

KATARZYNA PANASIEWICZ**WIESŁAW KOZIARA****HANNA SULEWSKA**

Katedra Uprawy Roli i Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Reakcja pszenicy ozimej *Triticum durum* Desf. odmiany Komnata na gęstość siewu i nawożenie azotem

The response of winter wheat *Triticum durum* Desf. cv Komnata to different sowing density and nitrogen fertilization

W pracy badano wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plon i komponenty plonu ozimej formy pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Doświadczenia na odmianie Komnata, przeprowadzono w latach 2006–2007 na polach ZDD Gorzyń filia Złotniki należących do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Eksperyment założono metodą bloków losowanych w 4 powtórzeniach, na glebie zaliczanej do kompleksu żyniego bardzo dobrego. Wykazano, że pszenica twarda odmiany Komnata uprawiana w warunkach gleb lekkich wydała plon ziarna przekraczający średnio 4,0 t·ha⁻¹. Stan odżywienia roślin azotem wyrażony indeksem zazielenienia na obiektach najwyższej plonujących osiągał wartość 520–530 jednostek SPAD.

Słowa kluczowe: pszenica twarda, gęstość siewu, nawożenie azotem, plon, komponenty plonowania, SPAD indeks

The field experiment with triticum durum (*Triticum durum* Desf.), cv. Komnata was conducted in the years 2006–2007 at Poznan University of Life Sciences, experimental station in Złotniki. The experiment of split-block type was carried out in four replications on a very good rye soil complex. It was shown that *Triticum durum* cv. Komnata grown on the light soil produced the grain yield exceeding 4.0 t·ha⁻¹. Nitrogen nutritional status of plants in the plots producing the highest yields reached the SPAD readings up to around 530.

Key words: nitrogen fertilization, sowing density, SPAD index, triticum durum, yield components, yield

WSTĘP

Podstawowym gatunkiem pszenicy uprawianym w Polsce jest pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*). Coraz częściej poszukuje się jednak możliwości uprawy pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.), co podyktowane jest zarówno wzrostem spożycia produktów uzyskiwanych z tego gatunku (makarony, kasze), jak również wysoką ceną tego

zboża na rynkach międzynarodowych (Rachoń i Szumiło, 2006). Wprowadzenie krajowych odmian pszenicy twardej pozwoliłoby na obniżenie kosztów produkcji makaronu przy zachowaniu doskonałej jakości i jednocześnie dało szansę praktyce rolniczej na zwiększenie opłacalności produkcji (Rachoń i in., 2002). Wymaga to jednak możliwie dokładnego rozpoznania czynników warunkujących wzrost i rozwój tego gatunku zboża.

Pomimo dość licznych badań wykonanych w ostatnich latach, stan wiedzy z zakresu reakcji pszenicy twardej na różnorodne czynniki środowiskowe jak i agrotechniczne wymaga dalszych uściśleń, zwłaszcza w odniesieniu do regionalnych uwarunkowań przyrodniczo-rolniczych.

Wielkopolska posiada użytki rolne z dużym udziałem gleb lekkich oraz niskie i nierównomiernie rozłożone opady (Koźmiński i Michalska, 2001), a przy tym charakteryzuje się wysokim poziomem intensywności produkcji rolniczej. Takie uwarunkowania sprawiają, że efekty uprawy wielu roślin rolniczych w tym regionie, zależą szczególnie od układu warunków meteorologicznych w okresie wegetacji.

Głównym czynnikiem plonotwórczym w uprawie roślin jest nawożenie azotem (Delogu i in., 1998; Gonzalez Ponce i in., 1993; Beher i in., 2000). Zwiększanie dawki azotu może znacznie aktywizować wzrost roślin, ale jak podaje Wojcieszka (1994) oraz Blackmer i Schepers (1994) nadmiar tego składnika może być zjawiskiem niepożądanym, a nawet ograniczającym plony ziarna. Stan odżywienia roślin azotem wykazuje związek z ilością wytwarzanego chlorofilu i tym samym decyduje o zabarwieniu liści. Wykorzystując chlorofilometr można zatem pośrednio oceniać zapotrzebowanie roślin w azot (Jaśkiewicz, 2009). O barwie roślin, obok dostępności azotu, decyduje również ich zagęszczenie w łanie i wynikające z tego zjawisko konkurencyjności (Lemaire i Gastal, 1997). Składnik ten odgrywa podstawową rolę w żywieniu roślin, a zależność pomiędzy tworzeniem biomasy i koncentracją azotu wykazali Justes i wsp. (1994).

