

URSZULA WOJCIESKA

*Pracownia Izotopowa IUNG, Puławy*

## WSPÓLZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY PLONEM, INTENSYWNOŚCIĄ FOTOSYNTEZY I AKTYWNOŚCIĄ ENZYMÓW BIORĄCYCH UDZIAŁ W WIĄZANIU WĘGLA

### *Wstęp*

Uzyskanie wysokich plonów jest jednym z najbardziej efektywnych środków obniżających koszty produkcji, stąd też wciąż poszukuje się nowych dróg prowadzących do zwiększenia zdolności plonowania roślin. Liczne badania dowiodły, że postęp w plonowaniu jest możliwy dzięki zastosowaniu osiągnięć nauk podstawowych.

W nawiązaniu do powyższego szereg placówek badawczych podejmuje prace mające na celu:

- a) uzyskanie biochemicznych kryteriów, które mogłyby być użyteczne dla hodowców;
- b) dostarczenie więcej informacji o metabolizmie i fizjologii roślin.

### *Intensywność fotosyntezy a plon roślin*

Selekcja plennych odmian jest w obecnej chwili utrudniona między innymi z powodu braku biochemicznych i fizjologicznych wskaźników potencjalnej zdolności plonowania odmian już we wczesnych stadiach rozwoju roślin. Ponieważ fotosynteza jest procesem określającym w sposób istotny wielkość plonu, należałoby przypuszczać, że intensywność fotosyntezy może służyć jako użyteczny wskaźnik zdolności plonowania.

Gatunki roślin (kukurydza, trzcina cukrowa), które dają najwyższe plony wykazują także najwyższe tempo asymilacji  $\text{CO}_2$ . Wydaje się zatem interesujące, czy taka współzależność zachowuje się wewnątrz gatunku.

Przedstawione w tab. 1 wyniki wskazują, że intensywność fotosyntezy poszczególnych odmian soi nie koreluje z przeciętnym plonem (dane z 5 lat) ich nasion. I tak, chociaż liście odmiany Amsoy i Harosoy 63 wiązały  $\text{CO}_2$  w tempie 25% szybszym niż liście odmiany Corsoy i Wayne, to ostatnie dały wyższe plony nasion. Wyniki wskazują zatem, że różnice w intensywności fotosyntezy nie były jedynym powodem różnic odmianowych w plonie badanych odmian soi. Przyczyny braku korelacji leżą

prawdopodobnie w tym, że każdy genotyp wykazuje różnice w metabolizmie, morfologii, jak również w strukturze łąnu.

Tabela 1

*Intensywność fotosyntezy i średnie plony ziarna 12 odmian soi*

Odmiana	Intensywność mg CO <sub>2</sub> dm <sup>-2</sup> godz. 1 <sup>-</sup>	Plon kg. ar <sup>-1</sup>	Odmiana	Intensywność mg kg. or <sup>-1</sup> godz. <sup>-1</sup>	Plon CO <sub>2</sub> dcm <sup>-2</sup>
Amsoy	23	25,5	Clark	20	24,9
Al — 1051	23	25,7	Kent	20	26,8
Harosoy 63	22	25,0	Corsoy	18	27,3
Chippewa 64	22	22,9	Shelby	18	25,0
Lindarin 63	21	24,6	Wayne	18	27,6
Hark	21	23,9	A — 100	18	24,1

Dane wg Curtis, Ogren, Hageman, Crop Sci., 1969, 9, 323—327

Singh (8) mierząc fotosyntezę łąnu w okresie od początku czerwca do pierwszych dni sierpnia wykazał, że w przeliczeniu na jednostkę powierzchni gruntu odmiana Wayne zasymilowała o 20% dwutlenku węgla więcej niż odmiana Harosoy 63. Przeciętny indeks liściowy (stosunek powierzchni liści do powierzchni gruntu zajmowanego przez roślinę) dla odmiany Wayne wynosił 4,2, podczas gdy dla odmiany Harosoy 63 tylko 3,9.

Johnston (6) wykazał, że w okresie wypełniania strąków całkowita powierzchnia liści odmiany Wayne była o 20% większa niż odmiany Amsoy. Ponadto liście odmiany Wayne były zielone o 8 do 10 dni dłużej.

