

WANDA SZUKALSKA-GOŁĄB
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA ZAWARTOŚCI I PLONÓW BIAŁKA ZBÓŻ

Głównym czynnikiem decydującym o jakości ziarna zbóż jest zawartość białka. Cechę tę determinują geny polimeryczne, których ekspresja zależy w pewnym stopniu od warunków środowiska. Poziom zawartości białka w ziarnie uprawianych obecnie odmian zbóż nie jest wystarczający w stosunku do zapotrzebowania ludzi i zwierząt. Udział białka zbóż w produkcji mieszanek treściwych w Polsce wynosi 49% [33]. Dlatego poprawa zawartości i plonów białka ma duże znaczenie zarówno dla polepszenia wartości konsumpcyjnej i paszowej, jak i w dążeniu do obniżenia kosztownego importu śruty sojowej i arachidowej.

Wyniki prac genetycznych i hodowlanych mające na celu podniesienie zawartości białka przy nie obniżonym poziomie plonów wskazują, że osiągnięcie tego na drodze hodowlanej jest trudne [10]. Wprawdzie otrzymano formy jęczmienia o genetycznie podwyższonej zawartości białka [11], jednakże charakteryzują się one licznymi ujemnymi cechami, a przede wszystkim mniejszą zdolnością plonowania [7, 9, 44]. Genotypy te są wykorzystywane w hodowli jako źródła wysokiej zawartości białka. Gatunki zbóż różnią się zdolnością magazynowania białka. Największe możliwości gromadzenia białka w ziarnie ma pszenica i pszenżyto, a nieco mniejsze żyto i jęczmień.

Ostatnio zwraca się uwagę na znaczenie wprowadzanego do uprawy pszenżyta w poprawie bilansu białka w produkcji zbóż [18, 39]. Prowadzone są badania nad wpływem składu chromosomowego na ekspresję ważniejszych cech hodowlanych pszenżyta, w tym również zawartości białka w liniach substytucyjnych pszenżyta jarego. Pewne możliwości zwiększenia zawartości białka daje metoda ulepszania pszenżyta poprzez substytucję chromosomów. Z badań nad porównaniem genotypów o pełnym genomie z formami substytucyjnymi wynika, że wprowadzenie chromosomów genomu D w miejsce homeologicznych chromosomów genomu R w liniach pszenżyta powodowało zwiększenie zawartości białka w ziarnie [28, 36]. Największy wpływ na zawartość białka wydaje się mieć chromosom 2D, a także zespoły utworzone z chromosomów: 2D, 5D, 6D, 7D. We wszystkich liniach wysokobiałkowych obecny jest chromosom R [36].

W hodowli jakościowej pszenicy wykorzystuje się gatunki pszenicy tetraploidalnej jako źródła wysokiej zawartości białka. Hodowcy sugerują, że prowadzona we wczesnych pokoleniach mieszańców międzygatunkowych jednoczesna selekcja na wysoki plon ziarna z kłosa i masę 1000 ziaren oraz wysoką zawartość białka w ziarnie może prowadzić do uzyskania linii dobrze plonujących i o wysokiej procentowej zawartości białka [22].

Zawartość białka w ziarnie zbóż odmian uprawnych warunkowana jest w większym stopniu zmiennością środowiska niż zmiennością genetyczną [37]. Jednym z głównych czynników środowiska wpływających na wzrost zawartości białka jest nawożenie azotowe [4, 45]. Nie uzyskano dotychczas zadowalających wyników w zakresie przełamania ujemnej korelacji wielkości plonu ziarna z zawartością białka w ziarnie. W związku z tym hodowla na tę cechę jest mało obiecująca. Dlatego uważa się, że łatwiej można osiągnąć połączenie wysokiego plonu ziarna z dużą zawartością białka przez uprawę odmian efektywnie wykorzystujących azot i odpowiednio zastosowane nawożenie azotowe niż wyhodowanie odmian o wysokiej zawartości białka.

Wzrost zawartości białka w ziarnie zbóż pod wpływem zwiększonego nawożenia azotowego jest zjawiskiem potwierdzonym przez wyniki licznych prac [17, 30, 38, 47, 49]. Jednakże wzrostowi temu towarzyszy zwiększanie plonów ziarna tylko do pewnego poziomu N, powyżej którego zawartość białka w ziarnie jeszcze rośnie, natomiast plon ziarna maleje. Wyniki doświadczeń wskazują, że głównym powodem zmniejszania się plonu jest zmniejszanie się wielkości ziarna, co tłumaczy się zakłóceniami w procesach syntezy i przemieszczania sacharydów do ziarna. Duże dawki azotu wpływają na intensywniejsze gromadzenie się białka w ziarnie i jednocześnie na zmniejszenie gromadzenia sacharydów decydujących o wypełnieniu ziarna [2]. Zmniejszenie plonu ziarna przy zwiększającej się zawartości białka w ziarnie spowodowane może być między innymi przez czynniki bioenergetyczne, ponieważ wymagania te w syntezie białka są dwukrotnie większe niż w syntezie sacharydów [34, 46].

