

JANUSZ PRUSIŃSKI
MAGDALENA BOROWSKA
EWA KASZKOWIAK

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Wybrane wskaźniki produktywności roślin bobiku w warunkach wzrastającego nawożenia azotem

Chosen productivity indexes of faba bean fertilized with increasing N doses

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe wykonano w latach 2004–2007 na polu doświadczalnym Stacji Badawczej Wydziału Rolniczego Uniwersytetu Technologiczno - Przyrodniczego w Bydgoszczy. Czynniki pierwsze stanowiły cztery dawki azotu N: 0, 30, 60 i 90 kg·ha⁻¹ zastosowane przed siewem w postaci saletry amonowej zawierającej po 50% azotu amonowego i azotanowego. W fazie 8–10 liści, na początku pąkowania oraz na początku i na zakończenie kwitnienia rośliny opryskiwano jedną czwartą z 30, 60 i 90 kg N kg·ha⁻¹ w moczniku z dodatkiem 7·H₂O·MgSO₄ (czynnik drugi). Obiekt kontrolny stanowiły poletka nieopryskiwane mocznikiem. W 3–4 dni po ostatnim oprysku roślin mocznikiem, na zakończenie fazy kwitnienia, określono LAI (Sun Scan Canopy Analysis System, UK) i zawartość chlorofilu w liściach (SPAD, Minolta), a po zbiorze także plon biomasy oraz indeks żniwny. We wszystkich latach warunki wilgotnościowego do dnia pomiarów były podobne, ale końcowy plon biomasy bobiku był silnie zróżnicowany i kształtowany głównie przez sumę opadów w okresie rozwoju generatywnego. Nie stwierdzono addytywnego oddziaływania dawek azotu zastosowanych doglebowo i dolistnie na końcowy plon biomasy bobiku i badane wskaźniki. W niekorzystnych warunkach wilgotnościowych indeks żniwny ulegał zmniejszeniu wraz ze wzrostem nawożenia azotowego. Stwierdzono, że wysokie wartości wskaźnika LAI zmierzone na zakończenie fazy kwitnienia nie były miarodajnym wskaźnikiem do prognozowania wysokości plonu końcowego biomasy bobiku ani udziału w nim plonu nasion.

Słowa kluczowe: bobik, LAI, indeks żniwny (HI), nawożenie i dokarmianie N, plon biomasy, SPAD

The strict 2-factor field experiment was carried out in 2004–2007 at the Mochełek Experiment Station of Bydgoszcz University of Technology and Life Sciences. The first factor constituted four nitrogen doses (0, 30, 60 and 90 kg N·ha⁻¹) applied before faba bean sowing in ammonium nitrate containing 50% of N-NO₃ and N-NH₄. At 8–10 leaves stage, at plant budding and at the beginning and before the end of flowering 30, 60 and 90 kg N·ha⁻¹ in urea with 7·H₂O·MgSO₄ were applied at four equal parts of each dose. Control was not sprayed with urea. LAI (SunScan Canopy Analysis System, UK) and chlorophyll content in leaves (SPAD, Minolta) were measured 3–4 days after the last urea application; yield of total biomass and harvest index were also determined. In all the years studied, water conditions for faba bean plants up to the date of measurements were similar; however, the total yield of biomass was strongly differentiated and mainly affected by the rainfall in the generative period.

No additive effects of pre-sowing and foliar application of N on the total biomass yield and values of indexes were found. Under unfavorable water conditions harvest index decreased with increasing pre-sowing N doses. It was concluded that a high LAI value measured just before the end of faba bean plant flowering was a reliable index for prediction neither a final high yield of biomass nor the share of seed yield in total biomass yield.

Key words: faba bean, LAI, HI, N fertilization and foliar application, yield of biomass, SPAD

WSTĘP

Analiza wskaźnikowa wzrostu wykorzystywana do oceny i prognozowania produktywności roślin pozwala śledzić ich wzrost i wydajność fotosyntetyczną, która w dużym stopniu zależy od wielkości aparatu asymilacyjnego całych roślin w łanie i długości życia tych organów, które o fotosyntezie decydują w największym stopniu (Starck, 1998). U roślin strączkowych należą do nich liście z przylistkami, a także wąsy czepne, łodygi i strąki (Nalborczyk, 1993).

Najczęściej stosowanym wskaźnikiem do oceny dynamiki wzrostu i akumulacji biomasy jest wskaźnik powierzchni liściowej (LAI) stanowiący wielokrotność powierzchni liści w stosunku do powierzchni zajmowanej przez łan. W zależności od intensywności fotosyntezy ta sama powierzchnia liści może produkować różną biomasę (Starck, 1998). Wartość LAI 3,5–4 pozwala teoretycznie na uzyskanie maksymalnej wydajności fotosyntezy i maksymalnego plonu nasion (Westgate, 1999). Jednak tylko w optymalnych warunkach świetlnych, wilgotnościowych i troficznych, przy jednoczesnej ochronie przed chorobami i szkodnikami, uzyskać można wysoki plon biomasy i organów użytkowych.

Zarówno przebieg wegetacji jak i plonowanie bobiku są silnie uzależnione od warunków pogodowych, zwłaszcza w okresie generatywnego rozwoju roślin (Kotecki, 1990; Pena, Castellanos, 1993; Podleśny, Kocoń, 2006) i w różnym stopniu są kształtowane przez nawożenie azotowe (Benedycka i in., 1995; Buttery, Gibson, 1990; Day i in., 1979; Nowak, Benedycka, 1997).