Celem badań było określenie plonowania pszenicy twardej, odmiany Komnata uprawianej na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego oraz ocena wpływu gęstości siewu i nawożenia azotem na plon ziarna i jego komponenty.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia na pszenicy twardej odmiany Komnata przeprowadzono w latach 2006–2007 na polach ZDD Gorzyń filia Złotniki należących do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Wykonano je w układzie bloków losowanych kompletnych w 4 powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 25 m². Gleba pola doświadczalnego należy do klas bonitacyjnych IVa i IVb, a według przydatności rolniczej do kompleksu 4 (żytni bardzo dobry).

Czynnikiem I — rzędu była gęstość siewu (200, 350, 500, 650 ziaren/m²), a II — rzędu dawka azotu (0, 50, 100, 150 kg N·ha⁻¹).

Nawożenie azotem, zgodnie ze schematem doświadczenia, stosowano w dawce 50 kg N·ha⁻¹ przed siewem i po 50 kg N·ha⁻¹ w fazie krzewienia (BBCH 21) oraz w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 51).

Ponadto przed siewem stosowano nawożenie fosforowe ($34,9 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$) i potasowe ($83 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$). Pszenicę twardą wysiewano po rzepaku ozimym, w trzeciej dekadzie września. Jesienią stosowano ochronę herbicydową preparatem Cougar 600 SC w dawce $1,25 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, a późną wiosną fungicydy Amistar 375 SC w dawce $1 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2006) lub Jubel TT 483 SC $1,5 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2007). Pozostałe zabiegi uprawowe wykonywano zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki pszenicy ozimej.

Zawartość białka ogólnego w ziarnie oznaczono metodą Kjeldahla w laboratorium chemicznym Katedry Uprawy Roli Roślin.

Stan odżywienia roślin azotem (SPAD) oceniono w fazie wczesnej dojrzałości młeczej (BBCH 71-73), za pomocą urządzenia N — Tester, a stosunek powierzchni asymilacyjnej liści roślin pszenicy do powierzchni pola LAI, wyznaczono LAI — metrem firmy Li — Cor w fazie dojrzałości młeczej (BBCH 73-75).

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej metodą analizy wariancji dla układów zrandomizowanych kompletnych *split-plot* (Elandt, 1964). Test szczegółowy wykonano wg Tukey'a na poziomie ufności $P = 0,95$.

Układ warunków termiczno-wilgotnościowych w latach badań był zróżnicowany (tab. 1). Pierwszy rok cechował się chłodną i suchą zimą oraz ciepłą i przeciętnie wilgotną wiosną co korzystnie przełożyło się na plonowanie tego gatunku. Drugi rok był ciepły i obfitujący w opady w zimie ale suchy wiosną, co skutkowało bardzo szybkim ruszeniem vegetacji (początek lutego) i zredukowaniem zawiązków kłosów i ziarniaków oraz zmniejszeniem aparatu asymilacyjnego pszenicy.

WYNIKI

Średnio za dwuletni okres badań plon ziarna pszenicy twardej, odmiany Komnata wynosił $4,12 \text{ t/ha}$. Warunki pogodowe w latach badań, w dużym stopniu wpłynęły na wielkość uzyskanych plonów ziarna tego gatunku. Analiza sum opadów z okresu badań potwierdza zmienność pod tym względem poszczególnych lat jak i okresów rozwoju o największej wrażliwości roślin na niedobory wody.

