



Wpływ biostymulatora Asahi SL na aktywność fotosyntetyczną wybranych odmian *Phaseolus vulgaris* L.

Władysław Michalek^{*}, Anna Kocira^{**}, Pavol Findura^{***},
Agnieszka Szparaga^{****}, Sławomir Kocira^{*}
^{*}Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin
^{**}Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa, Chełm
^{***}Słowacki Uniwersytet Rolniczy, Nitra-Chrenová
^{****}Politechnika Koszalińska

1. Wstęp

Fotosynteza należy do podstawowych procesów fizjologicznych rośliny, o bardzo złożonych uwarunkowaniach wewnętrznych i zewnętrznych. Fluorescencja chlorofilu (FC) zastępuje w znacznej części konwencjonalne pomiary intensywności fotosyntezy. FC jest wysoce czułą próbą reakcji fotosyntetycznych roślin, są to pomiary całkowicie nieinwazyjne, pozwalające badać fotosyntezę *in vivo*, szczególnie przydatne w sytuacjach oddziaływania na rośliny różnorodnych czynników środowiskowych (Bolhar-Nordenkamp i in. 1989, Guidi i in. 1997).

W uprawie roślin często występują czynniki stresogenne wpływające na ograniczenie intensywności procesu fotosyntezy, co w efekcie powoduje spadek wielkości i jakości plonu roślin (Bolhar-Nordenkamp i in. 1989, Guidi i in. 1997, Borowski & Blamowski 2009, Szczepanek i in. 2017a-c). W takich przypadkach uzasadnione jest stosowanie biostymulatorów definiowanych jako substancje lub/i mikroorganizmy, jak również ich mieszaniny, których stosowanie w uprawach roślin ma na celu zwiększenie ich efektywności odżywienia, tolerancji na warunki stresowe, poprawy wielkości i jakości uzyskiwanych płodów rolnych,

przy jednoczesnym braku negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne (Ochmian i Grajkowski 2007, Przybysz i in. 2014, Du Jardin 2015, Kocira i in. 2015a, Kocira i in. 2015b, Kocira i in. 2017a, Sosnowski i in. 2017, Kocira i in. 2018a-c, Sosnowski i in. 2018). Biostymulatory wpływają również na efektywność metabolizmu roślin, stymulując syntezę naturalnych hormonów, czasami zwiększając ich aktywność. Poprawiają efektywność fotosyntezy, ułatwiają pobieranie i transport wody oraz składników pokarmowych, jak również zwiększają zawartość składników wpływających na jakość płodów rolnych, jak zawartość białka, cukru, czy właściwości antyoksydacyjne (Basak 2008, Rathore i in. 2009, Aydin i in. 2012, El-Nemr i in. 2012, Kocira i in. 2015a, Kocira i in. 2015b, Kocira i in. 2016, Kocira i in. 2017a, Kocira i in. 2017b).

Asahi SL jest biostymulatorem, który występuje również pod nazwami Atonik i Chaloperone. W jego skład wchodzi związek fenolowy, naturalnie występujący w roślinach, będący składowym każdej żywej komórki roślinnej. Szybki okres rozkładu (okres półtrwania 1-7 godzin) niweluje niebezpieczeństwo obecności pozostałości tego biostymulatora zarówno w produktach rolniczych, jak i w środowisku. Wielu autorów potwierdziło korzystny wpływ Asahi SL na wzrost roślin oraz wielkość i jakość ich plonu (Djanaguiraman i in. 2005, Gulluoglu i in. 2006, Ochmian i Grajkowski 2007, Budzyński i in. 2008, Černý i in. 2008, Borowski i Blamowski 2009, Haroun i in. 2011, Przybysz i in. 2014, Kocira i in. 2015c, Kocira i in. 2017a). Wykazano, że stosowanie tego biostymulatora jest celowe przy wystąpieniu warunków stresowych dla roślin (Gulluoglu i in. 2006, Harasimowicz-Herman i Borowska 2006, Haroun i in. 2011). Jednakże stymulujące działanie tego preparatu może być uzależnione nie tylko od gatunku rośliny, ale również od odmiany. W związku z powyższym w prezentowanej pracy analizowano wpływ biostymulatora Asahi SL na efektywność aparatu fotosyntetycznego fasoli zwykłej *Phaseolus vulgaris* L. odmian Aura i Toska.

2. Materiał i metody badań

Badanie zostało przeprowadzone w 2013 i 2014 roku w Perespie (50°66'N; 23°63'E), Polska. Doświadczenie polowe przeprowadzono na glebie należącej do podtypu rędziny brunatne, charakteryzującej się odczynem zasadowym (pH w 1 M KCl – 7,4-7,5), zaliczanej do kompleksu

pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa. Zasobność gleby w przyswajalne składniki pokarmowe była następująca: fosfor – średnia (12,6-14,2 mg P₂O₅ w 100 g gleby), potas – średnia (15,3-17,1 mg K₂O w 100 g gleby), magnez – średnia (6,2-6,8 mg Mg w 100 g gleby).