Powszechnie znane ostre niedobory azotu występują u bobowatych znacznie rzadziej niż u roślin pozbawionych zdolności asymilacji N_2 . Jedną z metod oceny stopnia zaopatrzenia roślin w azot jest określenie zawartości chlorofilu w liściach (Machul, 2001), którą można wykorzystać w ustalaniu dawek nawożenia tym składnikiem i w prognozowaniu wysokości plonu np. ziarna zbóż (Fotyma, 1997).

Hipoteza badań zakłada, że ciągłe zaopatrywanie roślin bobiku w N mineralny w okresie wegetacji pozwoli na pełne pokrycie zapotrzebowania roślin na ten składnik, co wpłynie korzystnie na rozwój masy wegetatywnej i zapewni wysoką wydajność fotosyntetyczną łanu. Celem badań własnych była ocena wpływu przedsięwziętego nawożenia i pogłównego dokarmiania roślin bobiku N na ważniejsze wskaźniki produktywności roślin.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe w układzie losowanych podbloków w 4 powtórzeniach wykonano w latach 2004 – 2007 w Stacji Badawczej UTP w Mochelku na

glebie kompleksu żytanego bardzo dobrego. Przedmiotem badań był bobik odmiany Bobas. Czynniki pierwsze stanowiły cztery dawki azotu N: 0, 30, 60 i 90 kg·ha⁻¹ zastosowane przed siewem w postaci saletry amonowej zawierającej po 50% azotu amonowego i azotanowego. W fazie 8–10 liści, na początku pąkowania, na początku i przed końcem kwitnienia rośliny opryskiwano jedną czwartą z 30, 60 i 90 kg N·ha⁻¹ w moczniku z dodatkiem 7·H₂O·MgSO₄ (czynnik drugi). Obiekt kontrolny stanowiły poletka nieopryskiwane mocznikiem. Nawożenie P i K właściwe dla bobika wynikało z zasobności gleby w te składniki i wynosiło 57–70 kg P₂O₅ i 72–92 kg K₂O·ha⁻¹, a odczyn gleby 6,3–6,6. Zawartość N_{min} oznaczana każdego roku na wiosnę w warstwie 0–60 cm wynosiła w kolejnych latach badań 76,1; 72,2; 54,9 i 86,4 kg N·ha⁻¹. Siew bobika na głębokość 8–10 cm i przy rozstawie rzędów 20 cm wykonano 2, 6, 11 i 3 kwietnia przy normie wysiewu zakładającej 75 roślin na 1 m² po wschodach. Powierzchnia poletka do siewu wynosiła 16,8 m², a do zbioru — 13,2 m². Bezpośrednio po siewie zastosowano 1,4 dm³·ha⁻¹ Afalonu 50WP, a w fazie 2–6 liści — dwukrotne bronowanie zasiewów. Oprócz dolistnego dokarmiania, rośliny opryskiwano też dwukrotnie preparatem Fastac 100 EC przeciwko strąkowcowi bobowemu i mszycom, które występowały w umiarkowanym nasileniu. Występowanie innych agrofagów było niewielkie i nie uzasadniało stosowania specjalistycznych zabiegów ochronnych.

Na każdym poletku na zakończenie kwitnienia, w 3–4 dni po ostatnim oprysku, określono LAI za pomocą SunScan Canopy Analysis System (ΔT Devices Ltd., UK), a także zawartość chlorofilu w 30 najmłodszych liściach przy użyciu N-testera firmy Minolta. Oznaczono plon całkowity powietrznie suchej biomasy nadziemnej (plon nasion i słomy) oraz wyliczono indeks żniwny (harvest index jako stosunek plonu nasion do plonu biomasy części nadziemnych). Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji dla 2-czynnikowego doświadczenia polowego. Istotność różnic testowano testem Tukeya przy $\alpha = 0,05$.

Warunki pogodowe w latach badań były silnie zróżnicowane (tab. 1). Rok 2004 charakteryzował się nieco niższymi niż średnie wieloletnie sumami opadów od maja do lipca i prawie 140 mm opadem w sierpniu, przy blisko 18°C średniej temperaturze powietrza. W latach 2005 i 2006 korzystne warunki wilgotnościowe odnotowano w okresie rozwoju wegetatywnego roślin, a znaczący niedobór opadów wystąpił od początku czerwca do końca sierpnia przy bardzo wysokiej średniej dziennej temperaturze, szczególnie w lipcu 2005 (19,4°C) oraz w czerwcu (16,8°C) i lipcu (22,4°C) 2006 roku. Z kolei w 2007 roku w maju, a zwłaszcza w czerwcu i lipcu opady były znacznie wyższe od średnich wieloletnich przy przeciętnych warunkach termicznych.

