ACTA AGROBOTANICA
Vol. XXVIII, z. 2, 1975

Utilisation de l'énergie solaire dans la productivité photosynthétique au cours de quatre phases vegetatives de differentes variétés du *Triticum durum*

W. NOWAKOWSKI, E. KONOPKO, G. LUBAŃSKA

Institut d'Amélioration et d'Acclimatation des Plantes à Radzików s/Varsovie *

(Reçu: Août 19, 1974.)

W. Nowakowski, E. Konopko, G. Lubańska (Institute of Plants Breeding and Acclimatization, Radzików near Warsaw, Poland) *Acta Agrobotanica 28 (2): 197-204, 1975.*

Utilization of solar energy in photosynthesis during four vegetative phases of different varieties of Triticum durum

The utilization of solar energy in photosynthesis has been studied in 20 varieties of *Triticum durum* belonging to the 12 botanical forms found in the collection of The Institute of Plant Breeding and Acclimatization, Radzików n. Warsaw. We have found that the solar energy used in photosynthesis, expressed as % of the solar radiation ($cal \cdot cm^{-2}$) accumulated in the carbon of the dry matter per cm^2 of the aerial part of the different varieties of *T. durum* reaches the mean values of 2,23% to 3,80%.

INTRODUCTION

La croissance des plantes est déterminée par la vitesse de formation de la matière sèche par unité de surface assmilatrice. Cela peut-être un critère de l'activité photosynthétique des plantes (Strebeyko *et al.* 1963, 1965). Etant donné, que la culture du blé dur se répand de plus en plus au nord de l'Europe (Crignac 1962), il est intéressant d'examiner l'utilisation de l'énergie solaire dans la productivité photosynthétique des différentes varietés de *Triticum durum* se trouvant dans la collection de l'Institut d'Amélioration et d'Acclimatation des Plantes à Radzików s/Varsovie.

En effet, l'énergie solaire est un facteur déterminant le rendement des plantes.

* Adress des auteurs: Département de Biophysique et de Physiologie végétales, et Département de Collection des Plantes de l'Institut d'Amélioration et d'Acclimatation des Plantes à Radzików; 05-870 Błonie s/Varsovie, Pologne.

MÉTHODES

Nous avons étudié 20 variétés du *Triticum durum* appartenant aux 12 formes botaniques (Tab. 1). Le semis des graines (par la méthode point par point) a été fait le 3 IV 1973, sur les parcelles de 2 m^2, avec un écartement de 5 cm × 20 cm. Avant le semis, les engrais minéraux avaient été apporté aux doses suivantes: N 30 kg/ha, P_2O_5 80 kg/ha, K_2O 100 kg/ha. Le précédent cultural était le trèfle violet biannuel. Durant la végétation et pour chacune des phases suivantes (tallage, montaison, maturation laiteuse, maturation terminale) il a été prélévé 5 plantes de chaque variété. Dans chaque lot l'on a déterminé:

La surface assimilatrice et le poids sec de la partie aérienne.

Le poids sec par dessication à l'étuve 105°C du matériel frais.

La surface assimilatrice verte des limbes à l'aide du papier sensible à l'ammoniaque.

La surface assimilatrice des tiges et des épis par la méthode géometrique. La tige étant considéré comme un cylindre conique et l'épis comme 2 cylindres coniques. L'inconvenient de cette méthode est de ne pas considerer les barbes portées par les épis, mais nous l'avons choisie pour les raisons pratiques.

Nous avons calculé l'utilisation de l'énergie solaire dans la productivité photosynthétique à partir de la quantité totale d'énergie lumineuse du soleil reçue par les plantes. L'énergie lumineuse du soleil exprimée en cal · cm^{-2} a été mesuré à l'aide du solarimetre Kipp et Zonen (Nowakowski 1972). Nous avons admis que 50% de la matière sèche des plantes est constituée du carbone venant du gaz carbonique (Strebeyko *et al.* 1965). D'autre part, l'étude de la rentabilité des quanta dans la photosynthèse montre que pour l'assimilation de 1 g de carbone par les plantes il faut 40 Kcal (Strebeyko 1972). Donc, pour exprimer le pourcentage de l'énergie solaire utilisée dans la productivité photosynthétique nous pouvons faire le raisonnement suivant:

40 000 cal pour 1 g du C
× „ „ 0,04 g du C (50% de la matière sèche formée — Tab. 2).
× = 1600 cal.

