ACTA AGROBOTANICA
Vol. XXXI (1/2): 107-116, 1978

Asymilacja $^{14}CO_2$ i przebieg wzrostu pszenicy jarej odm. Nagradowicka w warunkach intensywnego żywienia azotem lub fosforem

BARBARA PRAGA-KUBALSKA i BRONISŁAW GEJ

Instytut Biologii Roślin SGGW — AR w Warszawie

(Otrzymano: 11 II 1978)

B. Praga-Kubalska and B. Gej (*Institute of Plant Biology, Warsaw Agricultural University, Poland*) Acta Agrobotanica 31 (1/2): 107–116, 1978.

Assimilation of $^{14}CO_2$ and growth dynamics of spring wheat cv. Nagradawicka under conditions of intensive nitrogen or phosphorus fertilization

A pot experiment with plants of spring wheat cv. Nagradowicka was carried out. The effects of intensive nitrogen or phosphorus fertilization on the dry matter increment, chlorophyll and water contents and rate of $^{14}CO_2$ uptake in these plants during the vegetation period were investigated.

Nasilające się problemy wyżywienia ludności na świecie stwarzają konieczność przeprowadzenia szerszych badań produktywności fotosyntetycznej i fizjologii plonowania roślin uprawnych. Badania te obejmują m. in. wyjaśnienie zależności między intensywnym nawożeniem mineralnym (szczególnie azotowym, fosforowym i potasowym) a fotosyntezą u różnych roślin. Większość przeprowadzonych ostatnio badań na ten temat dotyczy poznania wpływu deficytu składników mineralnych na intensywność fotosyntezy, wzrost i rozwój roślin (Andrejeva i Persanov 1970; Bottrill i in. 1970; Gej 1972; Kamanina i Anisimov 1977; Nátr i Purš 1970; Osman i Milthorpe 1971; Słobodskaja i in. 1970). Mało natomiast poświęcono uwagi wpływowi podwyższonych dawek nawożeniowych na te procesy (Dorochov i in. 1966; Mosołov 1968; Żakote i Dorochov 1972).

Celem niniejszych badań było porównanie intensywności pobierania $^{14}CO_2$, zawartości chlorofilu i wody, przebiegu wzrostu i plonowania pszenicy jarej odmiany Nagradowicka, w warunkach stosowania różnych dawek azotu lub fosforu. Odmiana ta w wielu przypadkach lepiej plo-

nuje niż Gorzowska Sztywna, Opolska, czy Ostka Popularna (Fatyga 1972). Obecnie ustępuje już miejsca nowym, jeszcze bardziej plennym odmianom, jak Ramzes, Carola i inne.

MATERIAŁ I METODY

Ziarniaki pszenicy (*Triticum aestivum* L.) odm. Nagradowicka wysiano 6 IV 1972 r. do wazonów napełnionych 9,5 kg piasku z pożywką mineralną. Zastosowano trzy kombinacje nawożenia: I — kontrolna (K), zawierająca 0,5 g P_2O_5 (w postaci $Ca(H_2PO_4)_2$), 0,9 g N (w formie NH_4NO_3), 0,8 g K_2O, 0,2 g MgO, 0,18 g CaO i 0,04 g cytrynianu żelaza na wazon; II — z podwyższoną dawką azotu (+N), tj. 1,5 g N na wazon i III — z podwyższoną dawką fosforu (+P), tj. 0,9 g P_2O_5 na wazon. Nawożenie azotowe podzielono na trzy jednakowe dawki, które wprowadzono do wazonów z roślinami przedsiewnie, w fazie 2-3 liści i na początku krzewienia.

W fazie krzewienia pozostawiono w wazonach do końca wegetacji po 11 roślin. Strzelanie w źdźbło zaobserwowano 10 V, początek kłoszenia — 7 VI, a zbiór końcowy przeprowadzono 24 VII, tj. po 109 dniach wzrostu roślin.