Liczba dni vegetacji omawianego gatunku od siewu do dojrzałości pełnej wynosiła 301 w pierwszym roku oraz 309 w drugim roku badań. Wynikało to w części z różnic w terminach siewu, ale także ze zróżnicowanych warunków pogodowych w okresie vegetacji, które modyfikowały tempo wzrostu i rozwoju roślin. W obydwu latach badań odnotowano wyższą średnią temperaturę w okresie vegetacji roślin niż średnia temperatura dla tego okresu z wielolecia. Z kolei opady były niższe od sum z wielolecia odpowiednio o $17,3$ i $5,6 \text{ mm}$.

Stosunkowo duże różnice pomiędzy latami prowadzenia doświadczeń, wystąpiły w długości trwania poszczególnych faz rozwojowych. Okres od siewu do wschodów odpowiednio dla lat badań trwał 17 i 13 dni, od wschodów do krzewienia 47 i 50 dni, od krzewienia do strzelania w źdźbło 160 i 155 dni, a okres od fazy strzelania w źdźbło do kłoszenia 31 i 30. Okres kłoszenia do kwitnienia trwał 8 i 10 dni, a kwitnienia do uzyskania dojrzałości młeczej 15 i 20 dni. Okres od stadium dojrzałości młeczej do dojrzałości pełnej wynosił 23 i 31 dni.

Średnią temperaturę powietrza i sumy opadów w poszczególnych okresach wzrostu pszenicy twardej przedstawiono w tabeli 1. W pierwszym roku uprawy pszenicy, odnotowano niższą średnią temperaturę w okresach od siewu do kwitnienia. Natomiast okres od kwitnienia do dojrzałości pełnej charakteryzował się znacznie wyższą temperaturą niż w drugim roku uprawy. W obydwu latach wysokie opady odnotowano w okresie krzewienie-strzelanie w źdźbło, jest to najdłuższy z rozpatrywanych okresów, i wynosiły one odpowiednio 185,2 i 233,2 mm.

Tabela 1

Średnia temperatura powietrza i opady w okresach rozwojowych pszenicy twardej
Average temperature and rainfall during different phases of triticum durum development

Faza rozwojowa Development phase	Temperatura Temperature		Opady Rainfall	
	2006	2007	2006	2007
Siew — wschody Sowing — emergence	14,9	16,5	11,0	14,2
Wschody — krzewienie Emergence — tillering	8,0	8,70	15,7	35,9
Krzewienie — strzelanie w źdźbło Tillering — shooting	1,8	6,2	185,2	233,2
Strzelanie w źdźbło — kłoszenie Shooting — heading	14,8	15,9	42,0	69,9
Kłoszenie — kwitnienie Heading — flowering	17,9	22,8	2,9	6,9
Kwitnienie — dojrzałość mleczna Flowering — milk maturity	23,7	21,8	25,1	6,8
Dojrzałość mleczna — pełna Milk maturity — full maturity	24,8	19,8	14,0	91,8

Tabela. 2

Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plon ziarna, komponenty plonowania i zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenicy twardej
Influence of sowing density and N fertilization on grain yield, yield components and content of crude protein in grain of durum wheat

Czynnik Factor	Poziom Level	Plon ziarna Grain yield (t·ha ⁻¹)	Liczba kłosów Ear number (szt·m ⁻²)	Liczba ziaren w kłosie Grain number in spike (szt)	Masa tysiąca ziaren 1000 grains weight (g)	Białko ogólne Crude protein (% sm)
Gęstość siewu Sowing density (szt·m ⁻²)	200	4,67	348	28,6	48,3	16,3
	350	4,45	376	28,3	47,3	16,4
	500	3,68	397	27,5	45,7	16,7
	650	3,69	431	27,9	44,7	16,5
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,39	39,2	1,05	1,31	r.n.*
Nawożenie azotem N fertilization (kg N·ha ⁻¹)	0	3,58	339	27,6	47,0	16,0
	50	4,14	403	28,4	47,0	16,5
	100	4,34	401	28,2	46,2	16,6
	150	4,43	410	28,1	45,8	16,9
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,37	41,2	r.n.	r.n.	0,49

r.n.* - różnice nieistotne - not significant differences

Gęstość siewu istotnie modyfikowała plon ziarna pszenicy twardej (tab. 2). Największy plon ($4,67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) odnotowano w wariancie o obniżonej obsadzie, przy czym nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy pomiędzy plonami uzyskanymi na gęstościach 200 i $350 \text{ szt}\cdot\text{m}^2$. Zwiększenie gęstości siewu do $500 \text{ szt}\cdot\text{m}^2$ spowodowało istotne obniżenie plonu.