Étant donné que 0,04 ge de C a été formé par une surface assimilatrice moyenne égale à 12,5 cm^2 (Tab. 2), la quantité d'énergie solaire utilisée par cm^2 de surface assimilatrice sera: 1600 cal : 12,5 cm^2 = 128,0 cal · cm^{-2}.

Comme l'énergie solaire totale mesurée à l'aide du solarimetre pour la phase végétative citée est de 7312 cal · cm^{-2} (Tab. 2), le pourcentage de l'énergie solaire utilisée dans la productivité photosynthétique est de

Tableau 1

Nom des variétés étudiées du *Triticum durum* et dates de prélévement des lots dans les phases végétatives successives

Nº des variétés	Forme botanique	Nom	Semis	Dates de prélévement des lots					
				levée	tallage	montaison	épiaison	maturation	
								laiteuse	terminale
1	*f. hordeiforme*	Adur	3 IV	26 IV	16 V	31 V	22 VI	14 VII	9 VII
2	„	Hordeiforme 10	„	„	„	28 V	„	„	2 VIII
3	„	Hordeiforme 432	„	„	„	31 V	„	„	9 VIII
4	„	Kubanka	„	„	„	„	„	„	9 VIII
5	„	Leeds	„	24 IV	„	„	„	7 VII	31 VII
6	„	Monad	„	26 IV	„	28 V	15 VI	„	3 VIII
7	„	Steward 63	„	„	„	„	22 VI	„	9 VIII
8	„	Wells	„	30 IV	„	31 V	„	14 VII	6 VIII
9	*f. melanopus*	Hubice 47/3	3 IV	24 IV	16 V	28 V	22 V	7 VII	3 VIII
10	„	Hubice 47/361	„	26 IV	„	31 V	15 IV	14 VII	9 VIII
11	„	T. durum	„	27 IV	„	„	22 VI	7 VII	„
12	„	Marrocos 16	„	26 IV	„	28 V	„	„	„
13	„	Pabellon 67	„	25 IV	„	„	15 IV	„	3 VIII
14	*f. affinae*	Azizian	3 IV	25 IV	16 V	31 V	22 VI	14 VII	3 VIII
15	*f. coerulescens*	Karkazska	„	26 IV	„	28 V	„	„	2 VIII
16	*f. lybicum*	Medeahx Kahla	„	„	„	31 V	„	„	3 VIII
17	*f. muriciense*	Mindum	„	„	„	28 V	„	„	9 VIII
18	*f. africanum*	Sebei 7	„	„	„	„	15 VI	7 VII	2 VIII
19	*f. affinae*	Sorentino	„	„	„	„	22 VI	„	9 VIII
20	*f. reichenbachie*	Termes Preto	„	„	„	„	28 VI	14 VII	9 VIII

$$\times = \frac{128{,}0 \times 100}{7312}; \quad \times = 1{,}75\% \text{ (Tab. 4).}$$

La surface assimilatrice moyenne (Tab. 2 et 3) pour chaque phase végétative a été calculée de la façon suivante: $\frac{S_1 + S_2}{2}$, oú S_1 = la surface assimilatrice à la fin de la phase végétative donnée, et S_2 = la surface assimilatrice à la fin de la phase végétative suivante (Strebeyko *et al.* 1963).

Tableau 2

Formation de la matière sèche et développement de la surface assimilatrice de la partie aérienne de 20 variétés du *Triticum durum*

Nodes variétés	De la levée au tallage			Du tallage à la montaison		
	poids sec g/plante	surface assimilatrice moyenne cm²/plante	quantitè d'énergie solaire cal·cm⁻²	poids sec g/plante	surface assimilatrice moyenne cm²/plante	quantitè d'énergie solaire cal·cm⁻²
1	0,08	12,5	7312	0,59	72,5	7226
2	0,10	14,0	„	0,43	56,0	5312
3	0,09	11,5	„	0,63	83,5	7226
4	0,08	9,5	„	0,41	56,0	„
5	0,09	10,0	7945	0,44	55,0	„
6	0,12	13,0	7312	0,45	71,5	5212
7	0,11	11,0	„	0,44	68,5	„
8	0,09	11,5	5648	0,34	50,0	7226
9	0,07	8,5	7945	0,31	46,0	5312
10	0,11	12,0	7312	0,65	71,0	7226
11	0,09	10,0	6926	0,53	66,0	„
12	0,11	12,5	7312	0,37	57,0	5312
13	0,07	7,0	7648	0,37	44,5	„
14	0,12	15,0	7648	0,94	107,0	7226
15	0,07	8,0	7312	0,27	46,5	5312
16	0,07	8,5	„	0,53	58,0	7226
17	0,12	16,5	„	0,20	56,0	5312
18	0,12	13,0	„	0,55	81,0	„
19	0,10	13,0	„	0,24	70,5	„
20	0,09	8,0	„	0,16	43,0	„

Les valeurs de poids sec (Tab. 2 et 3) qui répresente la formation de matière sèche pour chaque phase végétative du blé étudié, ont été exprimé comme la difference de mesure du poids sec entre les deux phases qui se suivent.