Suma opadów w okresie wegetacji bobika w kolejnych latach badań wynosiła odpowiednio 233, 152,1, 156,1 i 308 mm (rys. 1). W okresie wzrostu wegetatywnego roślin porównywalną ilość opadów odnotowano w latach 2005, 2006 i 2007, a nieco niższą w 2004 roku. Z kolei warunki wodne dla okresu generatywnego (od początku kwitnienia do pełnej dojrzałości nasion) były podobne w latach 2004 i 2007 oraz w 2005 i 2006. Stąd też w dalszej części pracy przedstawiono syntezę wyników badań 4-letniego

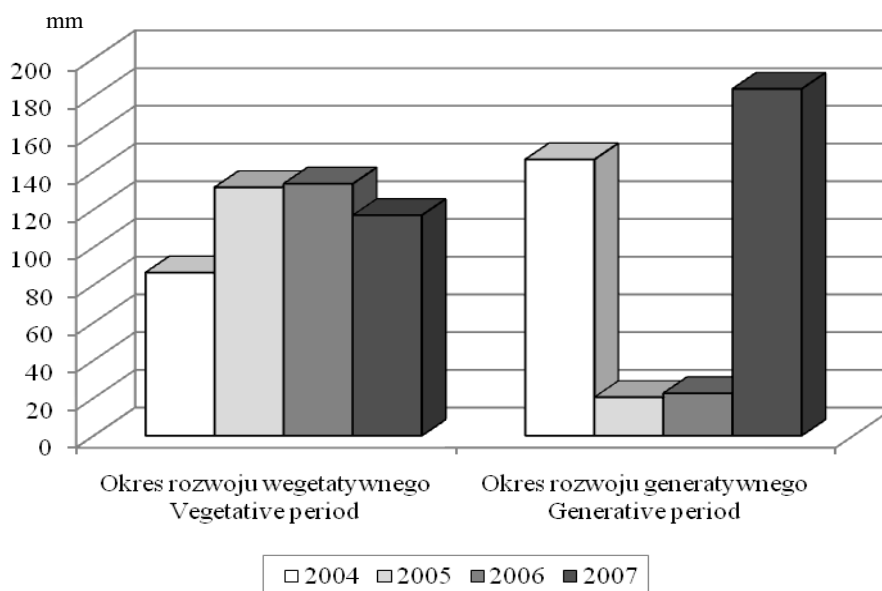
doświadczenie dla warunków wilgotnościowych korzystnych (2004 i 2007) i niekorzystnych (2005 i 2006) dla rozwoju i plonowania bobiku.

Tabela 1

Średnia dobowa temperatura powietrza (°C) i suma opadów (mm) według notowań Stacji Badawczej w Mochelku

Mean air temperature (°C) and rainfall (mm) according to the Mochelek Experiment Station

Lata Years	Miesiąc – Month					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Temperatura 2004	7,5	11,3	14,7	16,4	17,9	12,7
Temperature 2005	7,4	12,2	14,9	19,4	16,3	14,8
Temperature 2006	7,1	12,5	16,8	22,4	16,6	15,2
(°C) 2007	8,5	13,8	18,2	18,0	17,8	12,4
Średnia temperatura w latach 1996–2006	7,7	13,1	16,0	18,3	17,8	13,1
Mean temperature for 1996–2006						
Opady 2004	32,1	54,4	39,6	53,5	138	40,0
Rainfall 2005	34,8	82,6	30,5	33,6	43,4	17,8
(mm) 2006	77,0	59,9	21,8	24,2	129	40,6
2007	17,6	73,1	105,5	104,7	42,1	37,6
Średnia suma opadów w latach 1996–2006	32,8	61,6	43,9	80,2	65,9	47,8
Mean rainfall for 1996–2006						



Rys. 1. Suma opadów w okresie wegetatywnego wzrostu i generatywnego rozwoju bobiku
Fig. 1. Rainfall in the period of vegetative growth and generative development of faba bean

WYNIKI I DYSKUSJA

Wzrost i rozwój bobiku są silnie związane z wrażliwością roślin na niedobór opadów, zwłaszcza w okresie intensywnego wzrostu i kwitnienia (Kotecki, 1990; Podleśny, Kocoń, 2006). Według badań COBORU w latach 2004–2007 okres wegetacji trwał kolejno 132, 125, 108 i 127 dni (Dolata, Wiatr, 2005; Wiatr, Dolata, 2007). W badaniach własnych wykonanych na lekkiej glebie i w korzystnych warunkach wilgotnościowych okres wegetacji wynosił od 112 do 125 dni, a w warunkach niekorzystnych 92–105 dni, przy czym okres wegetatywny był podobny i trwał odpowiednio 62–68 i 61–66 dni.

W badaniach własnych LAI zmierzono na zakończenie kwitnienia roślin bobiku połączonego z zawiązywaniem strąków, kiedy jego wartość osiąga swoje maksimum, a przyrost powierzchni liści ustaje (Boote i in., 2002). W mało zróżnicowanych warunkach wilgotnościowych w okresie wzrostu wegetatywnego roślin, wzrost masy wegetatywnej był w latach badań podobny, a wskaźnik LAI wynosił od 3,23 do 3,72 po zastosowaniu przedsięwzięcia saletry amonowej i od 3,09 do 3,87 po zastosowaniu pogłównie mocznika (tab. 2). Nieco niższy wskaźnik LAI w latach o niekorzystnych warunkach wilgotnościowych był spowodowany najpewniej dotkliwą suszą obserwowaną już począwszy od zakwitnięcia roślin w latach 2005 i 2006, stąd zapewne nie następował dalszy przyrost ani powierzchni liściowej ani masy wegetatywnej roślin.

