

## **Wpływ nawożenia azotem na przebieg procesów fizjologicznych, indeks zieloności liści oraz plonowanie kupkówki pospolitej i życicy trwałej**

M. OLSZEWSKA

*Katedra Łąkarstwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

### **Effects of nitrogen fertilization on physiological processes, leaf greenness index and yields of orchard grass and perennial ryegrass**

**Abstract.** The rate of photosynthesis, rate of transpiration and leaf greenness index (Soil Plant Analysis Development) and yields of selected cultivars of orchard grass and perennial ryegrass, grown on mineral soil under conditions of differentiated nitrogen fertilization, were studied in a greenhouse experiment. The rates of photosynthesis and transpiration were measured with a LI-COR 6400 portable gas analyzer, and leaf greenness – with a SPAD 502 optical chlorophyll meter (Minolta). Dry matter yield was determined by drying the collected biomass at 105°C, to constant weight.

**Key words:** photosynthesis, transpiration, leaf greenness index (SPAD), nitrogen fertilization, perennial ryegrass, orchard grass, yielding

### **1. Wstęp**

Nawożenie roślin azotem pobudza procesy wzrostu, zwiększając tym samym krzewienie i powierzchnię asymilacyjną, a w efekcie produkcję fotosyntetyczną. Azot potrzebny jest do syntezy wielu ważnych związków niebiałkowych, takich jak: chlorofil, zasady purynowe i pirymidynowe, liczne nukleotydy, fosfolipidy, witaminy i fitohormony. Związki te są bezpośrednio zaangażowane w metabolizm roślin, w przebieg podstawowych procesów biochemicznych i fizjologicznych, jak wzrost, fotosynteza, oddychanie i inne. Oddziaływanie azotu na przebieg procesu fotosyntezy i jego wydajność ma podstawowe znaczenie w kształtowaniu plonu roślin (WOJCIESKA, 1994).

Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na intensywność fotosyntezy i transpiracji, indeks zieloności liści (SPAD) oraz plonowanie wybranych odmian kupkówki pospolitej i życicy trwałej uprawianych na glebie mineralnej.

## 2. Materiał i metody

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w 2004 roku w szklarni UWM w Olsztynie. Do badań użyto wazonów typu Kick-Brauckmanna, które napełniono glebą mineralną zawierającą 1,48% substancji organicznej. Zawartość przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu w 1 kg gleby wynosiła 65 mg P; 123 mg K; 35 mg Mg, a odczyn gleby w 1 mol KCL dm<sup>-3</sup> wynosił 5,8. Doświadczenie przeprowadzono w 4 powtórzeniach. W każdym wazonie wysiano w 10 punktach po 2-3 nasiona traw i bezpośrednio po wschodach przzerwano, pozostawiając 7 roślin w wazonie. Badaniami objęto dwie odmiany kupkówki pospolitej (tetraploidalna – Dala, diploidalna – Areda) i dwie odmiany życicy trwałej (tetraploidalna – Maja, diploidalna – Argona). Odmiany traw porównywano na tle zróżnicowanego nawożenia azotem. Azot stosowano w ilości  $N_0=0$ ;  $N_1=0,3$  i  $N_2=0,6$  g wazon<sup>-1</sup> w trzech równych dawkach: przedsiwnie, po pierwszym i po drugim ścięciu roślin. Nawożenie P, K i Mg stosowano jednorazowo, przedsiwnie w ilości: 0,25 g P, 1,00 g K i 0,25 g Mg na wazon. Odpowiednie uwilgotnienie gleby na poziomie 70% ppw utrzymywano przez codzienne uzupełnianie ubytków wody do określonej masy wazonu z glebą. W okresie wegetacji dokonywano pomiarów intensywności fotosyntezy i transpiracji za pomocą przenośnego urządzenia do pomiaru parametrów wymiany gazowej Li-Cor 6400 oraz indeksu zieloności liści za pomocą ręcznego chlorofilometru SPAD-502. Pomiary intensywności fotosyntezy i transpiracji oraz indeksu zieloności liści wykonywano na najmłodszym w pełni rozwiniętym liściu pędów losowo wybranych z każdego obiektu. W każdym odroście wykonano po 4 pomiary, a odczytów dokonywano w odstępach tygodniowych. Rośliny koszone trzy razy w ciągu sezonu wegetacyjnego. Zebraną biomasa ważono i w celu określenia plonu suchej masy suszono w temp. 105 °C do stałej wagi. Wyniki badań opracowano statystycznie, używając programu komputerowego STATISTICA 6.0.