Tableau 3

Formation de la matière sèche et développement de la surface assimilatrice de la partie aérienne de 20 variétés du *Triticum durum*

N° des variétés	De la montaison à l'épiaison			De l'épiaison à la maturation laiteuse		
	poids sec g plante	surface assimilatrice moyenne cm²/plante	quantité d'énergie solaire cal · cm⁻²	poids sec g/plante	surface assimilatrice moyenne cm²/plante	quantité d'énergie solaire cal · cm⁻²
1	6,17	342,5	9946	2,78	506,5	11869
2	4,53	229,5	11860	5,52	361,0	„
3	6,18	324,0	9946	2,41	453,5	„
4	3,60	189,5	„	8,04	326,0	„
5	2,63	122,0	„	4,70	192,5	8565
6	3,17	174,5	9259	3,68	204,0	11216
7	3,31	174,0	11860	1,31	213,5	8565
8	3,56	142,5	9946	7,58	260,0	11869
9	2,88	175,0	11860	6,38	283,0	8565
10	2,61	178,0	7345	7,36	175,5	14520
11	3,88	167,0	9946	3,85	233,0	8565
12	3,83	145,0	11860	3,32	267,5	„
13	2,18	145,0	9259	3,68	190,0	11216
14	4,21	271,5	9946	9,46	366,0	11869
15	3,22	149,0	11860	5,57	218,5	„
16	3,49	153,0	9946	8,70	255,0	„
17	2,62	149,0	11860	9,77	277,0	„
18	3,66	198,0	9259	5,75	286,5	11216
19	3,62	202,5	11860	3,50	250,5	8565
20	8,24	232,5	15574	3,37	348,0	8155

RÉSULTATS ET DISCUSSION

D'après les tableaux 2 et 3 nous constatons que la formation de la matière sèche de la partie aérienne des différentes variétés de blé dur atteint les valeurs suivantes: de la levèe au tallage elle varie de 0,07 g à 0,12 g/plante; du tallage à la montaison — de 0,16 g à 0,94 g/plante. De la montaison à l'épiaison de 2,18 g à 8,24 g/plante, et de l'épiaison à la maturation laiteuse de 1,31 g à 9,77 g/plante (Tab. 2 et 3). Parmis les variétés étudiées nous constatons que des variétés de la forme botanique hordeiforme sont plus productives que celles de la forme botanique melanopus. En effect, les 8 variétés appartenant au premier groupe ont une surface assimilatrice moyenne plus élevée que les 5 variétés de la forme melanopus (Tab. 1, 2, 3). D'autre part, leurs rendements terminaux sont aussi meilleurs (Tab. 4).

Tableau 4

Rendement et utilisation de l'énergie solaire dans la productivité photosynthétique au course de quatre phases végétatives de 20 variétés du *Triticum durum*

No des variétés	% d'énergie solaire dans la productivité photosynthétique				Caractéristique du rendement (en g) à la maturation terminal			
	levée--tallage	tallage--montaison	montaison--épiaison	épiaison--maturation laiteuse	poids sec de la partie aérienne/plante	poids sec des grains/plante	poids sec de la paile/plante	poids sec des 1000 grains
1	1,75	2,25	3,62	0,92	31,1	8,5	22,6	44,0
2	1,95	2,89	3,33	3,06	23,7	8,1	15,6	40,0
3	2,14	2,09	0,89	0,89	28,5	8,8	19,7	35,7
4	2,30	2,03	3,16	4,16	24,0	9,3	14,7	47,5
5	2,27	2,21	4,33	5,70	16,3	4,7	11,3	38,0
6	2,52	2,37	3,92	3,37	14,8	5,3	9,5	51,5
7	2,74	2,42	2,19	1,43	15,5	5,5	10,0	41,2
8	2,77	1,88	5,02	4,91	28,8	10,1	18,7	35,5
9	2,07	2,54	2,78	3,53	18,2	5,6	12,6	38,0
10	2,50	2,53	3,98	5,78	17,3	5,9	11,4	37,6
11	2,59	2,22	4,67	3,86	15,0	3,8	11,2	51,0
12	2,41	2,44	4,45	2,89	20,5	6,5	14,0	51,5
13	2,61	3,13	3,25	3,45	13,4	4,6	8,8	28,0
14	2,09	2,43	3,12	4,36	27,8	7,5	20,3	44,0
15	2,39	2,15	3,64	4,29	21,8	5,8	16,0	41,5
16	2,25	2,53	4,59	5,75	21,2	8,1	13,1	40,5
17	1,95	1,34	2,96	5,94	16,4	5,4	11,0	38,2
18	2,52	2,56	3,99	3,47	16,8	6,3	10,5	48,7
19	2,10	1,28	3,01	3,49	20,8	7,3	13,5	45,2
20	3,08	1,40	4,55	2,37	24,8	8,7	16,1	36,5
Moyenne	2,35	2,23	3,80	3,68	20,8	6,6	14,0	41,7