Tabela 2

LAI bobiku w fazie końca kwitnienia roślin w zależności od przedsięwzięcia i dolistnego stosowania azotu i warunków wilgotnościowych w okresie rozwoju generatywnego
Faba bean LAI depending on pre-sowing and foliar application of N and water conditions in the generative period

Warunki wilgotnościowe w okresie rozwoju generatywnego Water conditions in generative period	Nawożenie N — N fertilization		
	dawka N (kg·ha ⁻¹) N dose (kg·ha ⁻¹)	przedsięwzięcie pre-sowing	dolistne foliar
Niekorzystne (2005 i 2006) Unfavorable (2005 and 2006)	0	3,04 a	3,04 a
	30	3,07 a	3,11 a
	60	3,17 a	2,94 a
	90	3,62 a	3,26 a
Korzystne (2005 i 2006) Favorable (2005 and 2006)	0	3,72 b	3,72 b
	30	3,27 b	3,67 b
	60	4,15 a	4,30 a
	90	3,77 ab	3,77 ab

Średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnach nie różniły się istotnie przy $\alpha = 0,05$
 Means followed by the same letters in columns did not differ significantly at $\alpha = 0.05$

Wzrost masy wegetatywnej roślin oprócz uwarunkowań wilgotnościowych zależy w dużym stopniu od nawożenia mineralnego azotem oraz od zawartości N_{\min} w glebie (Fotyma, 1997). W przypadku roślin strączkowych jest on również modyfikowany przez efektywność układu symbiotycznego, która ma większe znaczenie w gromadzeniu azotu w nasionach niż częściach wegetatywnych; na rozwój tych ostatnich wpływa bardziej azot glebowy lub mineralny (Rubes 1980). Jednak w latach badań o niekorzystnych warunkach wilgotnościowych (2005 i 2006) i zbliżonej zasobności gleby w N_{\min} wczesną wiosną, nie stwierdzono istotnego wpływu zastosowanego nawożenia saletrą ani dokarmiania roślin

mocznikiem czy też współdziałania ich dawek na wartość LAI. W latach suchych można zaobserwować pewne tendencje do wzrostu jego wartości w miarę zwiększania dawek nawożenia przedsiewnego, w latach wilgotnych (2004 i 2007) dawka 60 kg N·ha⁻¹ zastosowana przedsiewnie lub dolistnie gwarantowała istotnie wyższą wartość LAI.

Właściwe zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe nie tylko wpływa na wielkość LAI, ale także na przedłużenie aktywności fotosyntetycznej roślin (Strack, 1998; Wojcieszka, 1993, 1994), która swoje maksimum osiąga w końcu kwitnienia i we wczesnych stadiach wypełniania strąków (Nelson i in., 1984). Wyniki badań wazonowych w wyprażonym piasku wskazują, że rosące dawki N wpływają na zwiększenie całkowitej biomasy i zawartości N w liściach bobiku (Jia, Gray, 2004), która jest skorelowana z zawartością w nich chlorofilu (Machul, 2001). W badaniach własnych zawartość chlorofilu w liściach bobiku zmierzona, podobnie jak LAI, w końcu kwitnienia wyniosła około 45 jednostek SPAD (tab. 3). N-tester mierzy różnice między absorpcją światła przy długości fal 650 i 940 nm i wyraża zawartość chlorofilu w jednostkach SPAD będących ilorzem tych wartości. Wiadomo, że wraz ze wzrostem wartości SPAD rośnie stopień odżywienia roślin azotem (Machul, 2001), jednak w badaniach własnych nie zanotowano istotnego wpływu zastosowanego nawożenia azotowego na kształtowanie się zawartości chlorofilu w liściach bobiku. Uzyskane wyniki nie wskazują, aby zastosowane nawożenie lub dokarmianie bobiku azotem oddzielnie czy łącznie różnicowały dostępność N glebowego czy też atmosferycznego dla roślin bobiku i to zarówno w korzystnych jak i niekorzystnych warunkach wilgotnościowych. Zdaniem Prusińskiego (2007) u bobiku czynnikiem różnicującym zawartość chlorofilu jest przede wszystkim faza rozwojowa roślin, a oznaczenie wpływu nawożenia azotowego na zawartość chlorofilu w liściach za pomocą chlorofilometru jest praktycznie niemożliwe do udowodnienia.

Tabela 3

Zawartość chlorofilu w liściach bobiku w fazie końca kwitnienia roślin w jednostkach SPAD w zależności od przedsiewnego i dolistnego stosowania azotu i warunków wilgotnościowych w okresie rozwoju generatywnego
Chlorophyll content in faba bean leaves at the end of plant flowering in SPAD units depending on pre-sowing and foliar application of N and water conditions in the generative period

Warunki wilgotnościowe w okresie rozwoju generatywnego Water conditions in generative period	Nawożenie N — N fertilization	
	predsiewne pre-sowing	dolistne foliar
Niekorzystne (2005 i 2006) — Unfavorable (2005 and 2006)	45,2	45,7
Korzystne (2005 i 2006) — Favorable (2005 and 2006)	45,5	45,6

