

ALICJA PECIO**ANDRZEJ BICHOŃSKI**

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie

Stan odżywienia roślin azotem a plon i jakość browarna ziarna jęczmienia jarego

Relationships between plant nutrition with nitrogen and grain yield and malting quality in spring barley

Podstawę badań stanowiły wyniki ścisłych doświadczeń polowych z jęczmieniem jarym odm. Rudzik, przeprowadzonych w latach 1998–2000 w Zakładzie Doświadczalnym IUNG Grabów, woj. Mazowieckie. Stwierdzono istotny związek pomiędzy dawką nawożenia azotem i plonem ziarna jęczmienia oraz jego jakością browarną. Nawożenie w dawce $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało istotny wzrost plonu ziarna w stosunku do obiektów nienawożonych o $1,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (o 37%), głównie na skutek zwiększenia liczby kłosów na jednostce powierzchni i liczby ziaren w kłosie. Jednocześnie zwiększała się zawartość białka w ziarnie, a zmniejszała się celność ziarna i ekstraktywność słodu. W miarę wzrostu jęczmienia, jak również pod wpływem zwiększających się dawek nawożenia azotem zwiększał się plon suchej masy roślin. W miarę przyrostu suchej masy zmniejszała się procentowa zawartość azotu. Rośliny nawożone większymi dawkami azotu charakteryzowały się większą zawartością azotu oraz wartościami wskaźników stanu odżywienia azotem NNI i SPAD. W celu skalibrowania testu SPAD określono jego związek z wartościami testu NNI. Stwierdzono, że dla jęczmienia browarnego odmiany Rudzik krytyczna zawartość chlorofilu w liściach, oceniana przy pomocy N — Testera HYDRO (ze skalą 0–800) w okresie od pełni krzewienia do fazy wydłużania pochwy liściowej wynosi ok. 465 jednostek SPAD. Przy takich odczytach SPAD jęczmień jest optymalnie odżywiony azotem, przyjmując stosowaną w browarnictwie normę zawartości białka w ziarnie. Krytyczna wartość SPAD dla uzyskania maksymalnego plonu ziarna jest nieznacznie większa i wynosi 474 jednostek.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, plon ziarna, stan odżywienia azotem, wartość browarna

The work presents a significant influence of nitrogen fertilization on grain yield and quality of spring barley. Under soil conditions in the fields of the Experimental Station Grabów fertilization with 60 kg N/ha resulted in increasing the yield of barley grain by $1.4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (37%), compared to the treatment with no nitrogen fertilization. This effect was mainly due to the greater number of spikes per area unit and the marked increase in a number of grains per spike. At the same time, the protein content of grain increased, whereas the grain filling and extractivity declined. The plants treated with high nitrogen doses were characterized by better nourishment with nitrogen, as shown by laboratory estimates for percentage of N in dry matter, NNI (Nitrogen Nutrition Index) and SPAD readings. For malting barley cv. Rudzik, a critical value for chlorophyll content estimated with N-tester HYDRO (scale 0–800) in the period between full tillering stage EC 25 and elongation of leaf sheath EC 41 was determined at the

level of about 465 SPAD units. According to the brewery norms, barley with such a value of SPAD is considered to be optimally nourished. The critical SPAD value to obtain the maximum grain yield is slightly higher (474 units).