## 3. Wyniki i dyskusja

Azot jest pierwiastkiem, który silnie oddziałuje na przebieg procesu fotosyntezy w roślinach. Uzyskane wyniki wskazują na duży wpływ nawożenia azotem na intensywność fotosyntezy w liściach badanych odmian kupkówki pospolitej i życicy trwałej (Tabela 1). Nawożenie azotem spowodowało, że w odniesieniu do wazonów kontrolnych intensywność fotosyntezy zwiększyła się średnio o 20% przy dawce  $N_1$  i o 33% przy dawce  $N_2$ . Pozytywny wpływ nawożenia azotem na intensywność fotosyntezy był bardziej wyraźny u odmian tetraploidalnych niż diploidalnych. U odmiany Dala intensywność fotosyntezy wzrosła o 14% (dawka  $N_1$ ) i 41% (dawka  $N_2$ ), zaś u odmiany Maja odpowiednio o 21 i 41%. Słabiej na nawożenie azotem reagowały odmiany diploidalne i tak u odmiany Areda fotosynteza wzrosła o 23 i 21%, a u odmiany Argona o 22 i 28%. Śledząc przebieg procesu fotosyntezy w poszczególnych odrostach, stwierdzono, że rośliny najsilniej asymilowały CO<sub>2</sub> w pierwszym odroście, wraz z kolejnymi odrostami ilość przyswajalnego dwutlenku węgla była coraz mniejsza. Natomiast największą reakcję na nawożenie azotem wykazywały rośliny w odroście drugim. Wyliczone

współczynniki zmienności wskazują na duże zróżnicowanie intensywności fotosyntezy w okresie wegetacji (Tabela 2). Proces fotosyntezy, choć determinowany jest genetycznie, ulega znacznym modyfikacjom pod wpływem czynników środowiska (WOJCIE-SKA-WYSKUPAJTYS, 1996). Do głównych czynników wpływających na szybkość fotosyntezy należą: struktura liścia i zawartość chlorofilu, nagromadzenie w chloroplaście produktów fotosyntezy, wpływ enzymów, zaopatrzenie w składniki mineralne, natężenie światła, temperatura, stężenie dwutlenku węgla i tlenu oraz dostępność wody. WYSZYŃSKI i wsp. (2002) w badaniach nad jęczmieniem browarnym udowodnili, że tylko w warunkach optymalnego zaopatrzenia w wodę nawożenie azotem znacząco modyfikuje fotosyntezę roślin.

Tabela 1. Intensywność fotosyntezy u kupkówki pospolitej i życicy trwałej w zależności od nawożenia azotem ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )

Table 1. Intensity of photosynthesis of orchard grass and perennial ryegrass in dependency on nitrogen fertilization ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )

Gatunek i odmiana Species and cultivars	Nawożenie N Fertilization N	I pokos 1 <sup>st</sup> cut	II pokos 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos 3 <sup>rd</sup> cut	Średnia Mean
<i>Dactylis glomerata</i> Areda	N <sub>0</sub>	13,92 *b	10,90 ab	8,11 d	10,98 ab
	N <sub>1</sub>	17,17 g	15,71 bc	7,70 c	13,53 cd
	N <sub>2</sub>	17,77 hi	14,33 bc	7,83 cd	13,31 cd
<i>Dactylis glomerata</i> Dala	N <sub>0</sub>	14,44 c	7,96 a	6,93 b	9,78 a
	N <sub>1</sub>	15,13 d	11,50 ab	6,79 b	11,14 ab
	N <sub>2</sub>	17,97 i	14,82 bc	8,65 e	13,81 cd
<i>Lolium perenne</i> Argona	N <sub>0</sub>	15,97 e	10,63 ab	5,82 a	10,81 ab
	N <sub>1</sub>	16,64 f	14,27 bc	8,60 e	13,17 cd
	N <sub>2</sub>	17,49 gh	15,45 bc	8,67 e	13,87 cd
<i>Lolium perenne</i> Maja	N <sub>0</sub>	12,63 a	10,55 ab	7,50 c	10,23 a
	N <sub>1</sub>	15,78 e	11,90 ab	9,59 f	12,42 b
	N <sub>2</sub>	15,78 e	17,68 c	9,84 f	14,43 d
Średnia dla odmiany – Mean for cultivars					
Areda		16,29 c	13,65 a	7,88 c	12,60 b
Dala		15,85 b	11,43 a	7,46 a	11,58 a
Argona		16,70 d	13,45 a	7,69 b	12,61 b
Maja		14,73 a	13,38 a	8,98 d	12,36 ab
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
N <sub>0</sub>		14,24 a	10,01 a	7,09 a	10,45 a
N <sub>1</sub>		16,18 b	13,34 b	8,17 b	12,56 b
N <sub>2</sub>		17,25 c	15,57 c	8,74 c	13,85 c