Wzrost zawartości białka w ziarnie spowodowany przez nawożenie azotowe zależy od odmiany [12, 20], a między innymi od intensywności pobierania i rozdzielania pobranego azotu między ziarno i słomę [21]. Stwierdzono, że odmiany różnią się intensywnością pobierania azotu już w stadium siewek [26]. Genotypy o wysokim potencjale plonowania, silnie krzewiące się, o bujnym systemie korzeniowym charakteryzuje największe pobranie azotu. Przy czym o wysokości plonu w warunkach intensywnej uprawy decyduje nie tyle wielkość ile aktywność fizjologiczna i specyfika budowy anatomicznej systemu korzeniowego. Aktywność systemu korzeniowego pod względem pobierania składników pokarmowych jest cechą recesywną [45]. Dlatego też różnice w zdolności pobierania składników pokarmowych przez genotypy oraz w ich reakcji na poziom przyswajalnych składników w glebie mogą być wykorzystane w hodowli odmian o wysokim potencjale plonotwórczym [48].

Typowe jęczmiona „białkowe” wykazują większe pobieranie azotu niż inne genotypy [29]. W doświadczeniach polowych i wazonowych stwierdza się, że przy zwiększonym nawożeniu azotowym genotypy „białkowe” przewyższają inne pod względem zawartości białka w ziarnie dając jednocześnie mniejszy plon ziarna, a tym samym mniejszy plon białka z jednostki powierzchni. Natomiast „normalne” odmiany o dużych możliwościach plonowania wykazują wzrost plonów białka pod wpływem wysokiego nawożenia azotowego [13, 23, 24, 32]. Dlatego niektórzy autorzy twierdzą, że w hodowli na wyższy plon białka należy kłaść szczególny nacisk na zwiększenie plonów ziarna.

Wyniki badań wskazują, że wysokie plony białka ziarna uzyskuje się zwykle u wysokoplennych odmian krótkosłomych lub półkarłowych o dużym wskaźniku plonowania rolniczego (stosunek ziarna do słomy) [34, 42]. Większość wysokoplennych odmian krótkosłomych i półkarłowych charakteryzuje się mocnym i głęboko penetrującym systemem korzeniowym. Wyniki doświadczeń nad rozwojem źdźbła i systemu korzeniowego wskazują, że ani długość, ani liczebność korzeni nie jest skorelowana z długością źdźbła [43]. Aczkolwiek w dawniejszych pracach spotkać można pogląd, że skrócenie źdźbła pociąga za sobą skrócenie długości korzeni. Wydajność fotosyntezy odmian krótkosłomych z jednostki powierzchni jest większa, w porównaniu z odmianami o długiej słomie, dzięki możliwości dużego zagęszczenia roślin w łanie.

Wysokoplenne odmiany krótkosłome lub półkarłowe charakteryzują się wysokim udziałem plonów białka ziarna w plonie białka z całej rośliny. Znaczne ulepszenie plonów ziarna tych odmian uzyskano dzięki ulepszeniu indeksu plonów. Ponieważ produkcja biomasy jest raczej stała, to konsekwencją skrócenia słomy jest silna pozytywna korelacja między indeksem plonu a plonem ziarna. Z drugiej strony, zwiększony indeks plonów wpływa na zwiększenie plonów białka ziarna, ponieważ mniejsza masa słomy powoduje, że więcej azotu części nadziemnej roślin może być zużywane na produkcję białka ziarna. Specjaliści sugerują, że najkorzystniej byłoby prowadzić hodowlę w kierunku uzyskania odmian o genetycznie zwiększonej zdolności pobierania azotu oraz o zwiększonym stosunku ziarna do słomy, starając się jednocześnie utrzymać nie zmienioną zawartość białka w ziarnie. Jednocześnie obiecującym kierunkiem w hodowli wydaje się być uwzględnianie zróżnicowania genotypów pod względem intensywności przemieszczania pobranego azotu z części wegetatywnych rośliny do ziarna w fazie jego wypełniania [46]. Dlatego przy selekcji na wysoką zawartość białka należy zwracać uwagę na jego udział w poszczególnych częściach roślin.