Key words: grain yield, malting quality, nitrogen nutrition, spring barley

WSTĘP

Wielu autorów zwraca uwagę, że stosowanie dużych dawek azotu sprzyja uzyskaniu dużego plonu ziarna, ale nie zawsze wpływa korzystnie na jego jakość (Bulman i Smith 1993 b; Conry, 1995; Fathi i in., 1997; Garstang i Giltrap, 1990; Lauer i Partridge, 1990; Withers i Dyer, 1990). Wraz ze wzrostem dawki azotu zwiększa się zawartość białka w ziarnie i białek rozpuszczalnych, wolnego azotu aminowego, aktywność α - i β -amylazy oraz wzrasta siła diastatyczna słodu. Zmniejsza się natomiast celność ziarna oraz ekstraktywność słodu (Dudas, 1994 a, b; Eagles i in., 1995; Weston i in., 1993). Produktywność roślin jest związana z zawartością azotu w organach biorących udział w fotosyntezie (Marshall i Ellis, 1994). Dlatego też jako cel badań wyznaczono określenie wpływu nawożenia azotem na stan odżywienia roślin tym składnikiem oraz plon i wartość browarną ziarna jęczmienia.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenia polowe w układzie split-plot z jęczmieniem jarym odm. Rudzik przeprowadzono w ZD IUNG Grabów, woj. mazowieckie, w latach 1998–2000. Pierwszym czynnikiem była ilość wysiewu na ha: 2, 3, 4 i 5 mln ziaren, a drugi czynnik stanowiło nawożenie azotem: 0, 20, 40, 60 i 80 kg N·ha⁻¹ zastosowane jednorazowo przed siewem jęczmienia. Nawożenie fosforem i potasem było jednakowe na wszystkich obiektach. Fosfor stosowano w dawce 50 kg P₂O₅·ha⁻¹ w formie superfosfatu potrójnego, a potas w ilości 90 kg K₂O·ha⁻¹ w formie soli potasowej. Doświadczenia zakładano w stanowisku po ziemniaku na glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego o średniej (ok. 60 kg N·ha⁻¹) zawartości azotu mineralnego w profilu glebowym 0–60 cm. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 28,8 m². W okresie wegetacji notowano daty pojawiania się faz rozwojowych roślin według skali Zadoksa. Począwszy od fazy krzewienia (EC 25–30) do początku fazy dojrzałości woskowej w odstępach 7 dniowych pobierano próbki roślin z 1 m² w dwóch miejscach na każdym poletku. W każdym terminie pobierania próbek określano plon suchej masy w tonach z ha i oznaczano zawartość azotu ogólnego metodą Kiejdahla. W tych samych terminach wykonywano pomiary indeksu zieloności liścia — SPAD za pomocą N — Testera, HYDRO model SPAD 502 (skala 0–800). Zbiór przeprowadzano w fazie dojrzałości pełnej jęczmienia. Po zbiorze określano plon ziarna z poletka oraz elementy jego struktury. Wartość browarną ziarna oceniano w mikrosłodowni Zakładu Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie. Wyniki pomiarów i oznaczeń opracowano statystycznie przy pomocy programu komputerowego Statgraphics Plus, wersja 4.0. Zastosowano analizę wariancji, przy czym istotność różnic oceniano za

pomocą testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ oraz rachunek regresji. Indeksy stanu odżywienia roślin azotem NNI obliczono według koncepcji Lemaira (za Justes i in., 1994).

WYNIKI

Ocena stanu odżywienia roślin w okresie wegetacji

Nawożenie azotem było istotnym czynnikiem różnicującym ilość nagromadzonej suchej masy oraz stan odżywienia roślin jęczmienia w okresie wegetacji, określony procentową zawartością azotu w suchej masie oraz za pomocą wskaźników NNI i SPAD. Średnio w całym okresie wegetacji rośliny nawożone wyższymi dawkami azotu charakteryzowały się większym plonem suchej masy z jednostki powierzchni oraz większymi wartościami wskaźników stanu odżywienia roślin azotem (tab. 1).