Uzyskane w badaniach własnych wartości wskaźnika LAI bobiku, podobne do wyników Westgate (1999) na soi, pozwalały przypuszczać, że plon biomasy będzie w kolejnych latach porównywalny i wysoki. Tymczasem w końcu okresu wegetacji różnica w plonie biomasy bobiku w latach o korzystnych i niekorzystnych warunkach wilgotnościowych, głównie w od początku zakwitnięcia roślin, była prawie 3-krotna (tab. 4), co oznacza znaczny jej przyrost także w fazie generatywnej w latach 2004 i 2007, w której odnotowano 146–184 mm opadów, podczas gdy w latach niekorzystnych 2005 i 2006 tylko 20,4 i 22,5 mm. Zdaniem Podleśnego i Kocoń (2006) susza silnie ogranicza

powierzchnię liści oraz natężenie fotosyntezy bobiku, a według Penny i Casstellanos (1993) także brodawkowanie roślin i efektywność wiązania N_2 , które może ulec zwiększeniu w następstwie poprawy warunków wilgotnościowych, ale tylko w fazie wegetatywnej. Generalnie uważa się, że przyrost biomasy bobiku osiąga swoje maksimum w końcu fazy kwitnienia na skutek m. in. ograniczenia pobierania składników pokarmowych w wyniku spadku aktywności fizjologicznej korzeni (Podleśna, Wojcieszka-Wyskupajtyś, 1996), wyczerpania zawartości azotu w liściach oraz ograniczenia fotosyntezy (Nalborczyk, 1993; Nelson i in., 1984; Wojcieszka, 1994), co powoduje, że podczas zbioru zmieniają się tylko proporcje udziału nasion i innych części w plonie ogólnym biomasy (Księżak, 2007).

Wyniki ścisłych badań polowych wskazują na korzystny wpływ rosnących dawek nawożenia azotowego na plonowanie bobiku (Benedycka i in., 1995; Nowak, Benedycka, 1997), w tym dolistnego dokarmiania roślin mocznikiem (Day i in., 1979), ale także ich niekorzystne oddziaływanie na produktywność roślin (Buttery, Gibson, 1990). Kulig i Ziółek (1996) zwracają uwagę na współdziałanie warunków wilgotnościowych i nawożenia azotowego w plonowaniu bobiku — w latach o zbliżonym do jego wymagań wodnych rozkładzie opadów, rosnące dawki N wpływają na zwiększenie plonu nasion, a w niekorzystnych — obserwuje się zmniejszenie efektywności nawożenia azotowego ze zmniejszeniem plonu nasion włącznie. W badaniach własnych, w niekorzystnych warunkach wilgotnościowych w okresie generatywnym dla uzyskania najwyższego plonu wystarczyło zastosowanie $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ przedsiwnie w formie saletry amonowej (tab. 4).

Tabela 4

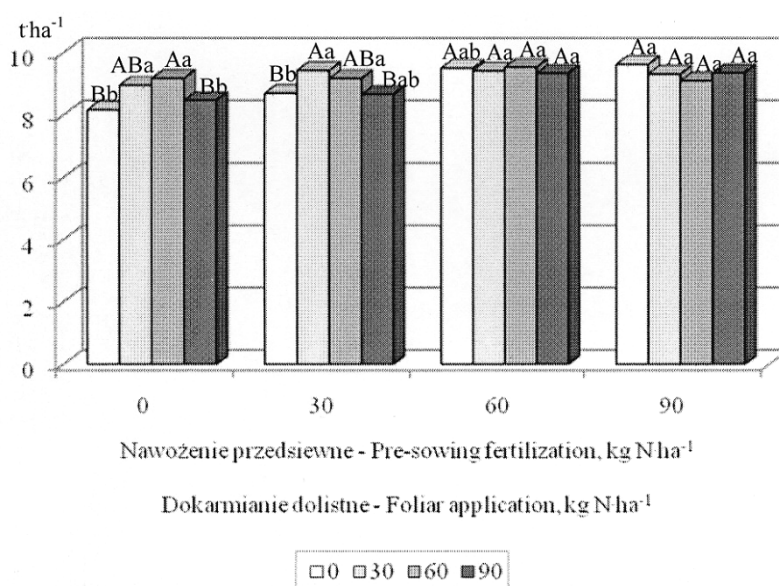
Plon biomasy bobiku w $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w zależności od przedsiwniego i dolistnego stosowania azotu i warunków wilgotnościowych w okresie rozwoju generatywnego
Faba bean biomass yield in $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ depending on pre-sowing and foliar application of N and water conditions in the generative period

Warunki wilgotnościowe w okresie rozwoju generatywnego Water conditions in generative period	Nawożenie N — N fertilization		
	dawka N ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) N dose ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	przedsiwne pre-sowing	dolistne foliar
Niekorzystne (2005 i 2006) Unfavorable (2005 and 2006)	0	3,12 b	3,12 a
	30	3,64 a	3,08 a
	60	3,31 ab	3,09 a
	90	3,18 b	3,29 a
Korzystne (2005 i 2006) Favorable (2005 and 2006)	0	8,61 b	8,61 b
	30	8,70 b	8,96 ab
	60	9,50 a	9,18 a
	90	9,62 a	8,44 b

Średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnach nie różniły się istotnie przy $\alpha = 0,05$
 Means followed by the same letters in columns did not differ significantly at $\alpha = 0.05$

