkiem humianu sodowego (100 mg na liter pożywki)

A — bezpośrednio po sporządzeniu pożywki, B — po upływie 30 minut, C — po upływie 60 minut (pow. 45 x)

B. pożywka niewietrzona do której dodawano żelazo $3 \times$ na tydzień (Arnon 1938),

C. kontrola (pożywka niewietrzona, bez dodawania żelaza).

Doświadczenie przeprowadzono w dniach od 31 lipca do 31 sierpnia 1962. Wyniki liczbowe w postaci suchej masy roślin zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela I

Wpływ żelaza i przewietrzania pożywki na wzrost siewek pomidorów

	Sucha masa trzech roślin w mg. Średnia z 5 powtórzeń		
	Kontrola	Pożywka wietrzona	Dodatek Fe $3 \times$ na tydzień
Pożywka zdekantowana bez humianu	125,2	192,6	681,6
Pożywka zdekantowana z humianem	845,6	850,8	848,8
Pożywka normalna	267,2	789,2	909,2

Najmniejsza udowodniona różnica = 49,4 mg (dla $P = 0,05$)

Zawartość tlenu w pożywkach wietrzonych odpowiadała w przybliżeniu stanowi nasycenie dla danych warunków (8,8—8,9 mg na litr). Zawartość tlenu w pożywkach nie wietrzonych zależała od wielkości roślin; przy małych wynosiła 6—8 mg, a przy dużych spadała do ok. 3 mg na litr. W żadnym jednak wypadku nie stwierdzono, w warunkach doświadczenia, braku tlenu w pożywce.

Dyskusja wyników

Wpływ wietrzenia pożywki zdekantowanej bez humianu był niewielki w porównaniu z wysokim efektem dodawania żelaza. Świadczy to, że czynnikiem ograniczającym był przede wszystkim brak żelaza.

Wietrzenie pożywki normalnej (nie zdekantowanej) dało znaczny skutek w postaci wzrostu suchej masy o 195,5%. Jako przyczynę należy uznać mieszanie pożywki i zwiększanie w ten sposób zawartości żelaza w górnej warstwie w której rosły korzenie. Zabieg natleniania pożywki (nie połączony ze zwiększaniem zawartości żelaza w strefie korzeniowej) dał bowiem, jak to wynika z poprzedniego wariantu, o wiele mniejszy efekt. Jest zatem rzeczą jasną, że stosowane w niektórych badaniach nie wietrzone kultury wodne cierpią na brak żelaza, a nie na brak tlenu. Wymownie świadczy o tym ostatni wariant na pożywce normalnej; sukcesywne dodawanie żelaza, nie połączone wcale z natlenianiem pożywki, zwiększyło masę roślin o 240%. Nie znaczy to wcale, by korzenie pomidorów mogły obywać się bez tlenu. Dokonane pomiary wykazały, że ilość tlenu jaka dyfunduje przez swobodną powierzchnię

pożywki wystarcza w doświadczeniach z niewielkimi roślinami (w słojach o pojemności ok. 1 litra, por. Hewitt 1952).

Wzrost roślin na pożywce zaprawionej przed dekantacją humianem sodowym był bardzo dobry. Rośliny doskonale przyswajały żelazo, jakie humian uchronił przed wytrąceniem. Dodawanie żelaza, a także przewietrzanie pożywki, nie miały żadnego skutku; innymi słowy w obecności humianu ani żelazo, ani tlen nie były czynnikami ograniczającymi.

Działanie humianu w doświadczeniach, w których porównuje się kultury wodne wietrzone z nie wietrzonymi, sprowadza się więc do stabilizacji żelaza i dostarczania go roślinom w łatwo przyswajalnej formie.