Tabela 1

Plon suchej masy i wskaźniki stanu odżywienia roślin jęczmienia zależnie od dawki nawozów azotowych (średnio w okresie wegetacji)
Dry master yield and indices of spring barley nourishment depending on nitrogen dose (mean for the vegetation period)

Dawka N Nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)	Plon s.m. Dry matter yield (t·ha ⁻¹)	Zawartość N w s.m. N content in dry matter (%)	NNI plon NNI yield	NNI białko NNI protein	SPAD
0	4,97	1,78	0,78	0,84	491
20	5,63	1,87	0,85	0,92	511
40	6,17	1,97	0,92	1,00	533
60	6,79	2,17	1,05	1,15	550
80	6,91	2,27	1,12	1,23	567
NIR — LSD	1,712	0,329	0,065	0,072	28,3

Test NNI (N_{act} / N_{crt}), czyli indeks stanu odżywienia roślin azotem jest to liczba nie mianowana, wyrażająca stosunek aktualnej zawartości azotu w danej roślinie do zawartości krytycznej, wyznaczonej z tzw. krzywej rozcieńczenia azotu, zwanej też krzywą krytyczną. Krzywa ta opisuje zależność pomiędzy procentową zawartością azotu w roślinach optymalnie odżywionych tym składnikiem, a plonem suchej masy całych nadziemnych części roślin w ich rozwoju ontogenetycznym. Według koncepcji Greenwooda (1990) dla różnych gatunków roślin uprawianych w warunkach optymalnego zaopatrzenia w azot, wartości współczynników równania regresji opisującego krzywą krytyczną są stałe, co świadczy o uniwersalności równania. W praktyce krzywą krytyczną wyznacza się dla roślin, które wydają maksymalny możliwy w danych warunkach do uzyskania plon. W doświadczeniach nawozowych jest to zawsze plon dla optymalnej dawki azotu. W przypadku jęczmienia browarnego stan optymalnego odżywienia roślin azotem zdefiniowano jako stan, przy którym zawartość białka w ziarnie jest w granicach normy przyjętej w browarnictwie, tj. 10,5–11,5%. Jest to bowiem podstawowy parametr decydujący o przydatności ziarna do produkcji słodu.

Kalibracja testu NNI polega w zasadzie na wyznaczeniu krzywej krytycznej. We wcześniejszych badaniach własnych opartych o wyniki tego samego doświadczenia (Pecio i Fotyma, 2001) dokonano kalibracji testu NNI dla jęczmienia browarnego

z uwzględnieniem maksymalizacji plonu jęczmienia i optymalizacji zawartości białka w ziarnie (rys. 1, 2). Zależność pomiędzy zawartością azotu a plonem suchej masy opisano modelem regresji potęgowej:

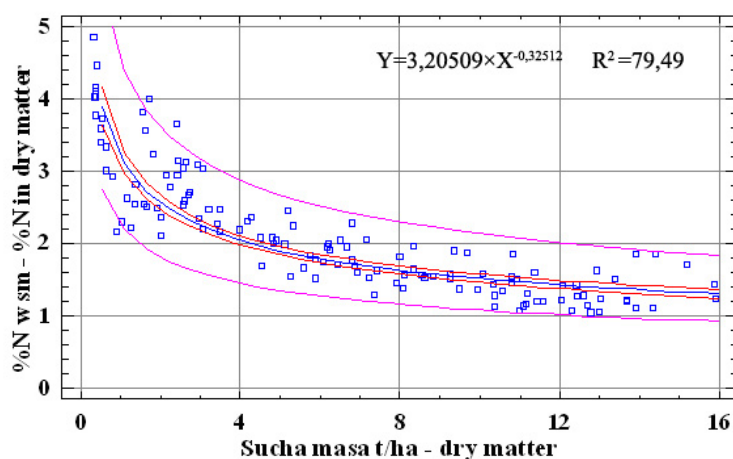
$$Y = a \times X^b$$

gdzie:

Y — krytyczna zawartość azotu ogólnego (% s.m.)