N<sub>0</sub> – kontrola – control, N<sub>1</sub> – 0,3 g wazon<sup>-1</sup> – pot<sup>-1</sup>, N<sub>2</sub> – 0,6 g wazon<sup>-1</sup> – pot<sup>-1</sup>

\* grupy jednorodnie – homogeneous group

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że najbardziej stabilnie fotosynteza przebiegała w odroście drugim (wartości współczynnika zmienności wynosiły od 4,6 do 22,09%), natomiast największe wahania w intensywności fotosyntezy wystąpiły w odroście trzecim, gdzie stwierdzono wysokie wartości współczynnika zmienności (od 21,46

Tabela 2. Zróżnicowanie intensywności fotosyntezy u kupkówki pospolitej i życicy trwałej w zależności od nawożenia azotem

Table 2. Varied intensity of photosynthesis of orchard grass and perennial ryegrass in dependency on nitrogen fertilization

Gatunek i odmiana Species and cultivars	Nawożenie N Fertilization N	Współczynnik zmienności (%) Variability coefficient (%)		
		I pokos 1 <sup>st</sup> cut	II pokos 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos 3 <sup>rd</sup> cut
<i>Dactylis glomerata</i> Areda	N <sub>0</sub>	35,42	19,22	46,23
	N <sub>1</sub>	16,83	17,34	42,04
	N <sub>2</sub>	15,31	8,58	21,46
<i>Dactylis glomerata</i> Dala	N <sub>0</sub>	20,82	22,09	62,77
	N <sub>1</sub>	14,47	14,07	32,40
	N <sub>2</sub>	11,19	13,02	23,23
<i>Lolium perenne</i> Argona	N <sub>0</sub>	31,12	20,18	37,95
	N <sub>1</sub>	28,79	17,09	28,72
	N <sub>2</sub>	8,63	12,14	24,57
<i>Lolium perenne</i> Maja	N <sub>0</sub>	26,90	13,45	58,00
	N <sub>1</sub>	19,07	12,89	47,56
	N <sub>2</sub>	15,08	4,6	41,18

do 62,77%). Wraz ze wzrostem dawki azotu malała zmienność przebiegu fotosyntezy, co świadczy o tym, że dobre zaopatrzenie roślin w azot stymuluje proces fotosyntezy. Stymulujący wpływ azotu na fotosyntezę potwierdzono u wszystkich analizowanych odmian i w każdym z trzech odrostów.

Pomiary transpiracji wody z jednostki powierzchni liści wykazały, że rośliny z obiektów kontrolnych i nawożonych dawką N<sub>1</sub> wyparowywały średnio podobne ilości wody (Tabela 3). Dopiero podwojenie dawki azotu spowodowało ograniczenie parowania z jednostki powierzchni liści. Spośród porównywanych odmian najwięcej wody wyparowywała odmiana kupkówki pospolitej Areda, pozostałe odmiany transpirowały podobnie. Najwięcej wody transpirowały rośliny w odroście drugim, natomiast znaczne ograniczenie stwierdzono w odroście trzecim. Transpiracja jest procesem zmiennym w czasie, o czym świadczą wysokie i zróżnicowane współczynniki zmienności (Tabela 4). Zaopatrzenie roślin w azot regulowało przebieg tego procesu i ograniczało zmienność pomiarów.

Jak donoszą UZIK i ZAJAJOVA (2000) oraz WOOD i wsp. (1992) zależność między zawartością azotu i chlorofilu w liściu jest bardzo ścisła gdy roślina zawiera optymalną lub niedostateczną ilość azotu. Natomiast zawartość chlorofilu nie wzrasta wraz z luksusowym stanem odżywienia roślin azotem (BLACKMER i SCHEPERS, 1994).