Wyniki prac tych autorów sugerują, że obok intensywności fotosyntezy, o plonie decyduje wielkość powierzchni asymilacyjnej oraz długość okresu, w ciągu którego organy asymilujące zachowują aktywność fizjologiczną. Badacze ci wskazują jednakże, że w ramach określonej odmiany wzrastające tempo fotosyntezy zwiększa plon. W rozważaniach nad problemem plonowania, szczególnie z punktu widzenia plonu rolniczego, należy podkreślić znaczenie rozdziału wyprodukowanych asymilatów między poszczególne organy roślin, jak również ich strat w procesie oddychania.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki mające na celu porównanie wpływu żyzności gleby na intensywność fotosyntezy. Glebę do doświadczeń dla oceny zdolności fotosyntetycznej pobrano z pól różniących się pod względem produktywności. Dane odnośnie plonów pochodzą z doświadczeń pro-

Tabela 2

*Intensywność fotosyntezy siewek soi odm. Wayne rosnących na glebach pobranych z pól różniących się pod względem produktywności*

Pochodzenie gleby	Plon kg · ar <sup>-1</sup>	Intensywność fotosyntezy mg CO <sub>2</sub> · dm <sup>-2</sup> · godz. <sup>-1</sup>	
		doświad- czenie a	doświad- czenie b
Ashland, III., No 1	36	17	18
Ashland, III No 2	40	17	18
Urbana, III.	23	18	18
Urbana, III (sterylizowana)	—	18	—
Wermikulit	—	18	18

Dane wg Curtis, Ogren, Hageman, Crop Sci., 1969, 9, 323—327.

wadzonych w środowisku naturalnym w sezonie wegetacyjnym poprzedzającym pobranie gleby. Widać wyraźnie, że rodzaj gleby nie miał wyraźnego wpływu na intensywność fotosyntezy. Na wielkość plonu, obok żyzności gleby, wpłynęły zatem inne czynniki środowiska, a woda, światło i temperatura odegrały na pewno pierwszorzędą rolę. Dokładna znajomość wszystkich czynników zawartych w plonie umożliwiłaby stworzenie warunków optymalnych dla przebiegu procesów stanowiących o jego wielkości.

Hageman (5) sugeruje, że zdolność do asymilacji dwutlenku węgla jest pod kontrolą genetyczną. Według założeń tego autora, właściwa selekcja mieszańców uzyskanych z krzyżowania odmian wysoko plonujących z odmianami o małej zdolności do wiązania CO<sub>2</sub> lub średnio plonujących odmian z odmianami o dużej zdolności do wiązania dwutlenku węgla, a w dalszych etapach krzyżowanie wzajemne tych mieszańców mogłoby prowadzić do wyselekcjonowania odmiany bardzo wartościowej. Trudność polega na tym, że pomiar asymilacji dwutlenku węgla jest bardzo pracochłonny. Selekcja genetyczna wymaga opracowania prostych i szybkich metod pomiaru tempa wymiany gazowej. Wstępne prace wskazują, że rozwój takich metod jest możliwy.

#### *Współzależność pomiędzy intensywnością fotosyntezy a aktywnością niektórych fosfataz*

Badania Randala (Michigan State University, East Lansing, USA), wskazują, że fosfataza fosfoglikolanowa i fosfataza fosfoglicerynianowa są powiązane z procesem fotosyntezy. We wstępnych badaniach porównaw-

czych w Urbanie (USA, Illinois) Randal porównał aktywność tych dwu enzymów w 15 spośród 32 odmian, które Curtis i inni (4) sklasyfikował według zdolności do asymilacji dwutlenku węgla. Wykazał on występowanie znacznej negatywnej korelacji fosfatazy fosfoglicerynianowej i znacznej pozytywnej korelacji fosfatazy fosfoglikolanowej z tempem asymilacji dwutlenku węgla, niezależnie od wieku roślin.

Wyniki te sugerują, że aktywność jednego lub obu tych enzymów może służyć jako wskaźnik intensywności wiązania dwutlenku węgla przez rośliny. Należy przy tym zaznaczyć, że tempo asymilacji dwutlenku węgla określano na młodych siewkach rosnących w kamerach wzrostowych, podczas gdy aktywność enzymów określano w homogenatach z roślin rosnących w polu. Materiał do oznaczeń pobierano w dwu fazach dojrzałości. Należy przypuszczać, że korelacja pomiędzy intensywnością fotosyntezy i aktywnością enzymów będzie jeszcze ściślejsza, jeśli doświadczenie będzie przeprowadzone na tym samym materiale roślinnym.