W czasie wegetacji 5-krotnie ścięto część roślin w celu oznaczenia przyrostu suchej masy oraz powierzchni zielonych liści. Pod koniec krzewienia dokonano pierwszej ekspozycji roślin w atmosferze z $^{14}CO_2$, umieszczając je w 200-litrowej komorze z pleksiglasu (w temp. 20-22°C), oświetlonej światłem słonecznym. Radioaktywność w komorze na początku 30-minutowej ekspozycji wynosiła 2,5 μCi $^{14}CO_2$ w 1 l powietrza. Drugą ekspozycję przeprowadzono w fazie kwitnienia roślin w 950 l komorze, do której wprowadzono 1 μCi $^{14}CO_2$ na litr powietrza o temp. 23°C. Po ekspozycji rośliny zamrażano w temperaturze suchego lodu, a następnie homogenizowano je w 81% etanolu. Część homogenatu nanoszono na aluminiowe miseczki i po wysuszeniu oznaczano jego radioaktywność za pomocą okienkowego licznika G-M. Przyjęto, że radioaktywność organów zielonych badanej pszenicy odzwierciedla ich aktywność fotosyntetyczną, a po przeliczeniu na jednostkę świeżej lub suchej masy — wskazuje na intensywność fotosyntezy tych organów.

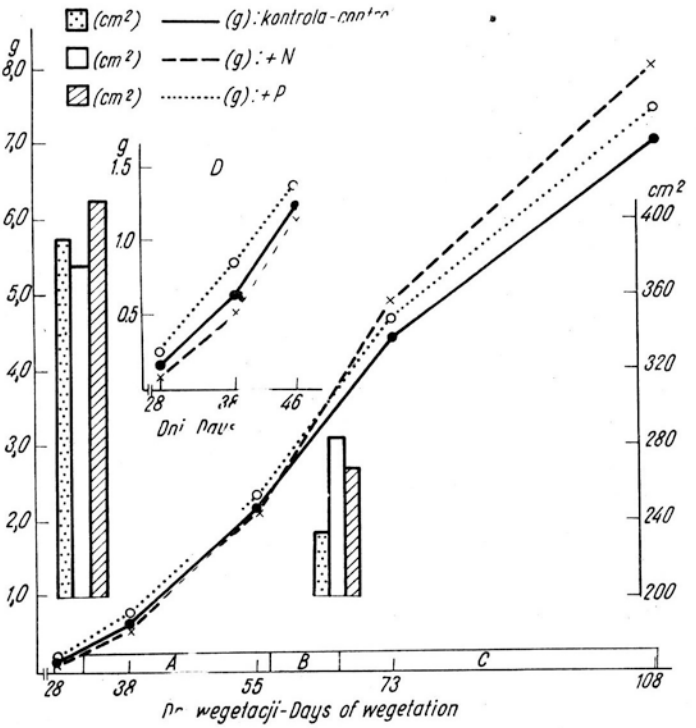
Pod koniec fazy krzewienia i w fazie kwitnienia oznaczano zawartość chlorofilu $a+b$ w ekstrakcie acetonowym za pomocą spektrofotokolorymetru „Spekol" (Bruinsma 1963).

Wszystkie pomiary i analizy przeprowadzono w 3-4 powtórzeniach, a istotność różnic w plonie końcowym pszenicy określono po obliczeniu wartości NIR (najmniejszej istotnej różnicy) przy P=0,05.

WYNIKI I DYSKUSJA

Podwyższenie dawek azotu lub fosforu w żywieniu pszenicy Nagradowickiej nie spowodowało istotnych zmian w intensywności krzewienia, szybkości przebiegu następnych faz rozwojowych, wysokości źdźbeł i w ilości pędów kłosonośnych. Przy końcu wegetacji na 11 roślin w wazonie przypadało średnio po 23 pędy kłosonośne.

Intensywne nawożenie azotem badanej pszenicy spowodowało, że w okresie krzewienia i strzelania w źdźbło wystąpiło osłabienie przyrostu suchej masy części nadziemnych. W tym doświadczeniu przyrostu masy korzeni nie badano. Dodatni wpływ podwyższonych dawek azotu na wzrost roślin zaobserwowano dopiero od fazy kłoszenia. Natomiast wysoki poziom nawożenia fosforowego wpłynął dodatnio już od samego początku wegetacji pszenicy (rys. 1).