X — sucha masa roślin jęczmienia (t/ha)

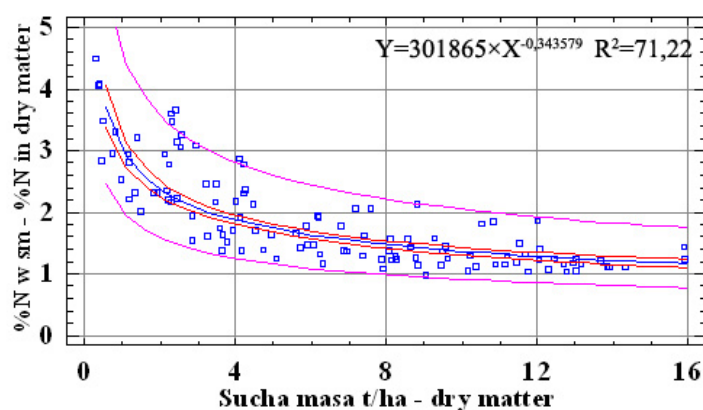
Współczynnik „ a ” wskazuje na zawartość azotu przy plonie suchej masy wynoszącej 1 t z ha, a współczynnik „ b ” na przebieg zmniejszania się zawartości azotu. Współczynniki regresji równań przedstawionych na rysunkach 1 i 2 miały wprawdzie podobne wartości, ale przy tym samym plonie suchej masy jęczmienia, zawartość azotu wynikająca z równania „dla optymalnej zawartości białka” była mniejsza w porównaniu do zawartości wyliczonej z równania „dla maksymalnego plonu”. Na przykład dla plonu suchej masy jęczmienia wynoszącej w fazie strzelania w źdźbło 4 t·ha⁻¹ krytyczna zawartość azotu, wynikająca z krzywej dla „dopuszczalnej zawartości białka” wynosiła 1,87%, a z krzywej „dla maksymalnego plonu” 2,04%.



Rys. 1. Zależność pomiędzy zawartością azotu a plonem suchej masy jarego jęczmienia browarnego obiektów charakteryzujących się najwyższym plonem ziarna

Fig. 1. The relationship between nitrogen content and dry matter yield in malting barley in the treatment characterized by the highest grain yield

Indeks NNI = 1, wyliczony na podstawie powyższych równań, świadczy o optymalnym stanie odżywienia azotem jęczmienia uprawianego w celu uzyskania wysokiego plonu ziarna (rys. 1) i na cele browarne (rys. 2). W drugim przypadku indeks NNI powinien mieć wartość nieco mniejszą od 1, ponieważ w przypadku luksusowego odżywienia roślin nadmiar azotu może nagromadzać się w ziarnie, co jest niekorzystne z punktu widzenia jego jakości browarnej.



Rys. 2. Zależność pomiędzy zawartością azotu a plonem suchej masy jęczmienia browarnego obiektów charakteryzujących się zawartością białka w ziarnie 10,5–11,5%

Fig. 2. The relationship between nitrogen content and dry matter yield in malting barley in treatment characterized by the grain protein content of 10.5–11.5%

Określone w doświadczeniu średnie wartości indeksu NNI zwiększały się w miarę stosowania większych dawek nawozów azotowych (tab. 1). Wartość NNI równą 1, a więc stan optymalnego odżywienia roślin azotem z punktu widzenia optymalnej zawartości białka w ziarnie jęczmienia stwierdzono przy nawożeniu dawką 40 kg N·ha⁻¹.

Test SPAD polega na oznaczaniu indeksu zieloności liścia albo zawartości chlorofilu za pomocą przyrządu optycznego zwanego N — Testerem. W teście SPAD dla oceny stanu odżywienia roślin azotem wykorzystuje się udowodnione zależności pomiędzy zawartością azotu, indeksem zieloności liścia i odczytami SPAD. Test ten wymaga kalibracji tzn. wyznaczenia krytycznej wartości SPAD, odpowiadającej optymalnemu stanowi odżywienia roślin azotem. Uznaje się, że przy takiej wartości testu rośliny nie wymagają stosowania uzupełniających dawek azotu. We wcześniejszych badaniach własnych (Pecio i Fotyma, 2001) opartych o wyniki tego samego doświadczenia kalibracji tej dokonano w oparciu o indeksy NNI. Zależności pomiędzy odczytami SPAD, a wartościami indeksów NNI opisano równaniami liniowymi (rys. 3 i 4).