Doświadczenie zostało założone w oparciu o układ randomizowanych bloków, w 4 powtórzeniach z elementarną eksperymentalną powierzchnią 4,5 m² (1,35×3,33 m). Badania przeprowadzono na dwóch odmianach fasoli (powszechnie uprawianych w Polsce i wykorzystywanych w przetwórstwie spożywczym, Aura o białej okrywie nasiennej i Toska o czerwonej okrywie nasiennej). Nasiona fasoli odmiany Aura i Toska wysiewano w pierwszej dekadzie maja na głębokości 3-4 cm, stosując rozstaw międzyrzędzi 45 cm w celu osiągnięcia obsady 30 roślin na 1 m². W okresie wegetacji zastosowano preparat Asahi SL (biostymulator, w którego skład wchodzi trzy związki fenolowe par-nitrofenolan sodu (0,3%), orto-nitrofenolan sodu (0,2%) i 5-nitrogwajakolan sodu (0,1%) rozpuszczone w wodzie) w czterech kombinacjach tj. w formie jednokrotnego oprysku roślin 0,1% lub 0,3% roztworem biostymulatora w fazie 2-3 liści właściwych (BBCH 12-13) oraz w formie dwukrotnego oprysku roślin 0,1% lub 0,3% roztworem biostymulatora w fazie 2-3 liści właściwych (BBCH 12-13) i na początku kwitnienia roślin (BBCH 61), a otrzymane wyniki porównywano z kombinacją kontrolną, w której do opryskiwania roślin zastosowano wodę. Oprysk wykonano opryskiwaczem plecakowym akumulatorowym firmy Garland model FUM 12 B przy stałym ciśnieniu 0,30 MPa, zużywając 300 l cieczy roboczej na 1 ha. Nasiona fasoli odmiany Aura zbierano w pierwszej dekadzie sierpnia a odmiany Toska w drugiej dekadzie sierpnia. Uprawa fasoli przebiegała z zachowaniem dobrych praktyk rolniczych. Agrofagi nie przekraczały progów szkodliwości i z tego względu nie stosowano pestycydów, a w przypadku roślin niepożądanych zastosowano ręczne odchwaszczanie plantacji. Średnią temperaturę i opady atmosferyczne występujące w okresie wegetacji fasoli przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Temperatura (T) i opady atmosferyczne w okresie wegetacji fasoli w latach 2013 i 2014

Table 1. Temperature (T) and atmospheric precipitation during the growing season of beans in 2013 and 2014

Miesiąc	Rok				Średnia z lat 2002-2013	
	2013		2014		T (°C)	Opady (mm)
	T (°C) (min/max)	Opady (mm)	T (°C) (min/max)	Opady (mm)		
Kwiecień	9,4 (-6,0/22,7)	36,5	8,2 (-1,7/24,3)	30,1	8,5	41,2
Maj	13,7 (0,5/27,7)	208,3	12,7 (1,5/24,9)	108,6	12,7	63,4
Czerwiec	16,1 (6,7/28,9)	67,1	17,4 (6,6/30,5)	14,1	17,7	68,6
Lipiec	20,3 (10,0/31,0)	104,2	19,6 (8,4/33,4)	59,2	18,9	79,1
Sierpień	18,2 (6,3/34,0)	115,4	21,6 (5,6/35,5)	23,4	19,4	71,8
Średnia/Suma	15,4	531,5	15,9	235,4	15,4	324,1

W sezonie wegetacyjnym roślin przeprowadzono dwa pomiary fotosyntetycznej aktywności liści fasoli. W tym celu pobrano liście z sześciu roślin z każdego poletka: pomiar I – 7 dni po pierwszym zastosowaniu biostymulatora; II pomiar – 7 dni po drugim zastosowaniu biostymulatora. W przypadku jednokrotnego oprysku drugi pomiar przeprowadzono w drugim terminie w takiej samej fazie rozwoju rośliny jak w przypadku pomiaru wykonanego na roślinach dwukrotnie opryskiwanych. Aktywność fotosyntetyczną roślin określono przez pomiar indukcji fluorescencji chlorofilu przy pomocy fluorometru PAM-2000 firmy Walz GmbH, Effeltrich, Germany. Oznaczono następujące parametry w stanie adaptacji ciemnowej: F_0 – fluorescencja minimalna, F_m – fluorescencja maksymalna, F_v/F_m – maksymalna sprawność fotosystemu PS II. Natomiast w stanie adaptacji do światła zmierzono: F_0' – fluorescencja minimalna na świetle, F_m' – fluorescencja maksymalna na świetle, $\Delta F/F_m'$ – efektywna wydajność fotosystemu PS II oraz współczynnik fotochemicznego (qP) i niefotochemicznego (qN) wygaszania fluorescencji. Wszystkie pomiary wykonano w czasie wegetacji na wykształconych liściach w 6 powtórzeniach. Wykonując pomiary używano klipu 2030-B i stosowano emisję światła 650 nm oraz standardowe natężenie $0,15 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PAR. Podczas pomiaru w stanie adaptacji ciemnowej liście były zaciemniane przez 15 minut przy użyciu urządzenia zaciemniającego dark leaf clip'. Wyniki dotyczące parametrów fotosyntezy z czterech powtórzeń dla każdej kombinacji poddano analizie

statystycznej. Przeprowadzono Test Shapiro-Wilka dla oceny normalności rozkładu danych. Wyniki analizowano stosując jednoczynnikową analizę wariancji, ANOVA. Istotność różnic między ocenianymi wartościami średnimi oszacowano za pomocą przedziałów ufności testu Tukey'a na poziomie istotności $p < 0,05$. Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą Statistica 12 (StatSoft, Inc.).