Istotne znaczenie dla efektywnego działania dawek azotu ma ich podział oraz technika nawożenia [29, 45]. W doświadczeniach obserwowano zwiększanie się wpływu azotu na wzrost zawartości białka w ziarnie w miarę przesuwania terminu nawożenia azotem na późniejsze okresy rozwoju roślin zbożowych [19]. W warunkach dostatecznej wilgotności termin stosowania późniejszych dawek może być przesunięty na okres kłoszenia, a nawet kwitnienia [8]. Azot dostarczany roślinom w okresie, kiedy ich procesy wzrostowe zostały już zakończone, może być jeszcze przez rośliny pobierany i magazynowany w ziarnie w formie białkowej.

W ostatnich latach zwrócono uwagę na dolistne dokarmianie roślin wodnymi roztworami związków azotowych z dodatkiem mikroelementów jako efektywny sposób zwiększania zawartości białka w ziarnie zbóż [27]. Dolistne stosowanie azotu stwarza możliwości dostarczenia go roślinom w późniejszych okresach wegetacji (strzelanie w źdźbło, kłoszenie), co ma decydujący wpływ na zwiększanie zawartości białka w ziarnie. Najbardziej odpowiednią formą azotu do dolistnego dokarmiania roślin jest mocznik. Stwierdzono, że mocznik zwiększa przepuszczalność kutikuli, co sprzyja również absorpcji innych jonów [7]. Yamada i in. (cyt. za 7) wskazują, że wpływ mocznika na kutikularną przepuszczalność polega na rozluźnianiu struktury błony poprzez zmianę wiązań w grupach estrowych, eterowych i dwueterowych mię-

dzy makromolekułami kutyny. Opracowane technologie dolistnego dokarmiania roślin włączają te zabiegi w system ochrony roślin. Zaleca się przeprowadzanie oprysków zarówno opryskiwaczami naziemnymi jak i samolotami stosowanymi w ochronie roślin. Na dużą opłacalność dolistnego dokarmiania zbóż wodnymi roztworami związków azotowych oprócz zwiększania zawartości białka w ziarnie i możliwości łączenia tego zabiegu z opryskiem pestycydami wskazuje również duża efektywność zastosowanego azotu w porównaniu z doglebowym nawożeniem tym składnikiem, kiedy to obserwuje się straty azotu spowodowane wymywaniem i denitryfikacją. Z dotychczasowych badań wynika, że stosunkowo największe efekty w zwiększaniu zawartości białka w ziarnie przy wysokim poziomie plonów uzyskuje się stosując dolistne dokarmianie pszenicy, zwłaszcza ozimej [8, 13, 31].

Możliwości zwiększania zawartości i plonów białka przy wysokich dawkach azotu mogą być ograniczone niedoborem mikroelementów. Wyniki badań z różnymi odmianami pszenicy wskazują na korzystne współdziałanie miedzi z azotem w syntezie białka [16]. Efektem zastosowania miedzi jest lepsze wykorzystanie azotu o 8–11% [41].

Wyniki wielu doświadczeń udowodniły, że podwyższanie się zawartości białka w ziarnie zbóż pod wpływem nawożenia azotowego może mieć wpływ na jego wartość żywieniową, o której decyduje procentowa zawartość w białku aminokwasów egzogennych, a głównie lizyny [38]. Obserwuje się wówczas wzmożoną syntezę prolamin – ubogich w lizynę, kosztem osłabionej syntezy albumin [10, 23]. Aczkolwiek wraz ze wzrostem zawartości białka zawartość lizyny w suchej masie ziarna również się zwiększa. Stwierdzono, że wzrastające dawki azotu powodują obniżenie zawartości lizyny w białku pszenicy, jęczmienia i żyta. Natomiast u owsa skład aminokwasowy jest mniej zależny od nawożenia azotem [12]. Wyniki doświadczeń wskazują, że nawożenie azotem jęczmienia jarego powodujące wzrost zawartości białka w ziarnie do 15% nie wywołuje znacniejszego pogorszenia się jakościowego składu białka [30]. Inne badania w tym zakresie wykazały, że w genotypach wysokolizynowych zawartość lizyny w białku nie zmniejsza się pod wpływem nawożenia azotem [1, 3]. Interesujące jest, że białko genotypów intensywniej nawożonych azotem, mimo mniejszej zawartości lizyny, jest lepiej strawne. Zwiększa się wówczas ilość białek endospermu, które charakteryzują się lepszą przyswajalnością przez organizmy zwierzęce niż bogate w lizynę białka warstwy aleuronowej i zarodka [25]. Możliwe, że lepsza strawność białka roślin wyżej nawożonych azotem spowodowana jest również równoczesnym obniżeniem zawartości substancji antyżywniowych w ziarnie [23].

Trzeba jeszcze dodać i podkreślić, że wartość biologiczna białka, zwłaszcza przy podwyższonych dawkach azotu, zależy od racjonalnego zaopatrzenia roślin w mikroelementy. Wyniki doświadczeń wykazały, że uzupełniające nawożenie mikroelementami (Cu, Zn) wpływa nie tylko na zwiększenie plonów ziarna i zawartości białka, ale i na korzystne zmiany w składzie białka oraz na polepszenie wartości biologicznej białka pszenicy intensywnie nawożonej azotem [15].