Z równań tych wyznaczono krytyczne wartości odczytów SPAD podstawiając wartość NNI = 1. Stwierdzono, że dla jęczmienia browarnego odmiany Rudzik krytyczna zawartość chlorofilu w liściach, oceniana przy pomocy N — Testera HYDRO (ze skalą 0–800) w okresie od pełni krzewienia (EC 25) do fazy wydłużania pochwy liściowej (EC 41) wynosi ok. 465 jednostek SPAD. Przy takich odczytach SPAD można uważać, że jęczmień jest optymalnie odżywiony azotem, przyjmując stosowaną w browarnictwie normę zawartości białka w ziarnie. Krytyczna wartość SPAD dla uzyskania maksymalnego plonu ziarna jest nieznacznie większa i wynosi 474 jednostek.

Zależności pomiędzy nagromadzeniem suchej masy, zawartością azotu, indeksem stanu odżywienia roślin NNI i indeksem zieloności liścia SPAD, a upływem czasu wyrażonym w ilości dni od daty siewu i wielkością dawek nawozów azotowych opisano modelem

regresji dwuczynnikowej wielomianowej. Rachunek regresji wykonano metodą *step wise* dla całego trzyletniego okresu badawczego. Wspólny model dla wszystkich analizowanych zmiennych zależnych miał następującą postać:

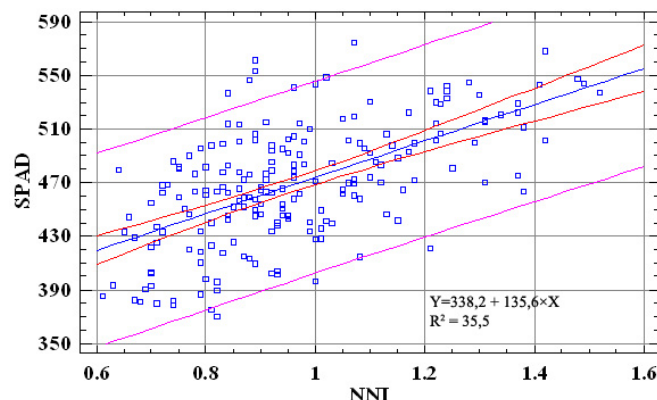
$$Z = a + b \times t + c \times N + d \times t^2 + e \times N^2 + f \times (t \times N),$$

gdzie:

Z — zmienna zależna w przyjętych jednostkach (dependent variable in specified units)

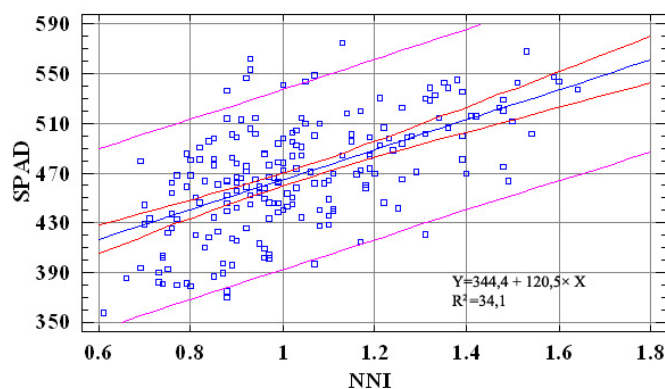
t — upływ czasu w ilości dni od daty siewu (time duration from sowing rate)

N — dawka nawozów azotowych w kg/ha (nitrogen rate in kg·ha⁻¹).