Z kolei w latach o korzystnym pod względem opadów, zastosowanie 60 kg przedsiwnie lub $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ dolistnie wpływało na istotny w stosunku do kontroli wzrost plonu biomasy. Odnotowano również istotne współdziałanie zastosowanych rodzajów nawożenia i dawek azotu na plon biomasy. W latach wilgotnych plon biomasy bobiku uzyskany bez nawożenia przedsiwniego azotem, ale dokarmianego $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w moczniku lub zebrany

z obiektów nawożonych przedsięwzię i dokarmianych dawkami po 30 kg N·ha⁻¹ był istotnie wyższy w stosunku do kontroli (bez nawożenia i dokarmiania roślin) lub dokarmianego dawką 90 kg N·ha⁻¹ (rys. 2). Na wyższych poziomach nawożenia przedsięwzię, dokarmianie bobiku N nie wpływało na istotny przyrost plonu biomasy. W warunkach znacznej zasobności gleby w N oraz po zastosowaniu wysokich dawek nawożenia azotowego, efektywność układu symbiotycznego maleje (Buttery, Gibson, 1990; Wojcieszka, 1993) i być może dodatkowe dokarmianie roślin rekompensowało tylko plon biomasy możliwy do uzyskania w takich warunkach. Z kolei w niekorzystnych warunkach wilgotnościowych współdziałanie obu form azotu dotyczyło tylko istotnego zmniejszenia plonu biomasy bobiku nawożonego 30 kg N·ha⁻¹ w saetrze i dokarmianego dawkami 60 i 90 kg N·ha⁻¹ w moczniku. Niekorzystne warunki wilgotnościowe są przyczyną nie tylko znacznego zmniejszenia efektywności układu symbiotycznego (Pena-Cabrales, Castellanos, 1993), ale także nawożenia azotowego (Podleśny, Kocóń, 2006).



Rys. 2. Plon biomasy bobiku w korzystnych warunkach wilgotnościowych w zależności od współdziałania nawożenia przedsięwzię i dolistnego dokarmiania roślin azotem (średnie oznaczone tą samą małą literą alfabetu w obrębie tych samych dawek N w saetrze i dużą dla dawek N w moczniku na poszczególnych poziomach nawożenia saetrą nie różniły się istotnie przy $\alpha = 0,05$)
Fig. 2. Faba bean biomass yield under favorable water conditions depending on the relationship between pre-sowing and foliar application of nitrogen (means followed by the same small letters for equal N doses in ammonium nitrate and by capital letters for N doses in urea at particular levels of fertilization with ammonium nitrate did not differ significantly at $\alpha = 0,05$)

Znana jest powszechnie skłonność roślin strączkowych do tworzenia wysokiego plonu części wegetatywnych — często zbyt dużego do wytworzenia wysokiego plonu nasion, zwłaszcza w korzystniejszych warunkach wilgotnościowych podczas wzrostu roślin, co

powoduje znaczne obniżenie indeksu żniwnego (HI) (Nalborczyk, 1993). Odmienne warunki wilgotnościowe w latach badań własnych począwszy od zakwitnięcia roślin silnie modyfikowały jego wartość (tab. 5).

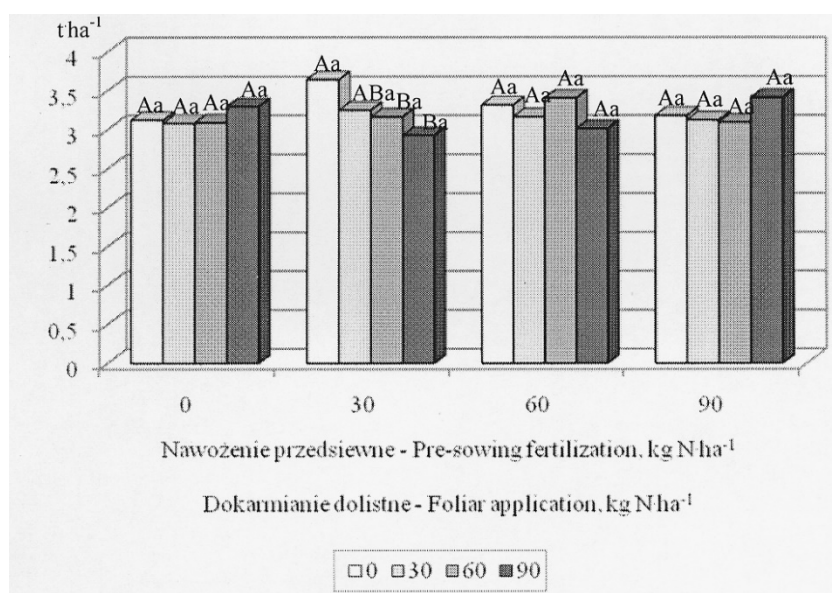
Tabela 5

Indeks żniwny bobiku w % w zależności od przedsiewnego i dolistnego stosowania azotu i warunków wilgotnościowych w okresie rozwoju generatywnego
Faba bean harvest index in % depending on pre-sowing and foliar application of N and water conditions in the generative period

Warunki wilgotnościowe w okresie rozwoju generatywnego Water conditions in generative period	Nawożenie N — N fertilization		
	dawka N (kg·ha ⁻¹) N dose (kg·ha ⁻¹)	przedsiewne pre-sowing	dolistne foliar
Niekorzystne (2005 i 2006) Unfavorable (2005 and 2006)	0	37,5 a	35,7 b
	30	33,8 ab	40,7 a
	60	33,0 ab	39,7 a
	90	32,5 b	39,2 ab
Korzystne (2005 i 2006) Favorable (2005 and 2006)	0	63,7 a	63,7 a
	30	63,7 a	63,6 a
	60	63,0 a	65,0 a
	90	62,5 a	63,8 a