Rys. 1. Przebieg wzrostu części nadziemnych (g suchej masy) i powierzchni liści (cm²) u pszenicy odm. Nagradowicka przy zróżnicowanym nawożeniu N i P (średnie dla 1 rośliny)

A — strzelanie w źdźbło, B — kłoszenie, C — dojrzewanie, D — początkowy okres wzrostu — w powiększonej skali

Fig. 1. Dynamics of mass (g of dry matter) and leaf area (cm²) increase in wheat plants cv. Nagradowicka with different N and P fertilizing (averages for 1 plant)

A — shooting, B — ear emergence, C — ripening, D — initial growth period — in enlarged scale

Tabela 1 — Table 1

Plon końcowy ziarna i słomy 1 rośliny pszenicy odm. Nagradowicka (w g powietrznie suchej masy)

The final yield of grain and straw per 1 wheat plant cv. Nagradowicka (grams of air dry matter)

Nawożenie Nutrition	Pęd główny Main shoot		Części nadziemne The above-ground parts						A/B
	ziarno grain	słoma straw	ziarno grain	(A)	słoma straw		razem total	(B)	
	g		g	%	g	%	g	%	
Kontrola Control	1,52	2,65	2,51	100	4,63	100	7,14	100	0,35
+N	1,75	2,69	3,09	123	4,93	106	8,02	113	0,39
+P	1,73	2,77	2,70	108	4,72	102	7,42	104	0,36
NIR (LSD)	0,18	0,23	0,25	—	0,38	—	0,61	—	—

W kombinacji +N plon końcowy ziarna był istotnie wyższy (o 23%), a w kombinacji +P — tylko o 8% większy niż w kontroli; w kombinacji pierwszej masa całej części nadziemnej była o 13% większa, a w kombinacji drugiej nie stwierdzono pod tym względem istotnych różnic w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Stosunek plonu ziarna do plonu całej części nadziemnej, czyli tzw. współczynnik plonowania rolniczego, był również nieco wyższy u roślin w kombinacji +N niż w kontroli (tabela 1).

Otrzymane wyniki, dotyczące działania podwyższonych dawek azotu lub fosforu na wzrost roślin pszenicy, są zgodne z wynikami badań Osmana i Milthorpe (1971) oraz Niczipporovicza (1972). Osłabienie przyrostu masy roślin pszenicy w kombinacji +N na początku wegetacji można tłumaczyć szkodliwym działaniem wysokich dawek azotu, powodujących nagromadzanie się amoniaku i azotanów w roślinie oraz zachwianie równowagi między ilością pobieranego azotu i fosforu (Koter 1969; Nátr 1972). Ponadto podwyższenie dawek azotu wywoływało zmniejszenie potencjału wodnego w roztworze glebowym w wazonach, co także mogło wpłynąć ujemnie na wzrost badanych roślin.

Podobnie do przebiegu przyrostu masy kształtował się też przyrost powierzchni blaszek liściowych pszenicy. W czasie krzewienia powierzchnia ta u roślin z podwyższoną dawką azotu powiększała się wolniej, a u roślin silnie nawożonych fosforem szybciej niż powierzchnia kontrolna. Natomiast w okresie kwitnienia powierzchnia asymilacyjna liści pszenicy w kombinacji +N była o 21%, a w kombinacji +P — o 14% większa w porównaniu z kontrolą (rys. 1).

Wyniki znacznego zwiększania się powierzchni asymilacyjnej liści badanej pszenicy w warunkach intensywnego nawożenia azotowego znajdują potwierdzenie w badaniach Andrejevej i Persanova (1970) oraz Niczipporovicza (1972). Dodatnie działanie azotu na wzrost powierzchni asymilacyjnej pszenicy sprzyjało większemu gromadzeniu produktów fotosyntezy i umożliwiało uzyskanie większego plonu biomasy, a szczególnie większego plonu ziarna. Według Sarića i Petrovića (1969) nagromadzanie masy organicznej i plony roślin pszenicy zależą głównie od nawożenia azotem i fosforem, a w mniejszym stopniu — od nawożenia potasem, magnezem, siarką, czy wapniem.