Rys. 3. Zależność pomiędzy odczytami SPAD a wartościami indeksów NNI dla maksymalnego plonu ziarna jęczmienia browarnego

Fig. 3. The relationship between SPAD readings and NNI values for the maximum grain yields in malting barley



Rys. 4. Zależność pomiędzy odczytami SPAD a wartościami indeksów NNI dla zawartości białka w ziarnie jęczmienia browarnego

Fig. 4. The relationship between SPAD readings and NNI values for protein content in grain of malting barley

W tabeli 2 przedstawiono charakterystykę statystyczną modeli opisujących nagromadzenie suchej masy i wskaźniki stanu odżywienia roślin azotem, uwzględniając tylko istotne współczynniki regresji. Przedstawione modele objaśniały od niemal 50% do ponad 80% zmienności poszczególnych zmiennych.

Tabela 2

Charakterystyka statystyczna modeli zmian wartości wskaźników stanu odżywienia jęczmienia jarego azotem

Statistical analysis of the models of spring barley nourishment with nitrogen

Współczynnik Coefficient	Sucha masa Dry matter	% N w s.m. % N in DM	NNI plon NNI yield	NNI białko NNI protein	SPAD
a	n.i.*	4,8947	0,4542	0,4791	547,249
b	n.i.	-0,07177	0,01539	0,01613	-7,20479
c	n.i.	0,00640	0,00380	0,00413	2,45129
d	0,00177	0,00030	-0,00015	-0,00016	0,08466
e	n.i.	n.i.*	n.i.	n.i.	n.i.
f	0,00078	n.i.	n.i.	n.i.	-0,02110
R ²	81,9	81,0	49,7	48,9	55,4

* Nieistotny przy $\alpha = 0,05$

* Not significant at $\alpha = 0.05$

Stwierdzono, że plon suchej masy roślin zwiększał się w kolejnych fazach rozwojowych, jak również przy zwiększających się dawkach azotu. Procentowa zawartość azotu w suchej masie zmniejszała się w miarę nagromadzania plonu suchej masy roślin.

Na podstawie wcześniejszych badań (Justes i in., 1994; Lemaire i Salette, 1984) wiadomo, że zawartość azotu w roślinach zmniejsza się w okresie wegetacji. Dzieje się tak na skutek wzajemnego zacieniania się liści oraz zmian w stosunku liście / pędy w okresie rozwoju roślin. Zacienione dolne liście zawierają mniej azotu niż górne, które są bogatsze w białka enzymatyczne. Ponadto stosunek składników ścian komórkowych (celuloza i ligniny) w tkankach łodyg zwiększa się w czasie, co powoduje, że zawartość białka systematycznie zmniejsza się w porównaniu do białek zawartych w blaszkach liściowych. W konsekwencji zamieranie starszych liści na skutek współzawodnictwa w obrębie rośliny, jak również pomiędzy roślinami, o światło i składniki pokarmowe odbywa się przy jednoczesnej remobilizacji azotu do organów rozwijających się. Zatem, w czasie aktywnego wzrostu, roślina potrzebuje coraz mniej azotu do budowania każdego fragmentu swej suchej masy.

Plon i jakość browarna ziarna jęczmienia

Stwierdzono istotny związek plonu ziarna jęczmienia z dawką nawozów azotowych. Plon ziarna był istotnie większy przy nawożeniu dawką 60 kg N·ha⁻¹ w porównaniu do obiektów nienawożonych i stanowił ponad 98% plonu uzyskanego przy dawce 80 kg N·ha⁻¹ (tab. 3). W miarę zwiększania dawek nawozów azotowych zwiększało się również krzewienie produkcyjne, liczba kłosów na jednostce powierzchni i plon ziarna z rośliny. Plon słomy był istotnie większy na dawce 60 kg N·ha⁻¹ w porównaniu do obiektu kontrolnego i dawki 20 kg N·ha⁻¹. Stopień wylegania roślin wzrastał w miarę zwiększania dawek nawozów z tym, że istotną różnicę w wyleganiu stwierdzono tylko pomiędzy obiektem kontrolnym i obiektem z największą dawką azotu.