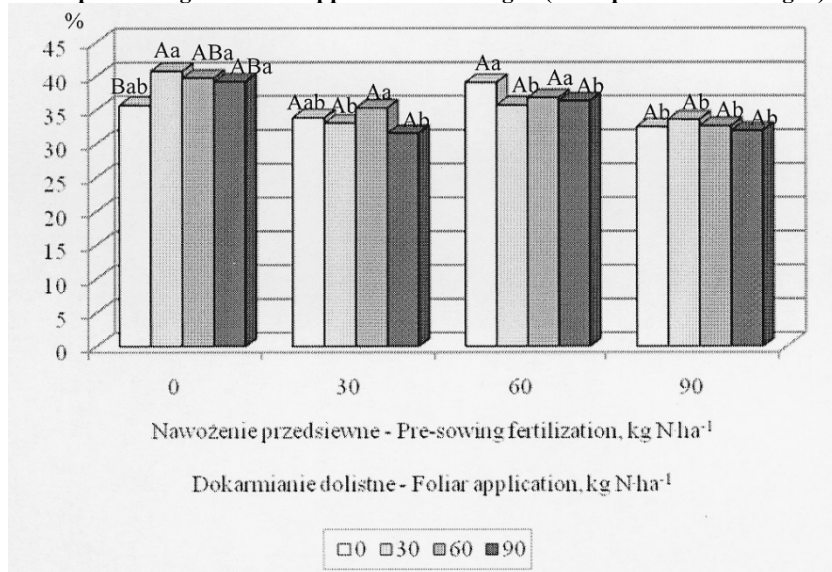
Srednie oznaczone tymi samymi literami w kolumnach nie różniły się istotnie przy $\alpha = 0,05$
 Means followed by the same letters in columns did not differ significantly at $\alpha = 0.05$

W latach suchych HI wyniósł około 36% i był istotnie najwyższy na obiekcie kontrolnym. Można zatem wnioskować, że rosące dawki N mineralnego w saletrze amonowej zwiększały masę wegetatywną roślin nie przyczyniając się do wzrostu udziału plonu nasion w całkowitym plonie biomasy bobiku. W niekorzystnych warunkach wilgotnościowych dodatek 30 kg N·ha⁻¹ w moczniku zastosowanym na zerowej dawce N w formie saletry amonowej wpłynął na istotny w stosunku do kontroli (bez nawożenia i dokarmiania) wzrost HI (rys. 4). Na pozostałych obiektach nawożonych saletrą amonową nie stwierdzono istotnego wpływu żadnej z zastosowanych dawek mocznika na HI. Z kolei w korzystnych warunkach wilgotnościowych indeks żniwny wynosił 63%, a zastosowane dawki N nie kształtowały istotnie jego wartości i nie stwierdzono istotnego współdziałania nawożenia przedsiewnego i dokarmiania dolistnego roślin bobiku azotem na jego wartość. W latach tych wysokiej masie wegetatywnej roślin towarzyszył wysoki plon nasion, czego nie obserwowano w latach suchych. Nalborczyk (1996) podaje, że u bobiku pierwsze strąki powstają wówczas, gdy następuje silny wzrost łodygi na wysokość — brak dostatecznej ilości wody i składników pokarmowych w tej fazie, w tym głównie azotu, powoduje silne ograniczenie plonu nasion i znaczne zmniejszenie indeksu żniwnego.



Rys. 3. Plon biomasy bobiku w niekorzystnych warunkach wilgotnościowych w zależności od współdziałania nawożenia przedsiewnego i dolistnego dokarmiania roślin azotem (oznaczenia jak na rys. 2)

Fig. 3. Faba bean biomass yield under unfavorable water conditions depending on the relationship between pre-sowing and foliar application of nitrogen (for explanations see Fig. 2)



Rys. 4. Indeks żniwny bobiku w niekorzystnych warunkach wilgotnościowych w zależności od współdziałania nawożenia przedsiewnego i dolistnego dokarmiania roślin azotem (oznaczenia jak na rys. 2)

Fig. 4. Faba bean harvest index under unfavorable water conditions depending on the relationship between pre-sowing and foliar application of nitrogen (for explanations see Fig. 2)

WNIOSKI

1. W podobnych warunkach wilgotnościowych w okresie wzrostu wegetatywnego roślin końcowy plon biomasy bobiku był silnie kształtowany przez sumę opadów w okresie rozwoju generatywnego.
2. Nie stwierdzono addytywnego oddziaływania dawek azotu w zakresie od 0 do 90 kg·ha⁻¹ zastosowanych przedsiwennie i od 0 do 90 kg·ha⁻¹ dolistnie na plon końcowy biomasy bobiku oraz na LAI, zawartość chlorofilu w liściach i indeks żniwny.
3. Przedsiwennie nawożenie bobiku dawką 30 kg N·ha⁻¹ w latach o niekorzystnych warunkach wilgotnościowych i 60 kg N·ha⁻¹ w warunkach korzystnych wpłynęło na istotny w stosunku do kontroli wzrost plonu końcowego biomasy.
4. Mocznik zastosowany dolistnie w latach niekorzystnych pod względem warunków wilgotnościowych nie kształtował istotnie plonu biomasy, podczas gdy w warunkach wilgotnościowych wyższy od kontroli plon biomasy uzyskano po zastosowaniu 30 i 60 kg N·ha⁻¹.
5. W niekorzystnych warunkach wilgotnościowych przedsiwennie nawożenie azotowe wpływało na obniżenie indeksu żniwnego, czego nie obserwowano w warunkach korzystnych.
6. Wysokie wartości wskaźnika LAI zmierzone na zakończenie fazy kwitnienia nie były miarodajnym wskaźnikiem wysokości końcowego plonu biomasy bobiku ani udziału w nim plonu nasion.
7. Zastosowane dawki i formy azotu mineralnego nie kształtowały istotnie zawartości chlorofilu w liściach bobiku, niezależnie od warunków wilgotnościowych w okresie wegetacji.