Wyliczony współczynnik regresji wskazuje, że można oczekiwać prostoliniowego spadku plonu ziarna wraz ze zwiększaniem ilości wysiewu (tab. 3).

Tabela 3

Równania regresji wybranych cech w zależności od gęstości siewu i nawożenia azotem
Regression equations for some features depending on sowing density and N fertilization

Cecha Feature	Czynnik Factor	Równanie regresji Regression equation	Współczynnik determinacji Determination coefficient
Plon ziarna ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) Grain field ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	gęstość siewu sowing density	$y = -0,0025x + 5,17$	0,87
	nawożenie azotem N fertilization	$y = 0,055x + 3,71$	0,86
Liczba ziaren w kłosie Grain number in spike (szt)	gęstość siewu sowing density	$y = -0,0083x + 50,01$	0,99
Masa 1000 ziaren (g) 1000 grains weight (g)	gęstość siewu sowing density	$y = -0,0019x + 28,89$	0,61
Indeks powierzchni liści Leaf area index (LAI)	nawożenie azotem N fertilization	$y = 0,0039x + 2,42$	0,88
Białko ogólne (% sm) Crude protein (% d.m.)	nawożenie azotem N fertilization	$y = 0,0056x + 16,08$	0,93

Zwiększanie gęstości siewu powodowało również istotne obniżenie masy 1000 ziaren oraz liczby ziaren w kłosie. W stosunku do obiektu o najmniejszej obsadzie istotne zmniejszenie zarówno liczby ziaren jak i masy tysiąca ziaren odnotowano na gęstości $500 \text{ szt}\cdot\text{m}^2$. Wyliczone współczynniki regresji prostej dla tych cech wskazują na prostoliniowy spadek ich wartości wraz ze wzrostem gęstości siewu. Zwiększanie ilości wysiewu sprzyjało wzrostowi obsady kłosów i najwyższą ich ilość roślin odnotowano po wysiewie $650 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^2$.

Gęstość siewu nie modyfikowała istotnie zawartości białka ogólnego w ziarnie, zaznaczyła się jedynie tendencja wyższej koncentracji tego składnika w suchej masie ziarna przy wysiewie $500 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^2$.

Średnio dla dwóch lat badań nawożenie azotem zwiększało plon ziarna pszenicy twardej z $3,58 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na obiekcie bez nawożenia do $4,43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na najwyższym z zastosowanych poziomów nawożenia. Istotny wzrost w stosunku do obiektu kontrolnego odnotowano na wszystkich obiektach na których stosowano azot, przy czym różnice pomiędzy zastosowanymi dawkami azotu nie zostały potwierdzone statystycznie. Wyliczony współczynnik regresji wskazuje, że zwiększenie nawożenia o $1 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ powoduje wzrost plonu ziarna o $5,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Spośród komponentów plonowania nawożenie azotem istotnie modyfikowało jedynie obsadę kłosów. Podobnie w odniesieniu do plonu ziarna istotny wzrost liczby kłosów w stosunku do obiektu bez nawożenia stwierdzono na wszystkich

poletkach nawożonych, przy czym nie wykazano zróżnicowania pomiędzy ocenianymi dawkami azotu.

Nawożenie azotem zwiększyło również zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenicy twardej. Z tym, że w analizie wariancji istotność zróżnicowania udowodniono tylko pomiędzy obiektami nawożonymi a kontrolą. Z kolei obliczony rachunek regresji pozwala oczekiwać prostoliniowego wzrostu zawartości białka w suchej masie ziarna wraz ze zwiększaniem nawożenia azotem.