W tabeli 2 przedstawiono zmiany procentowej zawartości wody w pędzie głównym i w pędach bocznych badanych roślin. W okresie od krze-

Tabela 2 — Table 2

Zawartość wody (w %) w częściach nadziemnych pszenicy odm. Nagradowicka w okresie wegetacji

Water content (%) in the above-ground parts of wheat plants cv. Nagradowicka during vegetation period

Nawożenie Nutrition	Krzewienie Tillering		Strzelanie w źdźbło Shooting		Kwitnienie Flowering	
	pęd główny main shoot	pędy boczne tillers	pęd główny main shoot	pędy boczne tillers	pęd główny main shoot	pędy boczne tillers
Kontrola Control	88,4	88,6	84,6	86,4	71,8	72,1
+N	87,5	87,8	83,9	85,5	74,0	74,3
+P	89,0	88,7	83,8	86,2	71,2	71,5

wienia do kwitnienia roślin kontrolnych i w kombinacji +P zawartość ta zmniejszyła się średnio o 17%, a w kombinacji +N — o 13,5%. Uwodnienie pędów bocznych w każdej kombinacji było z reguły nieco większe niż w pędzie głównym.

Jeśli chodzi o zawartość chlorofilu $a+b$, to w roślinach pszenicy Nagradowickiej wyraźne różnice między kombinacjami nawożeniowymi zaczęły występować (szczególnie w pędzie głównym) począwszy od fazy strzelania w źdźbło. W fazie kwitnienia (tab. 3) intensywne nawożenie azotem lub fosforem spowodowało w blaszkach liściowych zwiększenie zawartości zielonych barwników w tych kombinacjach odpowiednio o 21 i 12% (średnie pędu głównego i pędów bocznych).

W fazie krzewienia, zastosowane nawożenie azotowe wpłynęło ujemnie na asymilację $^{14}CO_2$ (aktywność fotosyntetyczną) jedynie w pędach

Tabela 3 — Table 3

Zawartość chlorofilu (a+b) w roślinach pszenicy odm. Nagradowicka w zależności od nawożenia N i P

Chlorophyll (a+b) content in wheat plants cv. Nagradowicka in relation to N and P fertilizing

Nawożenie Nutrition	Pęd główny — Main shoot		Pędy boczne — Tillers	
	mg/g suchej masy mg/g dry matter	%	mg/g suchej masy mg/g dry matter	%
Krzewienie (części nadziemne) Tillering (The above-ground parts)				
Kontrola Control	8,08	100,0	7,00	100,0
+N	7,86	97,2	7,39	105,6
+P	7,53	93,1	7,04	100,6
Kwitnienie (blaszki liściowe) Flowering (leaf blades)				
Kontrola Control	7,65	100,0	8,50	100,0
+N	10,27	134,4	9,22	108,4
+P	8,55	115,8	9,21	108,4

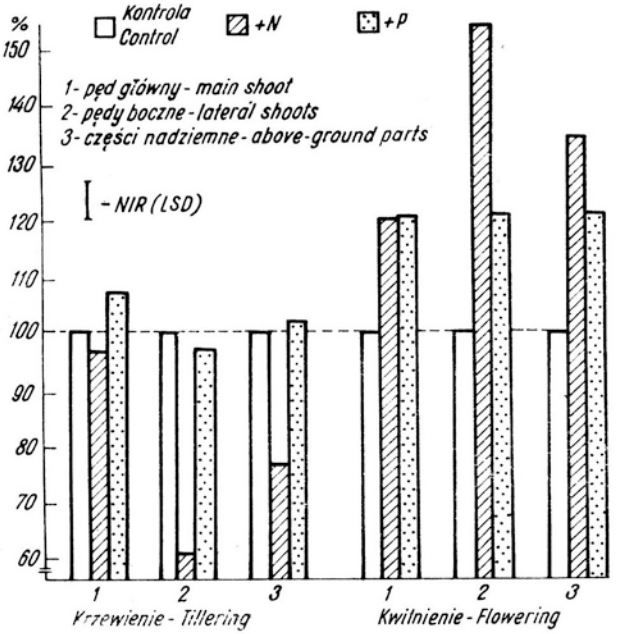
bocznych (rys. 2). Ilość pobranego $^{14}CO_2$ w tych pędach była około 40% mniejsza, a ich powierzchnia liści — tylko o 10% mniejsza niż w kontroli. Aktywność fotosyntetyczna całych roślin w tych warunkach była prawie o 24% mniejsza od aktywności roślin kontrolnych.

W fazie kwitnienia aktywność fotosyntetyczna roślin intensywnie nawożonych azotem uległa zwiększeniu: w pędach bocznych o 54%, w pędzie głównym — o 20%, a w całej części nadziemnej — średnio o 34% w porównaniu z kontrolą.