Tak przedstawiona interpretacja wyników stoi w pozornej sprzeczności z wynikami uzyskanymi przez Gumińskiego w pracy z r. 1950. W pracy tej Gumiński porównywał efekt humianu w pożywkach przewietrzanych (i mieszanych) strumieniem powietrza, mieszanych strumieniem wodoru oraz nie przewietrzanych, a równocześnie nie poruszanych. Humian wywierał wówczas silny wpływ dodatni na wzrost i zielenienie się roślin rosnących na pożywkach nie poruszanych oraz na pożywkach mieszanych strumieniem wodoru, natomiast nie wywierał wpływu na rośliny w kulturach których pożywkę mieszano strumieniem powietrza. Stąd Gumiński wyciągnął wniosek, że nie chodziło tu o mieszanie osadu pożywki, lecz o zróżnicowanie warunków tlenowych i że wobec tego humian zastępował tlen. Wyniki niniejszej pracy świadczą jednak, że w tych warunkach czynnikiem występującym w minimum jest żelazo, a nie tlen i że funkcja humianu polega na ułatwieniu pobierania żelaza przez korzenie a nie na zastępowaniu tlenu w pożywce. Do tych samych wniosków doszedł Gumiński w pracy z r. 1965, w której porównywał działanie humianu z efektywnością wersenianu sodowego (czynnika chelatyzującego). Należy sądzić, że wodór przepuszczany przez pożywkę wywierał wpływ uboczny, hamujący wzrost roślin, który to wpływ był niwelowany działaniem humianu. Być może, że wpływ hamujący na wzrost roślin wywierały zanieczyszczenia wodoru; jest to jednak osobne zagadnienie, wyjaśnienie którego wymagałoby dalszych doświadczeń.

WNIOSKI

Celem pracy było przebadanie efektu fizjologicznego humianu sodowego w nieprzewietrzanych kulturach wodnych pomidorów. Dokonano analizy zawartości żelaza w pożywce z humianem i bez humianu, oraz przebadano w doświadczeniu wegetacyjnym efekt natleniania oraz efekt mieszania pożywki. Z przeprowadzonych doświadczeń wyciągnięto następujące wnioski:

1. Pierwotną przyczyną słabej wegetacji pomidorów w nieprzewietrzanych kulturach wodnych jest brak żelaza, a nie brak tlenu.

2. Humian sodowy w nieprzewietrzanych kulturach wodnych nie zastępuje tlenu, lecz dostarcza żelaza w łatwo przyswajalnej formie.

SUMMARY

The aim in view was to investigate the physiological effect of sodium humate in nonaerated water tomato cultures. The iron content in the nutrient solution with and without humate was analysed, and the effect of oxygen supply and of stirring of the nutrient medium were investigated in vegetation experiments. The results led to the following conclusions:

1. The primary cause of weak vegetation of tomatoes in nonaerated water cultures is the deficit not of oxygen but of iron.
2. Sodium humate in nonaerated water cultures is no substitution for oxygen but it supplies iron in an easily available form.

*Department of Plant Physiology,
College of Agriculture, Wrocław*

LITERATURA

- Arnon D. I., 1938 Microelements in culture solution experiments with higher plants, *Amer. J. Bot.* 25: 322—325.
- Draczew S. M., 1953, *Metody chemicznego analiza wody*, 280 pp. Moskwa, Medgiz.
- Gumiński S., 1950, Badania nad warunkami i mechanizmem działania związków próchnicznych na organizmy roślinne, *Acta Soc. Bot. Pol.* 20: 589—619.
- Gumiński S., Czerwiński W., Unger E., Bacowa A., 1955, Badania nad oddychaniem korzeni, cz. I, *Acta Soc. Bot. Pol.* 24: 723—731.
- Gumiński S. i Gumińska Z., 1953, Dalsze badania nad mechanizmem działania próchnicy na organizm roślinny, *Acta Soc. Bot. Pol.* 22: 45—63.
- Gumiński S., Gumińska Z. and Sulej J., 1965, Effect of humate, agar-agar and EDTA on the development of tomato seedlings in aerated and non aerated water cultures, *J. Exp. Bot.* (in press)
- Hampe P., 1938, Les solutions nutritives pour culture dans l'eau, *Jardinage* 26(228): 23—28.
- Hewitt E. J., 1952, *Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition*, Farnham, Roy Bucks.
- Piper C. S., 1957, *Analiza gleby i roślin*, 420 pp. Warszawa, PWN.