Tabela 3

*Współzależność pomiędzy intensywnością fotosyntezy i aktywnością fosfataz w roślinach soi odm. Wayne rosnącej na pożywce o różnej koncentracji azotu*

Kombinacja	Intensywność fotosyntezy mg CO <sub>2</sub> g św. m. godz. <sup>-1</sup>	Aktywność fosfataz μM Pi g św. m. min. <sup>-1</sup>	
		P-glikolanowej	P-glicerynianowej
I 14 ppm N	10,5	4,2	5,6
II 49 ppm N	11,7	6,1	4,6
III 210 ppm N	19,5	8,1	2,5
IV 420 ppm N	18,1	8,5	3,2

Pomiary intensywności fotosyntezy i aktywności enzymów przeprowadzano na tych samych liściach.

Pomiary fotosyntezy przeprowadzano w zakresie 318—357 ppm CO<sub>2</sub>

W badaniach własnych, w doświadczeniach z odmianą Wayne rosnącą w kulturach wodnych przy różnym stężeniu azotu w pożywce uzyskano potwierdzenie wyników Randała (tab. 3). Przedstawione wyniki wskazują, że wraz ze wzrostem intensywności fotosyntezy wzrastała aktywność fosfatazy fosfoglikolanowej. Aktywność fosfatazy fosfoglicerynianowej była negatywnie skorelowana z intensywnością fotosyntezy.

W doświadczeniu odmianowym, przeprowadzonym również w kulturach wodnych, takiej zależności nie stwierdzono (tab. 4). Podczas, gdy intensywność fotosyntezy zmieniała się dość wyraźnie (od 16 do 23 mg CO<sub>2</sub> na dm<sup>2</sup> na godz.), aktywność fosfatazy fosfoglikolanowej ulegała tylko niewielkim wahaniom.

Tabela 4

Współzależność pomiędzy intensywnością fotosyntezy i aktywnością fosfataz w poszczególnych odmianach soi

Odmiana	Fotosynteza mg CO <sub>2</sub> dm <sup>-2</sup> godz. <sup>-1</sup>	Aktywność fosfataz μM Pi na g św. m. min <sup>-1</sup>	
		P-glikolainowej	P-glicerynianowej
Grant	23	11,9	11,4
Manchu	19	12,0	5,0
Disoy	19	10,3	3,7
A-100	16	11,0	6,6
Blackhawk	16	11,5	9,2

Intensywność fotosyntezy wg Curtis, Ogren, Hageman, Crop Sci., 1969, 9, 323.

Wystąpiły wyraźne różnice międzyodmianowe w aktywności fosfatazy fosfoglicerynianowej; nie są one jednak skorelowane z intensywnością fotosyntezy. W ocenie tych wyników należy wziąć jednak pod uwagę fakt, że pomiar intensywności fotosyntezy (dane wg Curtis i inni) został przeprowadzony na innym materiale roślinnym.

Tolbert i inni (9) postulują, że fosfataza fosfoglikolanowa może być negatywnie skorelowana z intensywnością fotosyntezy.

Odwrotne, w zestawieniu z Tolbertem, stwierdzenie Randala i w pewnym stopniu wyniki badań własnych sugerują konieczność dalszych badań, które winny dostarczyć bardziej wnikliwych informacji na ten temat.

#### Intensywność fotosyntezy a aktywność enzymu karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy

Pewne gatunki roślin, wśród nich soja, wymagają obecności 1,5-dwufosforanu rybulozy i enzymu karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy do wiązania dwutlenku węgla. Nasunęło to przypuszczenie, że różnice w tempie asymilacji CO<sub>2</sub> obserwowane przez Curtis i innych (4) mogą być powodowane przez ilość lub jakość karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy obecnej w tych genotypach.

Wstępne badania z sześcioma odmianami soi (dwoma o wysokiej zdolności do wiązania dwutlenku węgla, dwoma o średniej i dwoma o niskiej) nie wykazywały znacznych różnic w poziomach aktywności karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy. Pomiar aktywności enzymu przeprowadzono w standardowych warunkach światła i temperatury.