LITERATURA

- Benedycka Z., Nowak G. A., Wierzbowska J., Klasa A. 1995. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i gospodarkę mineralną bobiku. Cz. I. Plonowanie roślin. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura 61: 55 — 64.
- Boote K. J., Minquez M. I., Sau F. 2002. Adapting the CROPGRO legume model to stimulate growth of faba bean. J. Agron. 94: 743 — 756.
- Buttery B. R., Gibson A. H. 1990. The effect of nitrate on the time course of nitrogen fixation and growth in *Pisum sativum* and *Vicia faba*. Plant and Soil 127: 143 — 146.
- Day J. M., Roughley R. J., Witty J. F. 1979. The effect of planting density, inorganic nitrogen fertilizer and supplementary carbon dioxide on yield of *Vicia faba* L. J. Agric. Sci., Cambridge, 93: 629 — 633.
- Dolata A., Wiatr K. 2005. Syntezy wyników doświadczeń rejestrowych. Rośliny strączkowe 41. COBORU Słupia Wielka.
- Fotyma E. 1997. Wyznaczanie dawek nawozów azotowych na podstawie analizy gleby i roślin. Zesz. Eduk. IMUZ Falenty 4: 49 — 56.
- Jia Y., Gray V.M. 2004. Interrelationships between nitrogen supply and photosynthetic parameters in *Vicia faba* L. Photosynthetica 41 (4): 605 — 610.
- Kotecki A. 1990. Wpływ układu warunków wilgotnościowo-termicznych na rozwój i plonowanie bobiku Nadwiślański. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo LII: 85 — 96.
- Księżak J. 2007. Dynamika przyrostu masy i akumulacja azotu przez odmiany bobiku o zróżnicowanej budowie morfologicznej. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sectio E (w druku).

- Kulig B., Ziółek W. 1996. Plonowanie zróżnicowanych morfologicznie odmian grochu siewnego i bobiku w zależności od nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 446: 207 — 212.
- Machul M. 2001. Ocena stanu odżywienia roślin azotem z zastosowaniem testów roślinnych. *Post. Nauk Rol.* 3: 71 — 83.
- Nalborczyk E. 1993. Biologiczne uwarunkowania produktywności roślin strączkowych. *Fragm. Agron.* 4: 147 — 150.
- Nelson D. R., Bellville R. J., Porter C. A. 1984. Role of nitrogen assimilation in seed development of soybean. *Plant. Physiol.* 74: 128 — 133.
- Nowak G., Benedycka Z. 1997. Ustalenie zasad nawożenia azotem roślin bobiku. *Biul. Nauk. ART w Olsztynie* 12 (1): 155 — 157.
- Pena-Cabriales J. J., Castellanos J. Z. 1993. Effects of water stress on N₂ fixation and grain yield of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant and Soil* 152 (1): 151 — 155.
- Podleśna A., Wojcieszka-Wyskupajtyś U. 1996. Dynamika pobierania mikrośkładników przez groch w zależności od żywienia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434: 13 — 17.
- Podleśny J., Kocoń A. 2006. Wpływ stresu suszy na rozwój i plonowanie dwóch genotypów bobiku. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 509: 125 — 131.
- Prusiński J. 2007. Content and balance of nitrogen in faba bean fertilized with ammonium nitrate and fed additionally with urea. *EJPAU* 10 (4), #24. <http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue4/art-24.html>.
- Rubes L. 1980. Dusikate hnojeni pri imobilizaci pudniho dusiku u bobu (*Faba vulgaris* Moench.). *Rost. Vyr.* 26 (10): 2021 — 2030.
- Starck Z. 1998. Fizjologiczne podstawy produktywności roślin. W: *Podstawy fizjologii roślin*. Red. J. Kopcewicz i S. Lewak. PWN, Warszawa.
- Westgate M. E. 1999. Managing soybean for photosynthetic efficiency. In: *World soybean research*. Ed. H.E. Kauffman. 6th Int. Conf., Chicago: 223 — 228.
- Wiatr K., Dolata A. 2007. Syntezy wyników doświadczeń rejestrowych. *Rośliny strączkowe 61*. COBORU Słupia Wielka.
- Wojcieszka U. 1993. Żywienie azotem a przyrost masy i przebieg wybranych procesów fizjologicznych. *Fragm. Agron.* 4: 173 — 174.
- Wojcieszka U. 1994. Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu roślin. Cz. II. Żywienie azotem a fotosynteza, fotorespiracja i oddychanie ciemniowe. *Post. Nauk Rol.* 1: 127 — 142.