3. Wyniki i dyskusja

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych badań wskazują na wielokierunkowy wpływ biostymulatora Asahi SL na aktywność fotosyntetyczną roślin doświadczalnych, o czym świadczą niższe wartości niektórych parametrów indukcji fluorescencji chlorofilu (FC) w porównaniu z serią kontrolną (tabele 2-4). W przypadku odmiany Aura stwierdzono obniżenie fotochemicznego współczynnika wygaszania fluorescencji qP. Natomiast u odmiany Toska niekorzystne zmiany wartości wystąpiły przy pomiarze $\Delta F/F_m'$, qP i qN. Zmniejszenie w tych warunkach wartości parametrów indukcji fluorescencji chlorofilu świadczy między innymi o obniżeniu sprawności reakcji pierwotnych fotosyntezy.

Tabela 2. Parametry fluorescencji chlorofilu w liściach fasoli zwykłej odmiany Aura traktowanej biostymulatorem Asahi SL

Table 2. Parameters of chlorophyll fluorescence in bean leaves of Aura cultivar treated with Asahi SL biostimulant

Data pomiaru	Wariant badania	F ₀		F _m		F _v /F _m		ΔF/F _m '	
		2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
I P	JO 0,1%	0,202b	0,212b	0,945abc	0,946ab	0,639bc	0,643b	0,525c	0,541c
	DO 0,1%	0,238c	0,220b	0,999c	1,006b	0,685d	0,689b	0,592d	0,572c
	JO 0,3%	0,193b	0,203b	0,920ab	0,882a	0,629b	0,634b	0,358a	0,435b
	DO 0,3%	0,213bc	0,204b	0,975bc	0,925ab	0,670cd	0,666b	0,408b	0,411ab
	K	0,166a	0,166a	0,883a	0,864a	0,597a	0,546a	0,381ab	0,392a
II P	JO 0,1%	0,200b	0,210b	0,923ab	0,945ab	0,634b	0,642b	0,458c	0,537c
	DO 0,1%	0,204b	0,216b	0,924ab	1,000b	0,667b	0,688b	0,410ab	0,571c
	JO 0,3%	0,200b	0,203b	0,881a	0,881a	0,632b	0,634b	0,435bc	0,435b
	DO 0,3%	0,217b	0,205b	0,991b	0,922ab	0,689b	0,667b	0,571d	0,407ab
	K	0,168a	0,165a	0,859a	0,863a	0,550a	0,544a	0,398a	0,391a

I P – I pomiar; II P – II pomiar

Oznaczenia: K – kontrola; JO – jednokrotny oprysk; DO – dwukrotny oprysk

Tabela 3. Parametry fluorescencji chlorofilu w liściach fasoli zwykłej odmiany Aura traktowanej biostymulatorem Asahi SL

Table 3. Parameters of chlorophyll fluorescence in bean leaves of the Aura cultivar treated with Asahi SL biostimulant

Data pomiaru	Wariant badania	F ₀ '		F _m '		qP		qN	
		2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
I P	JO 0,1%	0,154a	0,171ab	0,686a	0,673a	0,524a	0,551ab	0,117ab	0,121b
	DO 0,1%	0,181b	0,186b	0,700ab	0,693ab	0,549ab	0,561ab	0,095a	0,097a
	JO 0,3%	0,177b	0,166ab	0,780b	0,734ab	0,582b	0,528a	0,138b	0,128b
	DO 0,3%	0,186b	0,168ab	0,867c	0,812c	0,667c	0,592b	0,125ab	0,124b
	K	0,155a	0,155a	0,705ab	0,750bc	0,623c	0,600b	0,106a	0,105a
II P	JO 0,1%	0,159a	0,168ab	0,613a	0,671a	0,498a	0,550ab	0,162c	0,115b
	DO 0,1%	0,167ab	0,185b	0,804c	0,691ab	0,591c	0,558ab	0,137b	0,099a
	JO 0,3%	0,172b	0,168ab	0,730b	0,729ab	0,525ab	0,525a	0,127b	0,128c
	DO 0,3%	0,186c	0,166ab	0,692b	0,811c	0,660bc	0,589b	0,103a	0,113bc
	K	0,157a	0,152a	0,752bc	0,748bc	0,601c	0,597b	0,115a	0,112a

I P – I pomiar; II P – II pomiar

Oznaczenia: K – kontrola; JO – jednokrotny oprysk; DO – dwukrotny oprysk

Analizując wielkości opisujące fotochemiczną wydajność fotosystemu II (F_v/F_m), stwierdzono, że oscylowały one od 0,544 do 0,689 u odmiany Aura (tabela 2) i od 0,601 do 0,659 u odmiany Toska (tabela 4). Przy czym najkorzystniejszą wartość tego parametru stwierdzono u odmiany Aura przy dwukrotnym opryskiwaniu roślin niższym stężeniem biostymulatora (I pomiar w 2014 r.) i przy dwukrotnym traktowaniu roślin wyższym stężeniem (II pomiar w 2013 r.) – zwiększenie odpowiednio o 26 i 25% w porównaniu z kontrolą. Natomiast u odmiany Toska najwyższą wartość F_v/F_m stwierdzono także przy dwukrotnej aplikacji biostymulatora w stężeniu 0,3% (I pomiar w 2014 r.). W porównaniu z obiektem kontrolnym wartości te były wyższe o 8%. Ta korzystna tendencja wystąpiła u obu odmian fasoli w poszczególnych latach badań (tabela 2 i 4).