Intensywne nawożenie fosforem spowodowało w tej fazie zwiększenie aktywności fotosyntetycznej o ponad 21%, zarówno w pędzie głównym, jak i w pędach bocznych.

Badania przeprowadzone przez Żakote (1974) wykazały, że niedostateczne lub nadmierne nawożenie roślin azotem lub fosforem wywołuje zmianę właściwości optycznych aparatu asymilacyjnego. Zmiana ta przejawia się w przesunięciu maksimum absorpcji promieni świetlnych i w ilości przepuszczonej, odbitej oraz pochłoniętej energii świetlnej, w zakresie fotosyntetycznie aktywnej radiacji (FAR), co wpływa na natężenie fotosyntezy badanych organów zielonych.

Oznaczenia radioaktywności właściwej pędów badanych roślin, obrazującej natężenie asymilacji $^{14}CO_2$ (w przeliczeniu na 1 g suchej masy lub na jednostkę powierzchni asymilacyjnej) wykazały, że pod koniec



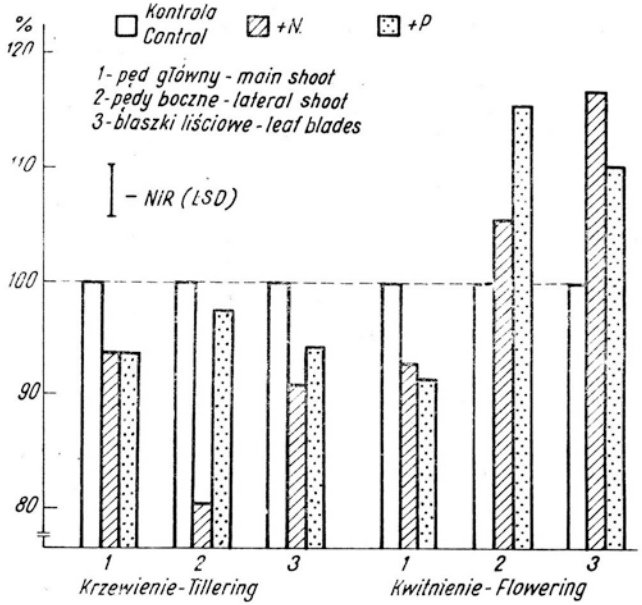
Rys. 2. Wpływ zróżnicowanego nawożenia N i P na aktywność fotosyntetyczną (w %) jako ^{14}C części nadziemnych u pszenicy odm. Nagradowicka

Fig. 2. Effect of different N and P fertilizing on the photosynthetic activity (%) as ^{14}C of above-ground parts in wheat cv. Nagradowicka

krzewienia radioaktywność ta w pędzie głównym, zarówno w kombinacji +N, jak i +P, była mniejsza niż w kontroli. Różnica ta w całych pędach bocznych i w samych blaszkach liściowych była istotnie mniejsza tylko w kombinacji +N (rys. 3). W fazie kwitnienia w obu kombinacjach nawożeniowych stwierdzono obniżenie o 7—8% intensywności asymilacji $^{14}CO_2$ tylko w pędach głównych, podczas gdy w pędach bocznych i we wszystkich blaszkach liściowych zaobserwowano wyraźne zwiększenie się intensywności tego procesu.

W fazie kwitnienia radioaktywność właściwa dolnych części źdźbła (łącznie z pochwami liściowymi) pędu głównego w kombinacji +N była o 65% wyższa i w kombinacji +P — około 14% większa niż w kontroli. Natomiast w górnych częściach źdźbeł radioaktywność ta w kombinacjach +N i +P była o 31-39% wyższa niż w analogicznych częściach roślin kontrolnych. Zaobserwowano również, że w tej fazie kłosy badanej pszenicy, rosnącej w warunkach intensywnego żywienia azotem i fosforem, wykazywały zwiększone pobieranie $^{14}CO_2$.