Wydawało się jednak celowe podjęcie dalszych badań mogących dać odpowiedź czy karboksylaza 1,5-dwufosforanu rybulozy reguluje asymilację dwutlenku węgla. Pierwszym etapem było prześledzenie zmian w aktywności karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy między poszczególnymi odmianami soi. Doświadczenie przeprowadzono w kulturach wodnych w warunkach kontrolowanych (światło, wilgotność, temperatura); pomiary przeprowadzono na środkowej blaszce pierwszego liścia trójdzielnego w 21 dni po przesadzeniu siewek do kultur wodnych (nasiona kiełkowały w wermikulicie).

Wyniki przedstawionego doświadczenia miały dać również odpowiedź — czy oznaczenie aktywności enzymu może zastąpić bardziej pracochłonną metodę pomiaru intensywności fotosyntezy w ocenie zdolności plonowania poszczególnych odmian, co ułatwiłoby selekcję i rozwój odmian wartościowych.

Spośród przebadanych 150 odmian w tabeli 5 przedstawiono wyniki tylko tej części, którą można było porównać pod względem intensywności fotosyntezy. Pomiary fotosyntezy przeprowadził uprzednio Curtis i inni (4).

Tabela 5

Współzależność pomiędzy intensywnością fotosyntezy i aktywnością karboksylazy RuDP w liściach różnych odmian soi

Odmiana	Fotosynteza mg CO <sub>2</sub> · dm <sup>-2</sup> godz. <sup>-1</sup>	Aktywność karboksylazy RuDP	
		μM CO <sub>2</sub> na g św. m. min <sup>-1</sup>	μM CO <sub>2</sub> · dm <sup>-2</sup> min. <sup>-1</sup>
Richland	24	6,8	13,0
Grant	23	7,1	12,5
Amsoy	23	6,2	11,3
Harosoy 63	22	8,6	13,3
Lindarin 63	21	9,8	19,0
Hark	21	8,1	23,4
Kent	20	9,9	16,9
Clark 63	20	12,1	22,7
Disoy	19	7,5	14,9
Corsoy	18	9,5	15,2
Wayne	18	5,6	9,9
Blackhawk	16	7,2	12,8
Adams	16	6,0	8,5
Peking	15	7,0	16,2
Mukden	14	6,2	11,9
Seneca	14	10,6	18,4
Hawkeye 63	14	6,5	11,3
Patterson	12	6,1	11,8

Widać wyraźnie, że odmiany o niskiej i wysokiej aktywności fotosyntetycznej nie wykazywały różnic w aktywności badanego enzymu, przynajmniej nie w takim stopniu, który pozwalałby na wyciągnięcie miarodajnych wniosków.

Wyniki te potwierdziły wyżej omówione wnioski wstępnych badań Curtisa (4).

W następnych doświadczeniach pomiary zarówno intensywności fotosyntezy, jak i aktywności enzymu zostały przeprowadzone na tej samej blaszce liściowej (tab. 6). Przedstawione dane wskazują na występowanie korelacji pomiędzy intensywnością fotosyntezy, a aktywnością enzymu u badanych odmian. Ze względu na małą liczbę przebadanych odmian prace te należałoby kontynuować.

Tabela 6

*Tempo fotosyntezy i aktywność karboksylazy RuDP poszczególnych odmian soi*

Odmiana	Fotosynteza		Karboksylaza RuDP	
	$\mu\text{M CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{godz.}^{-1}$	$\text{mg CO}_2 \text{ g} \text{ św. m.} \cdot \text{godz.}^{-1}$	$\mu\text{M CO}_2 \text{ g. św. m.} \cdot \text{min.}^{-1}$	$\text{mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{min.}^{-1}$
Honkong	22,9	45,6	12,1	21,6
Kent	21,4	42,0	9,9	16,9
Harosoy 63	17,1	42,1	8,6	13,3
Corsoy	16,0	39,1	9,1	18,9
Illini	15,5	40,5	7,4	12,5

Pomiary obu procesów przeprowadzano na środkowej blaszce pierwszego liścia trójdzielnego tych samych roślin.

Pomiar fotosyntezy przeprowadzano w zakresie 318—357 ppm CO<sub>2</sub>

Bjorkman (1, 2) wykazał, że rośliny eksponowane na pełne światło słoneczne mają wyższą aktywność karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy niż rośliny rosnące w cieniu. Stwierdził on ponadto występowanie pozytywnej korelacji pomiędzy aktywnością enzymu, a intensywnością fotosyntezy. Wstępne doświadczenie, w którym rośliny soi rosły w ciągu dwóch tygodni w warunkach różnej intensywności światła wykazały, że wzrost intensywności światła zwiększa aktywność enzymatyczną.