Tabela 4. Parametry fluorescencji chlorofilu w liściach fasoli zwykłej odmiany Toska traktowanej biostymulatorem Asahi SL

Table 4. Parameters of chlorophyll fluorescence in bean leaves of the Toska cultivar treated with Asahi SL biostimulant

Data pomiaru	Wariant badania	F ₀		F _m		F _v /F _m		ΔF/F _m '	
		2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
I P	JO 0,1%	0,194a	0,197a	0,961bc	0,959b	0,612a	0,619a	0,382a	0,361a
	DO 0,1%	0,228c	0,203ab	0,992c	0,873a	0,658b	0,626ab	0,396ab	0,369a
	JO 0,3%	0,208ab	0,199ab	0,923ab	0,944ab	0,618a	0,620a	0,455c	0,460b
	DO 0,3%	0,227bc	0,221b	0,995c	0,954ab	0,680b	0,659b	0,484c	0,517c
	K	0,213abc	0,218ab	0,893a	0,898ab	0,601a	0,610a	0,418b	0,432b
II P	JO 0,1%	0,198a	0,198a	0,954b	0,956b	0,618a	0,619a	0,355a	0,357a
	DO 0,1%	0,200a	0,202a	0,857a	0,871a	0,621a	0,625ab	0,371a	0,367a
	JO 0,3%	0,201a	0,199a	0,855a	0,945ab	0,639ab	0,622a	0,448b	0,460b
	DO 0,3%	0,222b	0,218a	0,951b	0,954ab	0,658b	0,659b	0,517c	0,516c
	K	0,213ab	0,214a	0,895ab	0,898ab	0,609a	0,610a	0,431b	0,430b

I P – I pomiar; II P – II pomiar

Oznaczenia: K – kontrola; JO – jednokrotny oprysk; DO – dwukrotny oprysk

Ponadto zaobserwowano, że fasola traktowana roztworem Asahi SL charakteryzowała się większą sprawnością fotosyntetyczną, o czym świadczy wzrost rzeczywistej wydajności fotochemicznej związanej z efektywnością transportu elektronów ($\Delta F/F_m$). Jednakże nie we wszystkich kombinacjach stwierdzono wzrost tego parametru w porównaniu z kontrolą. Największą jego wartość wykazano u odmiany Aura przy dwukrotnym opryskaniu roślin 0,1% roztworem biostymulatora w 2013 r. przy pierwszym pomiarze parametru (wzrost o 55% w porównaniu z kontrolą). Dla odmiany Toska wartość tego wskaźnika była największa przy podwójnym opryskiwaniu roślin wyższym stężeniem Asahi SL, zarówno przy II pomiarze w 2013 r., jak i przy obu pomiarach w następnym roku badań (wzrosło 20% w porównaniu z kontrolą).

Analizując wartości współczynnika fotochemicznego (qP) i niefotochemicznego (qN) wygaszania fluorescencji chlorofilu zaobserwowano, że zmiany jego wartości zależały zarówno od stosowanej dawki, jak i od liczby aplikacji biostymulatora. Na uwagę zasługuje fakt, że w przypadku odmiany Toska najkorzystniejszą wartość współczynnika qP stwierdzono po wykonaniu zabiegu podwójnego opryskiwania roślin 0,1% roztworem

Asahi SL (I pomiar w 2013 r.). Wtedy wartość qP była najwyższa (wzrost o 21% w porównaniu z kontrolą), czyli niecykliczny transport elektronów przebiegał w tych warunkach najsprawniej (tabela 5).

Tabela 5. Parametry fluorescencji chlorofilu w liściach fasoli zwykłej odmiany Toska traktowanej biostymulatorem Asahi SL

Table 5. Parameters of chlorophyll fluorescence in bean leaves of the Toska cultivar treated with Asahi SL biostimulant

Data pomiaru	Wariant badania	F ₀ '		F _m '		qP		qN	
		2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
I P	JO 0,1%	0,184a	0,158a	0,794cd	0,703b	0,602c	0,608c	0,103a	0,106a
	DO 0,1%	0,192a	0,185b	0,815d	0,798d	0,627c	0,591c	0,141b	0,139c
	JO 0,3%	0,178a	0,179b	0,668b	0,689b	0,456a	0,451a	0,157b	0,163d
	DO 0,3%	0,199a	0,189b	0,765c	0,744c	0,523b	0,535b	0,126ab	0,117ab
	K	0,188a	0,180b	0,573a	0,568a	0,518b	0,515b	0,131ab	0,128bc
II P	JO 0,1%	0,157a	0,158a	0,696b	0,695b	0,506b	0,503c	0,112a	0,107a
	DO 0,1%	0,185bc	0,185b	0,798d	0,795d	0,591b	0,589c	0,139d	0,136c
	JO 0,3%	0,156a	0,180b	0,610a	0,690b	0,487a	0,451a	0,122bc	0,132d
	DO 0,3%	0,187c	0,187b	0,745c	0,743c	0,529a	0,535b	0,115ab	0,116ab
	K	0,175b	0,179b	0,566a	0,565a	0,515a	0,513b	0,128c	0,127bc

I P – I pomiar; II P – II pomiar

Oznaczenia: K – kontrola; JO – jednokrotny oprysk; DO – dwukrotny oprysk

Dla odmiany Aura najkorzystniejszą wartość współczynnika qP odnotowano po wykonaniu zabiegu podwójnego opryskiwania roślin 0,3% roztworem Asahi SL (tabela 3). Wartość qP była najwyższa, co świadczy o tym, że niecykliczny transport elektronów przebiegał w tych warunkach najsprawniej. U odmiany Toska największa wartość współczynnika fotochemicznego (qP) wygaszania fluorescencji chlorofilu wystąpiła po dwukrotnym stosowaniu biostymulatora w stężeniu 0,1%.