Stosowanie azotu istotnie wpływało na wskaźnik powierzchni liści. Wraz ze wzrostem dawki tego składnika zaobserwowano zwiększenie powierzchni asymilacyjnej liści roślin pszenicy. Wyniki pomiarów wykonanych LAI-metrem w okresie dojrzałości młeczonej wskazują, że wraz ze wzrostem nawożenia azotem zwiększyła się powierzchnia asymilacyjna liści. Średnio dla gęstości siewu, wartości wskaźnika LAI ze skrajnych dawek azotu wynosiły 2,77 oraz 2,99. W odniesieniu do tej cechy spodziewać się można również prostoliniowej zależności od nawożenia azotem.

Gęstość siewu i nawożenie azotem oddziaływały również na stan odżywienia roślin wyrażany w jednostkach SPAD (tab. 4).

Tabela 4

Indeks zazielenia liści (SPAD) w zależności od gęstości siewu i nawożenia azotem
Green index (SPAD) values depending on sowing density and N fertilization

Gęstość siewu Sowing density	Nawożenie azotem (kg N·ha ⁻¹) N fertilization (kg N·ha ⁻¹)			Średnio Average	
	0	50	100		
200	397	531	521	537	496
350	360	391	443	422	404
500	373	489	447	437	436
650	326	331	455	474	397
Średnio Average	364	436	466	468	-

Ponadto analiza statystyczna wykazała współdziałanie tych dwóch czynników w kształtowaniu wartości jednostek SPAD. Zwiększanie nawożenia azotem, średnio dla gęstości powodowało na ogół wzrost liczby jednostek SPAD i taką zależność obserwowano przy wszystkich gęstościach siewu. Natomiast wpływ gęstości siewu nie był tak jednoznacznie ukierunkowany. Powtarzającą się zależnością była jedynie przewaga najrzadszego wysiewu nad trzema pozostałymi gęstościami.

DYSKUSJA

Tempo wzrostu jak i długość trwania poszczególnych faz rozwojowych roślin zależą przede wszystkim od układu warunków hydrotermicznych. W Wielkopolsce pogoda w skali roku kształtowana jest głównie napływem powietrza polarno-morskiego (59%) i polarno-kontynentalnego (28%) (Olejniczak, 1989). W efekcie klimat Wielkopolski charakteryzuje się różnorodnością typów pogody, co udowadniają obserwacje własne jak i wcześniejsze doniesienia literaturowe (Małecka 2003; Panasiewicz i Koziara, 2007). W literaturze trudno jest doszukać się prac dotyczących wpływu warunków pogodowych

w poszczególnych fazach rozwojowych roślin na wzrost i plonowanie pszenicy twardej. We wcześniejszych badaniach nad pszenicą ozimą (Małecka, 2003), pszenżytem ozimym (Koziaara, 1996) oraz jęczmieniem jarym (Panasiewicz i Koziaara, 2004) wykazano, że zróżnicowanie długości trwania poszczególnych faz rozwojowych związane było głównie z temperaturą powietrza.

W badaniach własnych największą część wegetacji *Triticum durum* stanowił okres od fazy krzewienia do strzelania w źdźbło. Zaznaczyć jednak należy, że na okres ten składa się również zimowe zahamowanie wzrostu.

Jednym z podstawowych elementów agrotechniki decydujących o wzroście i plonowaniu roślin jest gęstość siewu. Według Mazurek i Podolskiej (1995) zwiększanie ilości wysiewu pszenicy powoduje wzrost liczby kłosów na 1 m², jednocześnie zmniejszając liczbę ziaren w kłosie oraz masę 1000 ziaren.

W badaniach własnych, gęstość siewu istotnie modyfikowała zarówno plon ziarna pszenicy twardej, jak i komponenty plonowania. Wyższe plony odnotowano z rzadszych siewów (200 i 350 ziaren·m²), a dalsze zwiększanie gęstości siewu powodowało istotne obniżenie wielkości tej cechy. Ponadto zwiększanie obsady roślin powodowało zmniejszanie liczby ziaren w kłosie oraz masy tysiąca ziaren, co jest zbieżne z wcześniejszymi badaniami Webera i Biskupskiego (2007). Również Wood i wsp. (2003) wyższy plon ziarna pszenicy uzyskali przy wysiewie 250 ziaren·m² niż przy 350 ziaren·m², co wynikało z wyższej liczby ziaren w kłosie i masy ziarna.