Przeprowadzone badania wskazują bardzo wyraźnie, że azot jest czynnikiem modyfikującym poziom chlorofilu w liściach testowanych roślin. Wartości indeksu zieloności liści SPAD wzrosły średnio o 25% przy dawce N<sub>1</sub> i o 34% przy dawce N<sub>2</sub> (Tabela 5). Badane gatunki traw podobnie reagowały na nawożenie azotem. W liściach odmian kupkówki pospolitej poziom chlorofilu zwiększył się o 24-27% (dawka N<sub>1</sub>) i o 32-34% (dawka N<sub>2</sub>), natomiast u odmian życicy trwałej odpowiednio o 23-25% i 34-35%.

Tabela 3. Intensywność transpiracji fotosyntezy u kupkówki pospolitej i życicy trwałej w zależności od nawożenia azotem ( $\text{m mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

Table 3. Intensity of transpiration of orchard grass and perennial ryegrass in dependency on nitrogen fertilization ( $\text{m mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

Gatunek i odmiana Species and cultivars	Nawożenie N Fertilization N	I pokos 1 <sup>st</sup> cut	II pokos 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos 3 <sup>rd</sup> cut	Średnia Mean
<i>Dactylis glomerata</i> Areda	N <sub>0</sub>	4,97 i	6,31 c	2,81 f	4,70 c
	N <sub>1</sub>	3,20 b	5,25 abc	3,27 h	3,91 b
	N <sub>2</sub>	4,97 i	3,95 ab	2,67 e	3,86 b
<i>Dactylis glomerata</i> Dala	N <sub>0</sub>	4,67 h	3,94 ab	2,43 cd	3,68 ab
	N <sub>1</sub>	4,33 f	4,98 abc	2,18 b	3,83 b
	N <sub>2</sub>	3,53 d	3,70 a	2,37 c	3,20 a
<i>Lolium perenne</i> Argona	N <sub>0</sub>	4,51 g	4,94 abc	2,51 d	3,99 b
	N <sub>1</sub>	4,22 e	4,90 abc	2,52 d	3,88 b
	N <sub>2</sub>	3,44 cd	5,23 abc	1,96 a	3,55 ab
<i>Lolium perenne</i> Maja	N <sub>0</sub>	3,05 a	5,67 bc	2,76 ef	3,82 b
	N <sub>1</sub>	3,37 c	4,58 abc	2,94 g	3,63 ab
	N <sub>2</sub>	3,12 ab	4,13 ab	2,39 c	3,21 a
Średnia dla odmian – Mean for cultivars					
Areda		4,38 d	5,17 c	2,92 c	4,16 b
Dala		4,18 c	4,21 a	2,33 a	3,57 a
Argona		4,06 b	5,02 ab	2,33 a	3,80 a
Maja		3,18 a	4,79 ab	2,69 b	3,55 a
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
N <sub>0</sub>		4,30 b	5,22 b	2,63 b	4,05 b
N <sub>1</sub>		3,78 a	4,93 b	2,73 b	3,81 b
N <sub>2</sub>		3,77 a	4,25 a	2,35 a	3,50 a

Tabela 4. Zróznicowanie intensywności transpiracji fotosyntezy u kupkówki pospolitej i życicy trwałej w zależności od nawożenia azotem

Table 4. Varied intensity of transpiration of orchard grass and perennial ryegrass in dependency on nitrogen fertilization

Gatunek i odmiana Species and cultivars	Nawożenie N Fertilization N	Współczynnik zmienności (%) – Variability coefficient (%)		
		I pokos 1 <sup>st</sup> cut	II pokos 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos 3 <sup>rd</sup> cut
<i>Dactylis glomerata</i> Areda	N <sub>0</sub>	36,25	61,97	60,50
	N <sub>1</sub>	31,79	50,29	44,04
	N <sub>2</sub>	37,63	49,37	28,08
<i>Dactylis glomerata</i> Dala	N <sub>0</sub>	48,50	60,64	87,61
	N <sub>1</sub>	40,51	32,70	87,76
	N <sub>2</sub>	22,70	25,13	30,86
<i>Lolium perenne</i> Argona	N <sub>0</sub>	42,35	48,56	75,70
	N <sub>1</sub>	30,10	46,15	65,70
	N <sub>2</sub>	32,56	37,14	73,47
<i>Lolium perenne</i> Maja	N <sub>0</sub>	51,15	55,02	65,94
	N <sub>1</sub>	27,30	30,35	65,65
	N <sub>2</sub>	32,70	36,10	48,95