Stosowanie biostymulatorów korzystnie wpływa na wzrost i aktywność metaboliczną roślin. Wielu autorów potwierdziło, że opryskiwanie roślin Asahi SL pozytywnie wpłynęło na wzrost roślin poprzez zwiększenie wysokości (Górnik i Grzesik 2005, Bąblewski i Dębicz 2006, Biesiada i in. 2009), a dolistne stosowanie tego biostymulatora pozytywnie wpłynęło na aktywność fotosyntetyczną w liściach ogórka i ziemniaka (Mikos-Bielak i Michałek 1999). Wrochna i in. (2008) wykazali, że stoso-

wanie Asahi SL na rośliny *Amaranthus* poddane warunkom stresowym (zasolenie podłoża) miały podwyższoną sprawność aparatu fotosyntetycznego przez zwiększenie zawartości chlorofilu oraz wyższe (F_v/F_o), (F_o/F_m) i qP , a aktywność enzymów systemu antyoksydacyjnego zwiększoną w znacznym stopniu niż poziom anionorodnika ponadtlenkowego. Zwiększoną efektywność fotosyntezy zaobserwowali również Sadak i in. (2015) po traktowaniu roślin *Vicia faba* biostymulatorem opartym na aminokwasach (Amino Total), uprawianych w warunkach zasolenia podłoża. Zastosowanie biostymulatora opartego na wolnych aminokwasach i ekstrakcie z *Ascophyllum nodosum* (Fylloton) na rośliny *Dracocephalum moldavica* pozytywnie wpłynęło na efektywność aparatu fotosyntetycznego i zawartość chlorofilu w liściach (Kocira i in. 2015b).

W przeprowadzonych badaniach z fasolą podjęto próbę oceny wydajności aparatu fotosyntetycznego przez pomiar niektórych parametrów fluorescencji chlorofilu (F_v/F_m , $\Delta F/F_m'$, qP i qN) po dolistnej aplikacji Asahi SL. Jak podaje Misra i in. (2012) dzięki analizie fluorescencji chlorofilu otrzymujemy między innymi informacje o zmianach współczynników sprawności przebiegu reakcji fotochemicznych w badanych roślinach. Wyniki uzyskane z pomiarów wybranych parametrów FC badanych dwóch odmian fasoli wyraźnie wskazują, że odmiana Aura cechowała się lepszą wydajnością fotosyntetyczną jak odmiana Toska. Ponadto stwierdzono, że u obu tych odmian po zastosowaniu zróżnicowanych dawek biostymulatora kondycja liści, jak i całych roślin była lepsza niż w kontroli. Dzięki temu, że fotochemiczna wydajność fotosystemu II (F_v/F_m) oraz rzeczywista wydajność fotochemiczna ($\Delta F/F_m'$) była wyższa w porównaniu z roślinami nie traktowanymi Asahi SL. Jak podaje Krause i in. (1990) iloraz F_v/F_m jest wskaźnikiem określającym skuteczność wykorzystania światła przez roślinę i określa maksymalną fotochemiczną wydajność PSII. Natomiast Krause i Weis (1984) stwierdzili, że wartość parametru $\Delta F/F_m'$ pod wpływem niekorzystnych warunków do wzrostu i rozwoju roślin uległa zmniejszeniu. Podobną tendencję zaobserwowano w przeprowadzonym eksperymencie.

Analizując z kolei kształtowanie się wartości wskaźników qP i qN stwierdzono, że korzystniejsze były dla odmiany Aura w odniesieniu do odmiany Toska. Zatem stosunek liczby fotonów zaabsorbowanych przez PS II do liczby fotonów zużytych przez otwarte centra w reakcjach fotosyntezy był lepszy u odmiany Aura.

Natomiast wyższe wartości parametru qN, które wystąpiły u odmiany Toska informują o występowaniu zakłóceń w cyklu Calvina, które związane są ze zmniejszonym zużyciem ATP w fazie ciemnej. Tego typu zmiany u odmiany Aura wystąpiły w mniejszym nasileniu. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach prowadzonych przez Maxwella i Johnsona (2000) oraz Sawicką i Michałka (2008), które dotyczyły sprawności aparatu fotosyntetycznego roślin rosnących w zróżnicowanych warunkach środowiskowych.

4. Wnioski

1. W warunkach przeprowadzonych badań odmiana Aura charakteryzowała się lepszą sprawnością aparatu fotosyntetycznego. Świadczą o tym między innymi wartości współczynnika fotochemicznego wygaszania fluorescencji chlorofilu (qP).
2. Badania wykazały także, że tendencja wzrostowa współczynnika qN u odmiany Aura nie wystąpiła tylko po dwukrotnej aplikacji biostymulatora na rośliny fasoli. Identyczną tendencję stwierdzono u odmiany Toska po dwukrotnym opryskiwaniu roślin 0,1% roztworem Asahi SL.
3. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono większy wzrost wartości wskaźnika wygaszania niefotochemicznego u roślin odmiany Toska w porównaniu z odmianą Aura.
4. Aktywność fotosyntetyczna testowanych odmian fasoli zwykłej była uwarunkowana nie tylko aplikacją biostymulatora, opartego na związkach fenolowych, ale zależała także od zróżnicowanych warunków pogodowych, panujących w poszczególnych latach prowadzenia eksperymentu.