Z kolei Arduini i wsp. (2006) wykazali, iż najwyższy plon ziarna pszenica twarda wydała przy wysiewie 400 ziaren·m². Podobnie według Ghaffari i wsp. (2001) optymalną obsadą tego gatunku w warunkach klimatu umiarkowanego jest obsada pomiędzy 300 a 400 ziaren·m².

Zastosowane w doświadczeniach nawożenie azotem przyczyniło się do wzrostu plonu ziarna pszenicy twardej.

Hakoomat i wsp. (2005) wykazali wzrost plonu pszenicy twardej wraz ze zwiększaniem nawożenia azotem i najwyższą wartość tej cechy odnotowali przy dawce 210 kg N·ha⁻¹. Z kolei Rachoń i wsp. (2002) w badaniach nad tym gatunkiem zaobserwowali, iż korzystniejszą okazała się dawka 90 kg N·ha⁻¹. Z kolei we wcześniejszych badaniach tego samego autora (Rachoń, 1999) najwyższy plon ziarna odnotowano po zastosowaniu dawki 60 kg N·ha⁻¹, co wynikało z dużej obsady kłosów na jednostce powierzchni oraz masy ziarna z kłosa.

W badaniach własnych nawożenie azotem już w dawce 50 kg N·ha⁻¹ powodowało istotny wzrost zawartości białka ogólnego w ziarnie pszenicy twardej. Dalsze zwiększanie nawożenia podtrzymywało tendencję wzrostu zawartości białka, przy czym różnice te nie zostały potwierdzone statystycznie. Z kolei Ciołek i Makarska (2004) wykazały istotny wzrost zawartości tego składnika pomiędzy dawkami 90 i 180 kg N·ha⁻¹. Również wcześniejsze badania Arduiniego i wsp. (2006) wskazują na dużą zależność zawartości białka w ziarnie od odmiany i nawożenia azotem. Natomiast Szwed-Urbaś (1990) oraz Rachoń i Szumiło (2002) donoszą o znacznym zróżnicowaniu zawartości białka ogólnego w ziarnie pszenicy w zależności od odmiany.

Według Czerednika i Nalborczyka (2000) podstawowym parametrem struktury ładu jest indeks powierzchni liści (LAI). Wartość LAI zależy do cech genetycznych, ale także od czynników środowiskowych i agrotechnicznych (Biskupski i in., 2004). W badaniach własnych odnotowano, że wartość LAI zależała jedynie od nawożenia azotem, a wzrost dawek tego składnika zwiększał powierzchnię asymilacyjną liści roślin pszenicy twardej. Potwierdzają to również wcześniejsze badania Biskupskiego i wsp. (2004) na pszenicy jarej oraz Olsena i Weinerja (2007) na pszenicy zwyczajnej, którzy to autorzy wykazali ponadto wzrost wartości tego indeksu wraz ze zwiększaniem gęstości siewu.

Woźniak i wsp. (2005) podają, że wartości indeksu LAI dla pszenicy twardej zależały od przebiegu pogody oraz udziału tego zboża w zmianowaniu.

Osiągnięcie wysokich plonów ziarna odpowiedniej jakości, zadawalających efektów ekonomicznych i bezpieczeństwo ekologiczne wymagają dokładnego ustalenia zapotrzebowania roślin na azot w poszczególnych fazach rozwoju (Samborski i Rozbicki, 2004). Niedobór azotu, roślina sygnalizuje jaśniejszym kolorem liści starszych i ich żółknięciem na końcach liści. Natomiast nadmiar tego składnika powoduje między innymi obniżenie zawartości glutenu w ziarnie pszenicy konsumpcyjnej (Mercik, 2004). Określenie zapotrzebowania roślin na azot wykonuje się na podstawie ilościowych lub jakościowych metod oceny odżywienia roślin tym składnikiem nazywanych również testami roślinnymi. Testy te wykorzystują informacje zawarte w roślinach. Jednym z pośrednich testów roślinnych jest metoda wykorzystująca chlorofilometr SPAD. Jest to urządzenie do nie destrukcyjnej, optycznej oceny względnej zawartości chlorofilu w liściach, przy czym wyniki podawane są w jednostkach niemianowanych, nazywanych odczytami SPAD (Samborski i Rozbicki, 2004).