Tabela 5. Indeks zieloności liści (SPAD) u kupkówki pospolitej i życicy trwałej w zależności od nawożenia azotem

Table 5. Leaf greenness index (SPAD) of orchard grass and perennial ryegrass in dependency on nitrogen fertilization

Gatunek i odmiana Species and cultivars	Nawożenie N Fertilization N	I pokos 1 <sup>st</sup> cut	II pokos 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos 3 <sup>rd</sup> cut	Średnia Mean
<i>Dactylis glomerata</i> Areda	N <sub>0</sub>	30,32 a	25,69 b	26,04 a	27,35 a
	N <sub>1</sub>	33,02 c	34,83 ef	36,34 ef	34,73 e
	N <sub>2</sub>	34,92 de	38,20 g	37,19 f	36,77 g
<i>Dactylis glomerata</i> Dala	N <sub>0</sub>	31,97 b	24,63 a	25,71 a	27,44 a
	N <sub>1</sub>	32,28 bc	34,04 e	35,95 e	34,09 d
	N <sub>2</sub>	35,36 e	38,67 g	34,48 d	36,14 f
<i>Lolium perenne</i> Argona	N <sub>0</sub>	32,59 bc	27,29 c	27,32 b	29,06 b
	N <sub>1</sub>	37,78 f	35,18 f	36,21 ef	36,39 fg
	N <sub>2</sub>	39,55 g	37,76 g	40,06 g	39,12 h
<i>Lolium perenne</i> Maja	N <sub>0</sub>	34,18 d	29,70 d	32,90 c	32,26 c
	N <sub>1</sub>	40,14 g	37,84 g	40,58 g	39,52 h
	N <sub>2</sub>	44,09 h	40,59 h	44,99 h	43,22 i
Średnia dla odmiany – Mean for cultivars					
Areda		32,75 a	32,91 b	33,19 b	32,95 b
Dala		33,20 a	32,45 a	32,05 a	32,56 a
Argona		36,64 b	33,41 c	34,53 c	34,86 c
Maja		39,47 c	36,04 d	39,49 d	38,33 d
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
N <sub>0</sub>		32,26 a	26,83 a	27,99 a	29,03 a
N <sub>1</sub>		35,80 b	35,74 b	34,27 b	36,18 b
N <sub>2</sub>		38,48 c	38,80 c	39,18 c	38,82 c

Tabela 6. Zróznicowanie indeksu zieloności liści u kupkówki pospolitej i życicy trwałej w zależności od nawożenia azotem

Table 6. Varied in the leaf greenness index of orchard grass and perennial ryegrass in dependency on nitrogen fertilization

Gatunek i odmiana Species and cultivars	Nawożenie N Fertilization N	Współczynnik zmienności (%) Variability coefficient (%)		
		I pokos 1 <sup>st</sup> cut	II pokos 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos 3 <sup>rd</sup> cut
<i>Dactylis glomerata</i> Areda	N <sub>0</sub>	15,72	8,18	10,25
	N <sub>1</sub>	11,94	3,93	6,99
	N <sub>2</sub>	8,15	3,46	2,04
<i>Dactylis glomerata</i> Dala	N <sub>0</sub>	14,71	4,18	9,06
	N <sub>1</sub>	13,07	3,82	6,32
	N <sub>2</sub>	12,44	3,31	3,58
<i>Lolium perenne</i> Argona	N <sub>0</sub>	10,39	5,39	7,65
	N <sub>1</sub>	4,45	5,06	1,91
	N <sub>2</sub>	2,30	4,66	1,90
<i>Lolium perenne</i> Maja	N <sub>0</sub>	6,37	7,30	8,72
	N <sub>1</sub>	2,72	5,84	5,91
	N <sub>2</sub>	1,87	2,91	2,71