Literatura

- Aydin, A., Kant, C., Turan, M. (2012). Humic acid application alleviates salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 1073-1086.
- Bąblewski, P., & Dębicz, R. (2006). The effect of Asahi SL preparation on growth and quality of seedlings *Torenia fournieri* Linden and *Fuchsia hybrida*. *Zeszyty Naukowe UP we Wrocławiu*, 546, 37-41.
- Basak, A. (2008). Biostimulators. Definitions, classification and legislation. In: H. Gawrońska (ed.), *Monographs series: Biostimulators in modern agriculture, General Aspects. Wieś Jutra, Warszawa*, 7-17.

- Biesiada, A., Kędra, K., Jezierska-Domaradzka, A., Biernat, A. (2009). The effect of transplant production method and application of Asahi SL on growth and development of *Belamcanda chinensis*(L.) DC. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 539, 57-63.
- Bolhar-Nordenkamp, H.R., Long, S.P., Baker, N.R., Oquist, G., Schreiber, U. (1989). Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Functional Ecology*, 3, 497-514.
- Borowski, E., & Blamowski, Z.K. (2009). The effects of triacontanol 'TRIA' and Asahi SL on the development and metabolic activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants treated with chilling. *Folia Horticulturae* 21 (1), 39-48. doi: 10.2478/fhort-2013-0124.
- Budzyński, W., Dubis, B., Jankowski, A. (2008). Response of winter oilseed rape to the biostimulator Asahi SL applied in spring. In: Z.T. Dąbrowski (ed.), *Monographs series: Biostimulators in modern agriculture, Field Crops. Wieś Jutra, Warszawa*, 47-55.
- Černý, I., Pačuta V., Kovár, M. (2008). Yield and quality of chicory (*Cichorium intybus* L.) in dependence on variety and foliar application of Atonik and Polybor 150. *Journal of Central Europe Agriculture* 9 (3), 425-30.
- Djanaguiraman, M., Sheeba, J.A., Devi, D.D., Bangarusamy, U. (2005). Response of cotton to Atonik and TIBA for growth, enzymes and yield. *Journal of Biological Sciences* 5, 158-162. doi:10.3923/jbs.2005.158.162.
- Du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.
- El-Nemr, M.A., El-Desuki, M., El-Bassiony, A.M., Fawzy, Z.F. (2012). Response of growth and yield of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) to different foliar applications of humic acid and biostimulators. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6, 630-637.
- Górnik, K., & Grzesik, M. (2005). China aster plant growth, seed yield and quality as influenced by Asahi SL treatment. *Folia Horticulturae*, 17(2), 119-127.
- Guidi, L., Nali, C., Ciompi, S., Lorenzini, G., Soldatini, G.F. (1997). The use of chlorophyll fluorescence and leaf gas exchange as methods for studying the different responses to ozone of two bean cultivars. *Journal of Experimental Botany*, 48, 173-179.
- Gulluoglu, L., Arioglu, H., Arslan, M. (2006). Effects of some plant growth regulators and nutrient complexes on above-ground biomass and seed yield of soybean grown under heat-stressed environment. *Journal of Agronomy*, 5, 126-130. doi: 10.3923/ja.2006.126.130.

- Harasimowicz-Herman, G., & Borowska, M. (2006). Efekty działania biostymulatora Asahi SL w uprawie rzepaku ozimego w zależności od warunków pluwiotermicznych. *Rośliny Oleiste, 1*, 95-106.
- Haroun, S.A., Shukry, W.M., Abbas, M.A., Mowafy, A.M. (2011). Growth and physiological responses of *Solanum lycopersicum* to Atonik and benzyl adenine under vernalized conditions. *Journal of Ecology and the Natural Environment 3(9)*, 319-331.
- Kocira, S., Kocira, A., Szmigielski, M., Piecak, A., Sagan, A. Malaga-Toboła, U. (2015a). Effects of an amino acids-containing biostimulator on common bean crop. *Przem. Chem. 94(10)*, 1732-1736. doi: 10.15199/62.2015.10.16.
- Kocira, S., Sujak, A., Kocira, A., Wójtowicz, A. Oniszczuk, A. (2015b). Effect of Fylloton application on photosynthetic activity of Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). In: B. Huyghebaert, E. Lorencowicz, J. Uziak (eds.), *Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture. 7th International Scientific Symposium, 25-27 November, 2015, Gembloux, Belgium, Agriculture and Agricultural Science Procedia 7*, 108-112. doi: 10.1016/j.aaspro.2015.12.002.
- Kocira, A., Kocira, S., Stryjecka, M. (2015c). Effect of Asahi SL application on common bean yield. In: Huyghebaert B., E. Lorencowicz & Uziak J., eds. *Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture. 7th International Scientific Symposium, 25-27 November, 2015, Gembloux, Belgium, Agriculture and Agricultural Science Procedia 7*, 103-107.
- Kocira, A., Kocira, S., Świeca, M., Złotek, U., Jakubczyk, A., Kapela, K. (2017a). Effect of foliar application of a nitrophenolate-based biostimulant on the yield and quality of two bean cultivars. *Scientia Horticulturae 214*, 76-82. doi: 10.1016/j.scienta.2016.11.021.
- Kocira, S., Kocira, A., Kornas, R., Koszel, M., Szmigielskim M., Krajewska, M., Szparaga, A., Krzysiak, Z. (2017b). Effect of seaweed extract on yield and protein content of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Legume Research* doi: 10.18805/LR-383.
- Kocira, S., Szparaga A., Kocira, A., Czerwińska, E., Depo, K., Erlichowska, B., Deszcz, E. (2018a) Effect of applying a biostimulant containing seaweed and amino acids on the content of fiber fractions in three soybean cultivars. *Legume Research*. doi: 10.18805/LR-412.
- Kocira, S., Szparaga, A., Kocira, A., Czerwińska, E., Wójtowicz, A., Bronowicka-Mielniczuk, U., Koszel, M., Findura, P. (2018b). Modeling biometric traits, yield and nutritional and antioxidant properties of seeds of three soybean cultivars through the application of biostimulant containing seaweed and amino acids. *Frontiers in Plant Sciences*, 9:388. doi: 10.3389/fpls.2018.00388.