Stwierdzone w większości przypadków podwyższone natężenie fotosyntezy, jakie występuje w warunkach dobrego zaopatrzenia roślin w azot i fosfor, wiąże się prawdopodobnie z faktem, że w tych warunkach proces fotosyntetycznej fosforylacji niecyklicznej przebiega bez zakłóceń (Waśkovskij i Karpiłov 1969) oraz mniejsze są opory dyfu-



Rys. 3. Wpływ zróżnicowanego nawożenia N i P na intensywność asymilacji $^{14}CO_2$ (w %) u pszenicy odm. Nagradowicka

Radioaktywność pędów przeliczano na g suchej masy, a radioaktywność samych blaszek liściowych — na dm²

Fig. 3. Effect of different N and P fertilizing on the intensity of $^{14}CO_2$ assimilation (%) in wheat cv. Nagradowicka

The radioactivities of shoots were calculated per g of dry matter and the radioactivities of leaf blades themselves — per dm²

zyjne w aparatach szparkowych i komórkach miękiszowych liści, co ułatwia dufuzję dwutlenku węgla do chloroplastów i przyczynia się do zwiększenia intensywności asymilacji CO_2 (Nevins i Loomis 1970; Okanienko i in. 1972: Ryle i Hesketh 1969).

SUMMARY

A pot experiment with spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Nagradowicka proved that increased nitrogen fertilizer doses (1.5 g N/pot) cause a somewhat less intensive growth of the plants in the first half of the vegetation season and acceleration of this process in the second half. The grain yield as compared with control plants increases under these conditions by 23 per cent.

Increased phosphorus doses (0.9 g P_2O_5/pot) affect favourably the growth of the plants from the beginning of vegetation, this in turn increasing the grain yield of the wheat by 8 per cent. Intensive fertilization with N or P distincly increase the chlorophyll content in the wheat plants in the period of anthesis; in the tillering phase the intensity of photosynthesis (measured in terms of $^{14}CO_2$ assimilation) is as a rule lower, and in the phase of anthesis (particularly in the lateral shoots) higher than in the leaves of the control plants.

LITERATURA

Andrejeva T. F., Persanov W. M., 1970. Fizioł. Rastenii 17; 478-484.
Bottrill D. E., Possingham J. V., Kriedeman P. E., 1970. Plant and Soil 32: 424-438.
Bruinsma J., 1963. Photochem. and Photobiol. 2: 241-249.
Dorochov B. L., Baranina I. I., Macharinec S. N., 1966. Agrochimija nr 8: 109-116.
Fatyga J., 1972. Informator o wynikach badań zakończonych w 1970 r. Wydz. Nauk Roln. i Leśnych PAN, Warszawa, 258.
Gej B., 1972. Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. Sci. Biol. 20: 803-808.
Kamanina M. S., Anisimov A. A., 1977. Fizioł. Rastenii 24: 767–772.
Koter Z., 1969. Pam. puł. 36: 147-186.
Mołosov I. W., 1968. Fiziołogiczeskije osnovy primienienija mineralnych udobrenij, Izd. Kołos, Moskva.
Nátr L., 1972. Photosynthetica 6: 80-99.
Nátr L., Purš J., 1970. Photosynthetica 4: 31-37.
Nevins D. J., Loomis R. S., 1970. Crop Sci. 10: 21-25.
Niczipporovicz A. A., 1972. Agrochimija nr 1: 3-13.
Okanienko A. S., Bernsztejn B. I., Manuilskij W. D., Iljaszuk E. M., 1972. Fizioł. Rastenii 19: 1132-1138.
Osman A. M., Milthorpe F. L., 1971. Photosynthetica 5: 61-70.
Ryle G. J. A., Hesketh J. D., 1969. Crop Sci. 9: 451-454.
Sarić M., Petrović M., 1969. Savremena Poljoprivreda 17: 253–262.
Słobodskaja G. A., Griszina G. S., Niczipporovicz A. A., 1970. Fizioł. Rastenii 17: 244-252.
Waśkovskij D. M., Karpiłov Ju. S., 1969. W pracy zbior.: Mineralnyje elemienty i miechanizm fotosintieza. Izd. AN MSSR, Kisziniev.
Żakote A. G., 1974. Mineralnoje pitanje i aktiwnost' fotosinteticzeskogo apparata rastenii, Izd. Sztiinca, Kisziniev.
Żakote A. G., Dorochov Ł. M., 1972. Fotosintiez odno- i mnogolietnich rastenii, Kisziniew, 3-20.