Dodatni wpływ nawożenia azotem na koncentrację chlorofilu znajduje potwierdzenie w badaniach CIEŃKO i wsp. (2000), FOTYMY (2002), GÁBORČIKA (1996), MACHULA (2003), MURDOCK i wsp. (1997), UZIK i ZAJAHOVÉJ (2000), ZIELEWICZA (2005) oraz we wcześniejszych badaniach własnych (OLSZEWSKA, 2005). W przeprowadzonych badaniach więcej chlorofilu w liściach zawierały odmiany życicy trwałej, a najwięcej tego barwnika stwierdzono w liściach odmiany Maja (średnio 38,33 SPAD). Analizując uzyskane wyniki w poszczególnych odrostach, daje się zauważyć względnie stabilny poziom chlorofilu w ciągu całego okresu wegetacyjnego. Współczynniki zmienności dla tej cechy przybierały niskie wartości od 1,87 do 15,72%, jednak największą stałość odczytów SPAD stwierdzono w odroście drugim (Tabela 6). Nawożenie azotem sprawiło, że zmienność odczytów SPAD była mniej zróżnicowana, a poziom chlorofilu w liściach testowanych odmian bardziej stabilny. Malejącą zmienność odczytów SPAD pod wpływem nawożenia azotem stwierdzili również FOTYMA i BEZDUSZNIK (2000).

Nawożenie azotem korzystnie wpływało na plonowanie roślin, zwiększając plon suchej masy średnio o 94% w stosunku do dawki N<sub>1</sub> i o 125% w stosunku do dawki N<sub>2</sub> (Tabela 7). Odmiany życicy trwałej silniej reagowały na stosowany azot i u nich zwyżka

Tabela 7. Plon suchej masy u kupkówki pospolitej i życicy trwałej w zależności od nawożenia azotem (g wazon<sup>-1</sup>)

Table 7. Dry matter yield of orchard grass and perennial ryegrass in dependency on nitrogen fertilization (g pot<sup>-1</sup>)

Gatunek i odmiana Species and cultivars	Nawożenie N Fertilization N	I pokos 1 <sup>st</sup> cut	II pokos 2 <sup>nd</sup> cut	III pokos 3 <sup>rd</sup> cut	Razem Total
<i>Dactylis glomerata</i> Areda	N <sub>0</sub>	5,28 *a	3,30 a	3,28 b	11,85 a
	N <sub>1</sub>	6,10 b	6,13 d	7,48 c	19,70 c
	N <sub>2</sub>	6,98 c	7,33 e	8,43 de	22,73 d
<i>Dactylis glomerata</i> Dala	N <sub>0</sub>	6,50 bc	4,20 b	3,70 b	14,40 b
	N <sub>1</sub>	8,20 d	8,58 f	9,43 f	26,20 e
	N <sub>2</sub>	9,38 ef	9,48 g	8,78 ef	27,63 f
<i>Lolium perenne</i> Argona	N <sub>0</sub>	6,05 b	4,88 c	1,08 a	12,00 a
	N <sub>1</sub>	8,18 d	9,65 g	7,63 d	25,45 e
	N <sub>2</sub>	9,25 e	12,73 j	11,43 g	33,40 h
<i>Lolium perenne</i> Maja	N <sub>0</sub>	6,38 bc	4,85 bc	0,98 a	12,20 a
	N <sub>1</sub>	9,35 ef	10,50 h	6,88 c	26,73 ef
	N <sub>2</sub>	10,10 g	11,80 I	8,00 d	29,90 g
Średnia dla odmiany – Mean for cultivars					
Areda		6,12 a	5,58 a	6,39 b	18,09 a
Dala		8,03 b	7,42 b	7,30 c	22,74 b
Argona		7,83 b	9,08 c	6,71 b	23,62 c
Maja		8,61 c	9,05 c	5,28 a	22,94 b
Średnia dla nawożenia – Mean for fertilization					
	N <sub>0</sub>	6,05 a	4,31 a	2,56 a	12,61 a
	N <sub>1</sub>	7,96 b	8,71 b	7,85 b	24,52 b
	N <sub>2</sub>	8,93 c	10,33 c	9,16 c	28,41 c