- Kocira, A., Świeca, M., Kocira, S., Złotek, U., Jakubczyk A. (2018c). Enhancement of yield, nutritional and nutraceutical properties of two common bean cultivars following the application of seaweed extract (*Ecklonia maxima*). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25, 563-571. doi:10.1016/j.sjbs.2016.01.039.
- Krause, G.H., & Weis, E. (1984). Chlorophyll fluorescence as a tool in plant physiology. *Photosynthesis Research*, 5, 139-157.
- Krause, G.H., Somersalo, S., Zumbusch, E., Weyers, B., Laasch, H. (1990). On the mechanism of photoinhibition in chloroplasts. Relationship between changes in fluorescence and activity of photosystem II. *Journal of Plant Physiology*, 136, 472-479.
- Maxwell, K., & Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 5, 659-668.
- Mikos-Bielak, M., & Michałek, W. (1999). Zmiany zawartości barwników asymilacyjnych i aktywności fotosyntetycznej liści ogórków i ziemniaków traktowanych Atonikiem. *VIII Ogólnopolski Zjazd Naukowy Hodowców Roślin Ogrodniczych. Hodowla Roślin Ogrodniczych u progu XXI wieku. Lublin*, 23-25.
- Misra, A.N., Misra, M., Singh, R. (2012). Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology. In: A.N. Misra (ed.), *Biophysics*, 171-192.
- Ochmian, I., & Grajkowski, J. (2007). Influence of three biostimulants on yielding and fruit quality of three primocane raspberry cultivars, *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 6(2), 29-36.
- Przybysz, A., H. Gawronska, Gajc-Wolska, J. (2014). Biological mode of action of a nitrophenolates-based biostimulant: Case study. *Frontiers in Plant Science*, 5, 1-15. doi:10.3389/fpls.2014.00713.
- Rathore, S.S., Chaudhary, D.R., Boricha, G.N., Ghosh, A., Bhatt, B.P., Zodape, S.T., Patolia, J.S. (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany*, 75(2), 351-355.
- Sadak, M.S.H., Abdelhamid, M.T., Schmidhalter, U. (2015). Effect of foliar application of aminoacids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. *Acta Biologica Colombiana*, 20(1), 141-152. doi:10.15446/abc.v20n1.42865.
- Sawicka, B., & Michałek, W. (2008). Photosynthetic activity of *Helianthus tuberosus* L. depending on a soil and mineral fertilization. *Polish Journal of Soil Science*, 41(2), 209-222.
- Sosnowski, J., Jankowski, K., Malinowska, E., Truba, M. (2017). The effect of *Ecklonia maxima* extract on *Medicago x varia* T. Martyn biomass. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(3), 770-780.

- Sosnowski, J., Jankowski, K., Truba, M., Malinowska, E. (2018). Morphophysiological and biochemical effects of plant growth regulators on *Medicago varia* T. Martyn. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(3):2403-2414. doi: 10.15666/aeer/1603_24032414.
- Szczepanek, M., Wszelaczyńska, E., Pobereźny, J., Ochmian, I. (2017a). Response of onion (*Alium cepa* L.) to the method of seaweed biostimulant application. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 16(2), 113-122.
- Szczepanek, M., Siwik-Ziomek, A., Wilczewski, E. (2017b). Effect of biostimulant on accumulation of Mg in winter oilseed rape under different mineral fertilization rates. *J Elementol.*, 22(4), 1375-1385. doi: 10.5601/jelem.2017.22.1.1317.
- Szczepanek, M., Wilczewski, E., Pobereźny, J., Wszelaczyńska, E., Ochmian, I. (2017c). Carrot root size distribution in response to biostimulant application. *Acta Agr. Scand. B-S P*, 67(4), 334-339. doi: 10.1080/09064710.2017.1278783.
- Wrochna, M., Łata, B., Borkowska, B., Gawrońska, H. (2008). Effect of Asahi SL biostimulator on ornamental amaranth (*Amaranthus spp.*) plants exposed to salinity in growing medium. In: *L. Łukaszewska (ed.), Monographs series: Biostimulators in modern agriculture, Ornamental and special plants. Wieś Jutra, Warszawa*, 15-32.

The Influence of Biostimulant Asahi SL on the Photosynthetic Activity of Selected Cultivars of *Phaseolus vulgaris* L.