Tabela 3

Plon i struktura plonu ziarna jęczmienia zależnie od nawożenia azotem
Grain yield and its components in spring barley at different nitrogen doses

Parametr Parameter	Dawka N (kg·ha ⁻¹) Nitrogen dose					NIR — LSD
	0	20	40	60	80	
Plon ziarna (t·ha ⁻¹) Grain yield	3,89	4,62	4,99	5,33	5,43	1,182
Liczba kłosów na 1 m ² Spikes per 1 m ²	484	529	569	601	616	72,8
Krzewienie produkcyjne Productive tillering	1,63	1,80	1,95	2,06	2,15	0,298
Plon ziarna z rośliny (g) Grain yield per plant	1,14	1,24	1,42	1,51	1,56	0,310
Plon słomy (t·ha ⁻¹) Straw yield	4,44	5,00	5,58	6,02	6,37	0,881
Wyleganie* Lodging	8,9	8,7	8,1	7,3	6,9	1,06

* Skala 1–9; 9 = Brak wylegania

* 1–9 scale; 9 = No lodging

Tabela 4

**Wkład w plon i udział w zmienności plonu elementów struktury plonu zróżnicowanych w wyniku
zwiększenia dawki azotu z 0 do 80 kg N·ha⁻¹**
Contribution and share of yield components in grain yield obtained at a nitrogen dose of 80 kg N·ha⁻¹

Elementy struktury plonu Yield components	Wkład Contribution		Udział Share
	t·ha ⁻¹	%	%
Obsada kłosów na 1 m ² Spikes per 1 m ²	1,31	33,7	85,2
Liczba ziaren w kłosie Grains per spike	0,3	7,8	19,6
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000-grains	-0,07	-1,8	-4,8
Suma Sum	1,54	39,7	100
Błąd oceny Estimation error	15,5%		

Przyrost plonu ziarna przy zwiększaniu dawki nawożenia azotem od 0 do 80 kg/ha wynosił 1,54 t·ha⁻¹, tj. niemal 40% (tab. 4). Spośród trzech elementów struktury plonu ziarna, wymienianych w literaturze jako podstawowe (Rudnicki, 2000) największy, bo ponad 85%, udział we wzroście plonu ziarna miała liczba kłosów na jednostce powierzchni. Jej zwiększenie powodowało przyrost plonu ziarna o 1,3 t·ha⁻¹, tj. o 33,7%. Zwiększenie plonu ziarna z pojedynczego kłosa, uwarunkowanego liczbą ziaren w kłosie i MTZ przyczyniło się do wzrostu plonu ziarna o 0,23 t·ha⁻¹, czyli o 6%. Wkład masy 1000 ziaren w przyrost plonu był ujemny.

Podobnie jak w innych badaniach (Kukuła i in., 1999) zawartość białka w ziarnie oraz inne parametry wartości browarnej ziarna jęczmienia, były zróżnicowane w latach, co miało związek z przebiegiem warunków pogodowych w okresie wegetacji. Szczególnie

niekorzystny był drugi i trzeci rok badań. W roku 1999 wystąpił nadmiar opadów w kwietniu i czerwcu oraz niedobór opadów w lipcu i sierpniu. Rok 2000, zwłaszcza w kwietniu, maju i czerwcu, charakteryzował się opadami mniejszymi od średnich wieloletnich. Wpłynęło to na znaczne zwiększenie zawartości białka w ziarnie na wszystkich obiektach nawozowych, w tym także na obiekcie kontrolnym. Średnia z trzech lat zawartość białka w ziarnie zwiększała się istotnie przy zwiększaniu dawki nawozów z 20 do 60 kg N·ha⁻¹ (tab. 5).