plonu w porównaniu do obiektów kontrolnych była większa niż u odmian kupkówki pospolitej. Z analizowanych odmian najwyższą plonowała odmiana Argona życicy trwałej, a najniższą odmiana Areda kupkówki pospolitej. Odmiany tetraploidalne tych gatunków plonowały podobnie. W warunkach prowadzonych badań tylko odmiana Argona życicy trwałej wykazywała wysoce istotną dodatnią zależność między wszystkimi badanymi parametrami, u odmian tetraploidalnych Dali i Mai stwierdzono dodatni wpływ intensywności fotosyntezy na plon suchej masy oraz indeksu zieloności liści na intensywność fotosyntezy i plonowanie (Tabela 8). Natomiast pomiędzy intensywnością fotosyntezy a intensywnością transpiracji oraz intensywnością transpiracji a indeksem SPAD i plonem suchej masy nie stwierdzono istotnej zależności u odmiany Dala, zaś u odmiany Maja korelacja była ujemna. U odmiany Areda nie stwierdzono istotnego wpływu transpiracji na plonowanie i poziom chlorofilu w liściach. KAPOTIS i wsp. (2003) na podstawie badań z *Amaranthus vlitus* udowodnili ścisłą zależność liniową pomiędzy odczytami SPAD a fotosyntezą ( $R^2 = 0,9491$ ) oraz odczytami SPAD a transpiracją ( $R^2 = 0,9175$ ).

Tabela 8. Zależności między badanymi parametrami u kupkówki pospolitej i życicy trwałej  
Table 8. Relationships between examined parameters in the study of orchard grass and perennial ryegrass

Korelacja między – Correlation between	Arede	Dala	Argona	Maja
Intensywnością fotosyntezy a indeksem SPAD Intensity of photosynthesis and index SPAD	0,9622**	0,9150**	0,9961**	0,9952**
Indeksem SPAD a plonem suchej masy Index SPAD and dry matter yield	0,9936**	0,9847**	0,9924**	0,9832**
Intensywnością fotosyntezy a plonem suchej masy Intensity of photosynthesis and dry matter yield	0,9461**	0,8404**	0,9862**	0,9855**
Intensywnością fotosyntezy a intensywnością transpiracji Intensity of photosynthesis and intensity of transpiration	0,5206**	-0,0496	0,8758**	-0,9659**
Intensywnością transpiracji a indeksem SPAD Intensity of transpiration and index SPAD	0,2687	-0,5111	0,8908**	-0,9510**
Intensywnością transpiracji a plonem suchej masy Intensity of transpiration and dry matter yield	0,2024	-0,5617	0,8358**	-0,9890**

\*Korelacja istotna na poziomie  $\alpha = 0,05$  – correlation significant at the level  $\alpha = 0.05$

\*\*Korelacja istotna na poziomie  $\alpha = 0,01$  – correlation significant at the level  $\alpha = 0.01$

#### 4. Wnioski

- Nawożenie azotem istotnie zwiększa intensywność fotosyntezy, wartości indeksu SPAD i plonowanie badanych gatunków traw, ogranicza natomiast parowanie wody z jednostki powierzchni liści.



- Intensywność procesu fotosyntezy i transpiracji wykazuje dużą zmienność w okresie wegetacji, natomiast poziom chlorofilu w liściach jest względnie stabilny. Nawożenie azotem stabilizuje przebieg procesów fizjologicznych i poziom chlorofilu w liściach traw.
- Odmiany życicy trwałej zawierają więcej chlorofilu w liściach i silniej reagują na aplikowany azot. Zwyczajka plonu, w porównaniu do obiektów kontrolnych, jest u nich większa niż u odmian kupkówki pospolitej.