Abstract

In cultivation of plants, stress factors often occur, which affect the limitation of the intensity of the photosynthesis process, which in turn may cause a decrease in the size and quality of the plant yield. In such cases, it is justified to use biostimulants to improve the size and quality of the obtained crops, with no negative impact on the natural environment. Therefore, the presented work analyzed the effect of the Asahi SL biostimulant on the efficiency of the photosynthetic apparatus of *Phaseolus vulgaris* L. bean. Field research was carried out in 2013 and 2014, for two varieties of beans commonly grown in Poland and processed by the food industry, Aura – white seeds and Toska – red seeds. In the growing seasons two measurements of photosynthetic activity of the bean plant leaves (leaves from six plants from each plot) were carried out: measurement I – the week after the first use of the biostimulant; II measurement – a week after the second application of the biostimulator. In the case of a single

spray, the second measurement was carried out at the second stage of the plant's development. In the studies with beans, an attempt was made to assess the performance of the photosynthetic apparatus by measuring some parameters of chlorophyll fluorescence after the foliar application of the Asahi SL biostimulant. The photosynthetic activity of plants was determined by measuring the fluorescence induction of chlorophyll using a fluorimeter. The following parameters were marked in the darkroom adaptation state: F_v / F_m – maximum efficiency of the PS II phototype. Whereas, in the state of light adaptation, the following measurements were measured: $\Delta F / F_m$ – effective performance of the PS II photosystem, photochemical qP and non-chemical qN quenching of fluorescence. The results obtained from the field experiments indicate the multidirectional effect of the Asahi SL biostimulant on the photosynthetic activity of experimental plants, as evidenced by the lower values of some parameters of chlorophyll fluorescence (FC) induction as compared to the control series. In addition, it was observed that beans treated with Asahi SL solution were characterized by greater photosynthetic efficiency, as evidenced by the increase in real photochemical efficiency related to the efficiency of electron transport ($\Delta F / F_m$). However, not all the combinations showed an increase in this parameter compared to the control.

In the conditions of the tests, it was found that the Aura cultivar was characterized by a better efficiency of the photosynthetic apparatus. This is evidenced, among others, by the photochemical coefficient of quenching of chlorophyll fluorescence (qP). In addition, the studies also showed that the upward trend in the qura coefficient of the Aura cultivar did not occur only after the biostimulant application for bean plants was applied twice. The identical trend was found in the Toska cultivar after spraying the plants with 0.1% Asahi SL solution twice. In the conducted experiment, a higher increase in the non-chemical quenching index was observed in Toska cultivars in comparison with the Aura cultivar.

Streszczenie

W uprawie roślin często występują czynniki stresogenne, które wpływają na ograniczenie intensywności procesu fotosyntezy, co z kolei może powodować spadek wielkości i jakości plonu roślin. W takich przypadkach uzasadnione staje się stosowanie biostymulatorów w celu poprawy wielkości i jakości uzyskiwanych plodów rolnych, przy jednoczesnym braku negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne. W związku z powyższym w prezentowanej pracy analizowano wpływ biostymulatora Asahi SL na efektywność aparatu fotosyntetycznego fasoli zwykłej *Phaseolus vulgaris* L. Badania polowe zostały przeprowadzone w 2013 i 2014 roku, na dwóch odmianach fasoli, powszechnie

uprawianych w Polsce i przetwarzanych przez przemysł spożywczy. Odmiana Aura – posiada białe nasiona a Toska – czerwone. W sezonach wegetacji przeprowadzono dwa pomiary fotosyntetycznej aktywności liści rośliny fasoli (liście z sześciu roślin z każdego poletka): pomiar I – tydzień po pierwszym zastosowaniu biostymulatora; II pomiar – tydzień po drugim zastosowaniu biostymulatora. W przypadku pojedynczego opryskiwania drugi pomiar przeprowadzono w drugim terminie na odpowiednim etapie rozwoju rośliny. W przeprowadzonych badaniach z fasolą podjęto próbę oceny wydajności aparatu fotosyntetycznego przez pomiar niektórych parametrów fluorescencji chlorofilu po dolistnej aplikacji biostymulatora Asahi SL. Aktywność fotosyntetyczną roślin określono przez pomiar indukcji fluorescencji chlorofilu przy pomocy fluorymetru. Oznaczono następujące parametry w stanie adaptacji ciemniowej: F_v/F_m – maksymalna sprawność fotosystemu PS II. Natomiast w stanie adaptacji do światła zmierzono: $\Delta F/F_m$ – efektywna wydajność fotosystemu PS II, współczynnik fotochemicznego qP oraz niefotochemicznego qN wygaszania fluorescencji. Wyniki uzyskane z przeprowadzonych doświadczeń polowych wskazują na wielokierunkowy wpływ biostymulatora Atonik na aktywność fotosyntetyczną roślin doświadczalnych, o czym świadczą niższe wartości niektórych parametrów indukcji fluorescencji chlorofilu (FC) w porównaniu z serią kontrolną. Ponadto zaobserwowano, że fasola traktowana roztworem Asahi SL charakteryzowała się większą sprawnością fotosyntetyczną, o czym świadczy wzrost rzeczywistej wydajności fotochemicznej związanej z efektywnością transportu elektronów ($\Delta F/F_m$). Jednakże nie we wszystkich kombinacjach zaobserwowano wzrost tego parametru w porównaniu z kontrolą.

W warunkach przeprowadzonych badań odmiana Aura charakteryzowała się lepszą sprawnością aparatu fotosyntetycznego. Świadczą o tym między innymi wartości współczynnika fotochemicznego wygaszania fluorescencji chlorofilu (qP). Ponadto badania wykazały także, że tendencja wzrostowa współczynnika qNu odmiany Aura nie wystąpiła tylko po dwukrotnej aplikacji biostymulatora na rośliny fasoli. Identyczną tendencję stwierdzono u odmiany Toska po dwukrotnym opryskiwaniu roślin 0,1% roztworem Asahi SL. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono większy wzrost wartości wskaźnika wygaszania niefotochemicznego u roślin odmiany Toska w porównaniu z odmianą Aura.

Słowa kluczowe:

biostymulator, fotosynteza, aktywność, fluorescencja, chlorofil, fasola

Keywords:

biostimulant, photosynthesis, activity, fluorescence, chlorophyll, bean