Bowes i Ogren (3) po zmierzeniu tempa fotosyntezy przy różnych intensywnościach światła przeprowadzili również pomiar aktywności karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy (tab. 7). Obydwa pomiary przeprowadzono na tych samych blaszkach liściowych.

Wyniki tych doświadczeń wykazały, że w wypadku roślin rosnących w kamerach wzrostowych aktywność karboksylazy 1,5-RuDP była wyraźnie skorelowana z tempem fotosyntezy. Natomiast w przypadku roślin rosnących w polu tempo fotosyntezy roślin ocienionych spadło znacznie bardziej niż aktywność karboksylazy.

Tabela 7

Wpływ intensywności światła podczas wzrostu roślin na tempo fotosyntezy netto, aktywność karboksylazy RuDP i ciężar właściwy liści soi odm. Wayne

Maksimum intensywności światła podczas wzrostu (świec stopowych)	Fotosynteza netto (mg CO <sub>2</sub> ) dm <sup>-2</sup> godz <sup>-1</sup> )	Aktywność karboksylazy RuDP (mg CO <sub>2</sub> · dm <sup>-2</sup> godz. <sup>-1</sup> )	Ciężar właściwy (g dm <sup>-2</sup> )
Rośliny rosnące w polu			
14,000	43,1	28,1	2,01
9,600	42,7	29,1	1,71
6,900	35,7	23,1	1,56
3,800	29,9	24,6	1,27
Rośliny rosnące w komorach wzrostowych			
2,700	25,7	22,3	2,11
1,900	24,4	18,8	1,75
390	5,3	2,0	0,69
90	1,1	1,2	0,67

Według Bowes i Ogren, w druku

Ponieważ lepsze zaopatrzenie roślin w azot zwiększa na ogół intensywność fotosyntezy, wydawało się interesujące zbadać, jak poziom żywienia azotem oddziałuje na aktywność enzymu karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy i prześledzić współzależność pomiędzy intensywnością fotosyntezy, a aktywnością tego enzymu.

W tym celu przeprowadzono doświadczenie w kulturach wodnych, w którym stosowano różne stężenie azotu w pożywce. Obiektem badań była soja odm. Wayne. Podobnie jak w doświadczeniu odmianowym rośliny rosły w kamerach wzrostowych w warunkach kontrolowanych.

Pomiary intensywności fotosyntezy wskazują na występowanie pozytywnej korelacji pomiędzy stężeniem azotu w pożywce, a intensywnością tego procesu (tab. 8). Różnice w intensywności fotosyntezy roślin poszczególnych kombinacji wzrastały w miarę upływu czasu od zróżnicowania poziomów azotu i w 26 dni po wprowadzeniu zróżnicowania intensywność fotosyntezy w pełni wykształconych liści roślin dobrze zaopatrzonych w azot przewyższała prawie dwukrotnie intensywność fotosyntezy roślin rosnących przy niedoborze tego pierwiastka.

Podobnie wyniki badań nad aktywnością karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy wykazały silną redukcję tej aktywności w warunkach nie-



doboru azotu w pożywce (tab. 8); aktywność enzymu wzrastała wraz ze wzrostem koncentracji azotu w pożywce. Wyniki te sugerują, że spadek intensywności fotosyntezy przy niedoborze azotu może być spowodowany przez zredukowanie wydajności reakcji karboksylacji. Przedstawione w tabeli wyniki wskazują jednakże na znacznie silniejsze oddziaływanie azotu na aktywność enzymu niż na intensywność fotosyntezy.

Tabela 8

Wpływ stopnia zaopatrzenia w azot na intensywność fotosyntezy i aktywność enzymu karboksylazy RuDP liści soi odm. Wayne

Kombinacja	Fotosynteza mg CO <sub>2</sub>		Karboksylaza RuDP μM CO <sub>2</sub>	
	g św. m. godz. <sup>-1</sup>	dm <sup>-2</sup> godz. <sup>-1</sup>	g św. m. min. <sup>-1</sup>	dm <sup>-2</sup> min. <sup>-1</sup>

18 dni po zróżnicowaniu koncentracji N w pożywce

I 14 ppm N	14,9	25,3	2,9	4,5
II 49 ppm N	14,1	30,5	4,6	8,7
III 210 ppm N	18,0	38,7	6,6	13,3
IV 420 ppm N	13,5	31,6	7,3	15,3

26 dni po zróżnicowaniu koncentracji N w pożywce

I jak wyżej	8,3	16,3	2,9	5,4
II „	13,2	25,9	4,1	7,7
III „	17,8	25,9	4,1	13,2
IV „	17,9	34,3	7,9	13,5

Pomiar fotosyntezy przeprowadzano w zakresie 318—357 ppm CO<sub>2</sub>

Godny uwagi jest fakt, że wpływ azotu na te procesy był odwrotny niż omówiony wyżej wpływ ocienienia.