### Literatura

- BLACKMER T. M., SCHEPERS J. S., 1994. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Communications in Soil Sciences and Plant Analysis*, 25, 1791-1800.
- CIEĆKO Z., WYSZKOWSKI M., ŻOŁNOWSKI A., ZABIELSKA J., 2000. Wpływ nawożenia NPK, Mg i K na zawartość chlorofilu w liściach ziemniaka. *Biuletyn IHAR*, 213, 131-136.
- FOTYMA E., 2002. Zróżnicowanie odmianowe zawartości chlorofilu w liściach zbóż ozimych. *Pamiętnik Puławski*, 130, 171-178.
- FOTYMA E., BEZDUSZNIK D., 2000. Ocena stanu odżywienia zbóż ozimych azotem na podstawie pomiaru indeksu zieloności liści. *Fragmenta Agronomica*, 4(68), 29-45.
- GÁBORČIK N., 1996. The use a portable chlorophyllmeter for determination of nitrogen status of grasses and herbage yield. *Grassland Sciences in Europe*, 1, 221-223.
- KAPOTIS G., ZERVOUDAKIS G., VELTSISTAS T., SALAHAS G., 2003. Comparison of chlorophyll meter readings with leaf chlorophyll concentration in *Amaranthus vlitus*: Correlation with physiological processes. *Fiziologiya Rastenii*, 50 (3), 442-444.
- MACHUL M., 2003. Wyznaczenie optymalnego zaopatrzenia kukurydzy w azot za pomocą testu SPAD. *Pamiętnik Puławski*, 133, 97-113.
- MURDOCK L., JONES S., BOWLEY C., MEEDHAM P., JAMES J., HOWE P., 1997. Using a chlorophyll meter to make nitrogen wheat recommendations on wheat AGR-170. Cooperative extension services. College of Agriculture, University of Kentucky. Lexington, [www.specmetres.com/info/3.html](http://www.specmetres.com/info/3.html).
- OLSZEWSKA M., 2005. Wpływ nawożenia azotem na parametry wymiany gazowej, indeks zieloności liści (SPAD) oraz plonowanie wybranych odmian tymotki łąkowej i kostrzewy łąkowej uprawianych na glebie mineralnej. *Journal of Elementology*, 10 (3), 561-569.
- UZIŁ M., ZAJAJOVA A., 2000. Chlorophyll and nitrogen content in leaves of winter wheat at different genotypes and fertilization. *Rostlinna Vyroba*, 46, 237-244.
- WOJCIESKA U., 1994. Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu roślin. Cz. II. Żywnienie roślin azotem a fotosynteza, fotorespiracja i oddychanie ciemniowe. *Postępy Nauk Rolniczych*, 1, 127-143.
- WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS U., 1996. Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu roślin. Cz. III. Żywnienie roślin azotem a produktywność fotosyntezy. *Postępy Nauk Rolniczych*, 3, 29-43.
- WOOD C. W., REEVES D. W., DUFFIELD R. R., EDMISTEN K. L., 1992. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. *Journal of Plant Nutrition*, 15 (4), 487-500.

WYSZYŃSKI Z., GOZDOWSKI D., ŁOBODA T., PIETKIEWICZ S., WOŁEJKO E., 2002. Reakcja jęczmienia jarego browarnego w latach o zróżnicowanych opadach przy różnym nawożeniu azotem. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 481, 349- 355.

ZIELEWICZ W., 2005. Reakcja *Holcus lanatus* na trudne warunki siedliskowe. *Łąkarstwo w Polsce*, 8, 237-247.

### **Effects of nitrogen fertilization on physiological processes, leaf greenness index and yields of orchard grass and perennial ryegrass**

M. OLSZEWSKA

*Department of Grassland Sciences, University Warmia and Mazury, Olsztyn*

#### **Summary**

The rate of photosynthesis, rate of transpiration and leaf greenness index (Soil Plant Analysis Development) and yields of selected cultivars of orchard grass and perennial ryegrass, grown on mineral soil under conditions of differentiated nitrogen fertilization, were studied in a greenhouse experiment. The rates of photosynthesis and transpiration were measured with a LI-COR 6400 portable gas analyzer, and leaf greenness – with a SPAD 502 optical chlorophyll meter (Minolta). Dry matter yield was determined by drying the collected biomass at 105°C, to constant weight.

The obtained results show that nitrogen fertilization significantly increases the rate of photosynthesis, leaf greenness index and yields of perennial ryegrass and orchard grass and limited leaf transpiration. Intensity of the photosynthesis process and the transpiration indicate big variability in the vegetation period, however the level of chlorophyll in leaves is comparatively stable. Nitrogen fertilization was stimulated by physiological processes and the level of chlorophyll in leaves of grass. Perennial ryegrass cultivars contained more chlorophyll in leaves and reacted to nitrogen fertilization more strongly than orchard grass. Increase of the yield, in comparison to the control objects, was in them higher than in cultivars of orchard grass.

Recenzent – Reviewer: *Piotr Stypiński*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Dr inż. Marzena Olszewska  
Katedra Łąkarstwa, UWM w Olsztynie  
ul. Plac Łódzki 1/18, 10-718 Olsztyn  
tel. (089) 523 35 64  
e-mail: marzenno@uwm.edu.pl