W badaniach własnych stwierdzono istotne współdziałanie gęstości siewu i nawożenia azotem w kształtowaniu wartości indeksu zazielenienia liści (SPAD). Wzrost obsady roślin na jednostce powierzchni powodował obniżanie wartości SPAD, co również dowodzą wcześniejsze badania Jaśkiewicz (2009) w pszenicy ozimym. Według tej autorki prawdopodobnie w gęstszych ładach następuje większe „rozcieńczenie” azotu w roślinach, co objawia się niższymi odczytami SPAD. Malejącą zmienność odczytów SPAD wraz z poprawą stanu odżywienia roślin azotem wykazali wcześniej Fotyma i Bezdusznik (2000).

Według Bezdusznika (1997) krytyczną wartością testu indeksu zazielenienia liści dla pszenicy odmiany Almari jest około 530 jednostek SPAD, a pszenicy Prego 570. W badaniach własnych pszenica twarda najwyżej plonowała na obiektach z rzadszymi siewami i nawożeniem azotem w granicach 100-150 kg N·ha⁻¹. W tych warunkach indeks zazielenienia osiągał wartości 520-530 jednostek SPAD.

WNIOSKI

1. Pszenica twarda odmiany Komnata uprawiana w warunkach gleb lekkich wydała plon ziarna przekraczający średnio 4,0 t·ha⁻¹.
2. Gęstość siewu i nawożenie azotem kształtowały plon ziarna pszenicy twardej i jego komponenty w sposób niezależny. Wyznaczone linie trendu pozwalają oczekiwać

korzystnego oddziaływania na plon i inne oceniane parametry pszenicy twardej wzrastającego nawożenia azotem. Przeciwny trend zaznaczył się dla wzrastającej gęstości siewu.

3. Stan odżywienia roślin azotem wyrażony indeksem zazielenienia na obiektach najwyższej plonujących osiągał wartość 520–530 jednostek SPAD.

LITERATURA

- Arduini I., Masoni A., Ercoli L., Mariotti M. 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. *Eur. J. Agron.* 25: 309 — 318.
- Behar U. K., Chougule R. S., Thakur K. N., Ruwali R. C., Bhawsar, Padney H. N. 2000. Influence of planting dates and nitrogen levels on yield and quality of durum wheat (*Triticum durum*) *Indian J. Agric. Sci.* 70: 434 — 436.
- Bezdzusznik D. 1997. Ocena stanu odżywienia pszenicy ozimej na podstawie zawartości chlorofilu metodą optyczną (SPAD). Praca doktorska. IUNG Puławy.
- Biskupski A., Kuś A., Pabin J., Włodek S. 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wskaźnik powierzchni liści (LAI), średni kąt nachylenia liści (MTA) i plon wybranych odmian pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59 (2): 649 — 654.
- Blackmer T. M., Schepers J. S. 1994. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25: 1791 — 1800.
- Ciołek A., Makarska E. 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i ochrony chemicznej na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) *Ann. UMCS, E*, 59: 777 — 784.
- Czerednik A., Malborczyk E. 2000. Współczynnik wykorzystania napromieniowania fotosyntetycznie aktywnego (RUE) nowy wskaźnik fotosyntetycznej produktywności roślin w łanie. *Biul. IHAR* 215: 13 — 22.
- Delogu G., Cattivelli L., Pecchioni N., DeFalcis D., Maggiore T., Stanca A. M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *Eur. J. Agron.* 9: 11 — 20.
- Elandt R. 1964. *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczych*. PWRiL, Warszawa.
- Fotyma E., Bezdzusznik D. 2000. Valuation of nitrogen nutritional status of winter cereals on the ground of leaf greenness index. *Fragm. Agron.* 4: 29 — 45.
- Gaffari A., Cook H. F., Lee H. C. 2001. Simulating winter wheat yields under temperate conditions: exploring different management scenarios. *Eur. J. Agron.* 15: 231 — 240.
- Gonzalez Ponce R., Salas M. L. 1993. Nitrogen Use efficiency by winter barley under different climatic conditions. *J. of Plant Nutr.* 16 (7): 1249 — 1261.
- Hakoomat A., Shakeel A., Hina A., Faheem S. H. 2005. Impact of nitrogen application on growth and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Agric. Soc. Sci.* 1/3: 216 — 218.
- Hassan U., Ogunlela V., Sinha T. 1987. Agronomic performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by moisture stress at various growth stages and seeding rate. *J. Agron. Crop Sci.* 158: 172 — 180.
- Jaśkiewicz B. 2009. Indeks zazielenienia liści (SPAD) pszenżyta ozimego w zależności od jego obsady i nawożenia NPK. *Acta Agrophysica* 13 (1): 131 — 139.
- Justes E., Mary B., Meynard J. M., Machet J. M., Thelier-Huches L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany* 74: 397 — 407.
- Koziara W. 1996. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta jarego i ozimego w zależności od czynników meteorologicznych i agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań, Rozp. Nauk. zesz.* 269.
- Koźmiński C., Michalska B. 2001. *Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*. AR w Szczecinie.
- Lemaire G., Gastal F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: *Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg: 3 — 43.
- Małecka I. 2003. Studia nad plonowaniem pszenicy ozimej w zależności od warunków pogodowych i niektórych czynników agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań*, 335: 121.