Utilisation de l'énergie solaire dans la productivité photosynthétique, exprimée en % du rayonnement solaire accumulé dans le carbone de la matière sèche par cm² de surface de la partie aérienne des différentes variétés de *T. durum* atteint les valeurs moyennes de 2,23% pour tallage--montaison à 3,80% pour montaison-épiaison (Tab. 4). En général, il est admis que les plantes cultivées utilisent 1% d'énergie solaire dans le processus photosynthétique (Demolon 1965; Strebeyko 1972), Maksimov N. A., cité par Strebeyko (1965), a observé une utilisation de 3,6% d'énergie solaire dans la photosynthese du blé tendre. D'après Kamiński (1970) la culture de seigle au cours sa végétation utilise 2,34% de l'énergie solaire dans la productivité photosynthétique.

Des travaux plus récents indiquent que les plantes peuvent utiliser même 20% d'énergie solaire dans la photosynthèse, à condition que tous les facteurs limitants la production végétale soient optimaux (Thomas 1955), ce qui peut-être assuré au phytotron. L'interêt agronomique est de créer des variétés de plantes cultivées telles qu'elles puissent utiliser l'énergie solaire la plus grande possible pour avoir un rendement élevé.

LITERATURE

Crignac P., 1962, La culture du blé dur en France. Bulletin des C.E.T.A., No 788.

Demolon A., 1965, Fizyczne czynniki wzrostu i rozwoju oraz mikroklimat roślin uprawnych. PWRiL, p. 3-47.

Kamiński A., 1970, Absorption of solar radiation by a rye field (*Secale cereale* L.). Ekologia Polska 18 (10): 243-250.

Nowakowski W., 1972, Natężenie promieniowania słonecznego w r. 1970 r. mierzone solarymetrem Kippa w Zakładzie Biofizyki Roślin Uprawnych IHAR Radzików. Wiadomości Botaniczne 16(2): 115-120.

Strebeyko P., Krzywacka T., Madej L., 1963, Szybkość fotosyntezy i wzrostu pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L. ssp. *vulgare* MacKey). Hod. Roślin, Aklim. Nasien. 7(5): 475-479.

Strebeyko P., Góra B., Krzywacka T., Rosiek N., Wisłocka M., 1965, Some conclusions concerning a series of investigations on the dynamics of growth and development in cereals. Acta Soc. Bot. Pol. 34(4): 607-620.

Strebeyko P., 1972, Fotobiologia, PWN, Warszawa.

Thomas M. D., 1955, Effect of ecological factors on photosynthesis. Ann. Rev. Plant Physiol. 6: 135-156.

Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego w okresie czterech faz wegetacyjnych różnych odmian *Triticum durum*

Streszczenie

Badania nad wykorzystaniem energii promieniowania słonecznego w produktywności fotosyntezy prowadzono na 20 odmianach *Triticum durum* należących do 12 form botanicznych, znajdujących się w kolekcji Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie koło Warszawy.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wykorzystanie energii słonecznej w produktywności fotosyntezy, wyrażone w % promieniowania słonecznego ($cal \cdot cm^{-2}$), akumulowanego w węglu suchej masy na cm^2 powierzchni asymilacyjnej części nadziemnej, osiąga u badanych odmian *T. durum* wartości średnie od 2,23% do 3,80%.

Zakład Biofizyki i Fizjologii Roślin
i Zakład Centralnej Kolekcji Roślin
IHAR, Radzików, 05-870 Błonie k. Warszawy