Tabela 5

Wartość browarna jęczmienia w zależności od nawożenia azotem
Malting quality of spring barley depending on a nitrogen dose

Parametr Parameter	Dawka N (kg·ha ⁻¹) Nitrogen dose					
	0	20	40	60	80	NIR — LSD
Zawartość białka w ziarnie (%) Protein content in grain	11,8	11,9	12,3	12,9	13,4	0,74
Celność ziarna (%) Grain filling	95,1	95,2	94,4	93,4	92,6	1,37
Ekstraktywność słodu (%) Fine grain extract	82,3	82,2	82,0	81,9	81,3	0,61
Zawartość białka rozpuszczalnego Soluble protein content (%)	6,0	5,8	5,9	6,1	6,4	0,32
Liczba Kolbacha (%) Kolbach Index	51,1	49,5	48,9	48,3	48,3	1,52
Siła diastatyczna (°WK) Diastatic power	327	299	340	348	368	65,6

Pogorszeniu ulegały celność ziarna i ekstraktywność słodu. Obserwowano natomiast korzystne zmniejszenie liczby Kolbacha na skutek zwiększonej ilości białek rozpuszczalnych.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotną zależność pomiędzy dawką nawożenia azotem a stanem odżywienia roślin w okresie wegetacji, plonowaniem i wartością browarną ziarna jęczmienia jarego.
2. Trzy badane wskaźniki: procentowa zawartość azotu w nadziemnej masie roślin, indeks NNI i indeks zieloności liścia SPAD wykazują podobną przydatność do określenia stanu odżywienia jęczmienia azotem w okresie od pełni krzewienia do początku kłoszenia.
3. Zwiększanie przedsiewnej dawki azotu do 60 kg N·ha⁻¹ powoduje zwiększenie plonu ziarna jęczmienia na skutek wzrostu liczby kłosów i liczby ziaren w kłosie. Jednocześnie zwiększa się jednak zawartość białka w ziarnie, pogarsza jego celność i ekstraktywność słodu.

LITERATURA

- Bulman P., Smith D. L. 1993. Grain protein response of spring barley to high rates and post-anthesis application of fertilizer nitrogen. *Agron. J.* 85 (6): 1109 — 1113.
- Conry M. J. 1995. Comparison of early, normal and late sowing at three rates of nitrogen on the yield, grain nitrogen and screenings content of Blenheim spring malting barley in Ireland. *J. Agric. Sci. Cambridge*, 125: 183 — 188.
- Dudas F. 1994 a. Effect of cultivation on the quality of malting barley and malt. *Acta Universitatis Agriculturae, Facultas Agronomica*. 42 (1–2): 137 — 147.
- Dudas F. 1994 b. Malting quality of barley cv. Perun under different cultivation practices. *Acta Universitatis Agriculturae, Facultas Agronomica*, 42 (1–2): 161 — 169.
- Eagles H. A., Bedggood A. G., Panozzo J. F., Martin P. J. 1995. Cultivar and environmental effects on malting quality in barley. *Aust. J. Agric. Res.* 46: 831 — 844.
- Fathi G., McDonald G. K., Lance R. C. M. 1997. Responsiveness of barley cultivars to nitrogen fertilizer. *Aust. J. Exp. Agric.* 37 (2): 199 — 211.
- Greenwood D. J., Lemaire G., Gosse G., Crus P., Drycott A., Neeteson J. 1999. Decline in percentage N of C3 i C4 crops with increasing plant mass. *Ann. Bot.* 66: 425 — 436.
- Kukuła S., Pecio A., Górski T. 1999. Związek pomiędzy wskaźnikiem klimatycznego bilansu wodnego a zawartością białka w ziarnie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 4: 81 — 89.
- Marshall B., Ellis R. P. 1994. Analysis and modeling of the effects of the nitrogen on the growth, partitioning and quality of malting barley. *HGCA Project Report*, 94.
- Pecio A., Fotyma E. 2001. Kalibracja testów NNI i SPAD dla jarego jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.* 3: 171 — 172.