- Mazurek J., Podolska G. 1995. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie i strukturę plonu nowych odmian pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*, 194: 71 — 75.
- Mercik S. 2004. *Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa: 212 — 218.
- Olejniczak E. 1989. Warunki przyrodnicze produkcji rolnej. *IUNG Puławy, A* 76: 32.
- Olsen, J., Weiner, J. 2007. The influence of *Triticum aestivum* density, sowing pattern and nitrogen fertilization on leaf area index and its spatial variation. *Basic and Applied Ecology* 8: 252 — 257.
- Panasiewicz K., Koziara W. 2004. Wpływ deszczowania, nawożenia azotem oraz stymulatorów odporności na plon i komponenty plonowania jęczmienia jarego. *Rocz. AR w Poznaniu CCCLXI*: 13 — 25.
- Panasiewicz K., Koziara W. 2007. Plonowanie i wartość siewna ziarna pszenicy ozimej w zależności od uwarunkowań wodnych i sposobu uprawy roli. *Fragm. Agron.* 4 (96): 65 — 72.
- Rachoń L. 1999. Plonowanie i jakość pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. *Pam. Puław.* 118: 349 — 355.
- Rachoń L., Szumiło G. 2002. Plonowanie i jakość niektórych polskich odmian i linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Pam. Puław.* 130: 619 — 624.
- Rachoń L., Szumiło G. 2006. Plonowanie a opłacalność uprawy pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Pam. Puław.* 142: 403 — 409.
- Rachoń L., Szwed-Urbaś K., Seigt Z. 2002. Plonowanie nowych linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. *Annales UMCS, Sec. E*, 2002, 57, 71 — 76.
- Samborski S., Rozbicki J. 2004. Kalibracja chlorofilometru do oceny odżywienia zbóż azotem. *Postępy Nauk Roln.* 5: 27 — 37.
- Weber R., Biskupski A. 2007. Wpływ gęstości siewu oraz terminu siewu na elementy struktury plonu i plon odmian pszenicy ozimej w warunkach gleby lekkiej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 6 (3): 77 — 85.
- Wojcieszka U. 1994. The effect of nitrogen nutrition of wheat on plant growth and CO₂ exchange parameters. *Acta Physiol. Plant.* 16: 269 — 272.
- Wood G. A., Welsh J. P., Godzin R. J., Taylor J. C., Earl R., Knight S. M. 2003. Real-time measures of canopy size as a basis for spatially varying nitrogen applications to winter wheat sown at different seed rates. *Biosyst. Eng.* 84: 513 — 531.
- Woźniak A. 2005. Wpływ przedplonów na plon i jakość technologiczną ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Annales UMCS, Sec. E*, 60: 103 — 112.