W oparciu o wyniki badań własnych i danych z literatury nasuwa się przypuszczenie, że obok enzymu karboksylacji również inne czynniki mogą wywierać wpływ na intensywność fotosyntezy.

Wpływ azotu na aktywność karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy i intensywność fotosyntezy badał również Medina. W doświadczeniach z *Atriplex patula* (tab. 9) wykazał on występowanie bardzo silnej reakcji zarówno enzymu, jak i intensywności fotosyntezy na stopień zaopatrzenia w azot.

Omówione badania pozwalają wyciągnąć wniosek, że poziom aktywności karboksylazy 1,5-dwufosforanu rybulozy może ulegać zmianom pod wpływem warunków środowiska i, że zmiany te są w dużym stopniu skorelowane z intensywnością fotosyntezy. W warunkach naturalnych zatem.

Tabela 9

Aktywność karboksylazy RuDP w liściach *Atriplex patula* roślin normalnych i cierpiących na niedobór azotu (7)

Pożywka (100% = 33 mM NO <sub>3</sub> )	Aktywność karboksylazy RuDP przy 30°C (μM CO <sub>2</sub> min <sup>-1</sup> )		
	na g św. m.	na dm <sup>-2</sup>	na mg protein
100%	12,50	32,72	0,793
3%	2,91	6,54	0,261

zdolność fotosyntetyczna może być często ograniczana przez niedobór azotu poprzez jego wpływ na poziom enzymu karboksylacji.

Brak lub niewielkie różnice odmianowe w aktywności enzymu mimo różnej ich intensywności fotosyntetycznej są trudne do wytłumaczenia.

Dyskutowane w tej pracy wyniki jasno wskazują, że nie można na podstawie badań dotychczasowych definitywnie odpowiedzieć czy oznaczenie aktywności enzymu pozwoli zastąpić pracochłonny pomiar fotosyntezy w ocenie materiału roślinnego do selekcji.

Wyniki dyskutowanych badań własnych pochodzą z doświadczeń przeprowadzonych w Departamencie Fizjologii Roślin Wydziału Rolniczego Uniwersytetu Illinois, Urbana, Ill. USA i będą publikowane w dwu częściach w *Crop Science* w 1973 r.

#### LITERATURA

1. Björkman O.: cyt. Bowes G., Ogren W. L., w druku.
2. Björkman O., Gauhl E.: Carboxydismutase activity in plants with and without B-carboxylation photosynthesis. *Planta*, t. 88, s. 197, 1969.
3. Bowes G., Ogren W. L.: Light saturation, photosynthesis rate, RuDP carboxylase activity, and leaf density thickness in soybeans grown under different light intensities, w druku.
4. Curtis P. E., Ogren W. L., Hageman R. H.: Varietal effects in soybean photosynthesis and photorespiration. *Crop Sci.*, t. 9, s. 323, 1969.
5. Hageman R. H., Leng E. R., Duellley J. W.: A biochemical approach to corn breeding. *Advances in Agronomy*, t. 19, s. 45, 1967.
6. Johnston T. J.: Field studies in light relationship as affecting seed yields and photosynthesis of individual leaves within canopies of soybeans. Praca doktorska, University of Illinois, USA., 1968.
7. Medina E.: Relationship between nitrogen level, photosynthetic capacity, and carboxydismutase activity in *Atriplex patula* leaves. *Yb. Carnegie Inst. Wash.*, t. 69, s. 655, 1969.
8. Singh M.: Net radiation, visible radiation, apparent photosynthesis and evapotranspiration in soybean canopies. Praca doktorska. University of Illinois, USA., 1966.
9. Tolbert N. E.: Peroxisomes from spinach leaves containing enzymes related to glycolate metabolism. *J.B.C.*, t. 243, s. 5179, 1968.