Z punktu widzenia oceny jakościowej, należy zwrócić uwagę na korzystne oddziaływanie zmian w składzie i zawartości białka, spowodowanych nawożeniem

azotowym, na jakość konsumpcyjną zbóż, której wyznacznikiem jest m.in. wartość wypiekowa mąki i zawartość gluteiny wysokocząsteczkowej. Cechy te warunkowane są zawartością białka ogólnego w ziarnie [5]. Dane z literatury wskazują, że zwiększone dawki azotu, powodując wzrost zawartości białka w ziarnie, wpływają jednocześnie na zwiększenie zawartości glutenu i wartości wypiekowej mąki [20].

Podsumowanie

Możliwości zwiększenia zawartości i plonów białka ziarna zbóż upatrywać można w połączeniu wysiłków hodowców i agrotechników. Aczkolwiek w hodowli możliwości uzyskania genotypów o wysokiej zawartości białka w ziarnie są ograniczone, to poszukuje się nowych dróg do realizacji tego celu.

Odpowiedni dobór komponentów do krzyżowania, a następnie wybór skutecznych metod selekcji może się przyczynić do podniesienia zawartości białka w ziarnie zbóż. Pewne szanse widzi się również w ukierunkowaniu selekcji na uwzględnienie zróżnicowania genotypów pod względem dystrybucji pobranego azotu między ziarno a części wegetatywne.

W hodowli zmierzającej do uzyskania odmian o dużych potencjalnych plonach białka ziarna postuluje się preferowanie genotypów o wysokim stopniu wykorzystania azotu na produkcję białka o odpowiedniej zawartości w ziarnie i o dużym plonie ziarna.

LITERATURA

- [1] Altman R., Zosche M.: *Z. Acker-u. Pflanzenbau*, 150: 81–96, 1981.
- [2] Andersen A.J., Køie B.: *Agron. J.* 67: 695–698, 1975.
- [3] Babayan R.S., Mkrtchyan A.T.A.: *Sel'skokhzyaistvennaya Biologiya* 1: 31–32, 1984.
- [4] Biskupski A.: Jakość konsumpcyjna ziarna Triticale. Praca zbiorowa pod red. C. Tarkowskiego: *Biologia Pszenżyta*, PWN 1989.
- [5] Biskupski A., Maćkowiak W., Subda H., Bogdanowicz H., Ludwiczak A.: *Hod. Rośl. Aklim.*, 33, 1/2: 1–11, 1989.
- [6] Błaszczuk-Ostrowska B., Fiuczek M.: *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 143: 45–56, 1974.
- [7] Burgazowa J.: *Genetika i Seleksiya*, 17, 6: 434–439, 1984.
- [8] Chafer technical bulletin. Doncaster South Yorks, 1986.
- [9] Czembor H.J., Kudła M.M., Kudła M.: *Hod. Rośl. Aklim.*, 28, 5/6: 313–319, 1984.
- [10] Doll H.: (Opening Session of Eucarpia, Warszawa 1986), *Hod. Rośl. Aklim.*, 32, 1/2: 45–50, 1988.
- [11] Emmerikh E. D., Lukina N.I.: *Trudy po Prikladnoi Botanike, Genetike i Seleksii*, 73, 3: 93–97, 1982.
- [12] Eppendorfer W.H.: *J. Sci. Foot Agric.*, 28: 152–156, 1977.
- [13] Hénrich L., Hoffmann H., Simchen H., Borchmann W., Drausche W.: *Feldwirtschaft*, 4: 182–184, 1987.
- [14] Kamińska J., Mazgalska W.: *Biul. IHiAR*, 165: 15–33, 1988.
- [15] Krauze A., Domska D., Koter M.: *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 238: 109–120, 1981.

- [16] Krauze A., Bobrzecka D.: Dolistne dokarmianie i ochrona roślin w świetle badań i doświadczeń praktyki rolniczej (Mat. sem. nauk., Puławy 1988), 81–92, 1988.
- [17] Kudła M.: Biul. IHiAR, 197: 59–67, 1988.
- [18] Maćkowiak W.: Nowe Roln., 11/12, 1985.
- [19] Majkowski K., Budzyński W., Gronowicz H.: Zesz. Nauk ART w Olsztynie, Roln., 33: 127–134, 1982.
- [20] Mazurek J., Biskupski A., Maj L.: Biul. IHiAR, 164: 215–226, 1987.
- [21] McMullan P.M., Mevetty P.B., Urquhart A.A.: Canad. J. Plant Sci., 68, 2: 311–322, 1988.
- [22] Miazga D., Szwed-Urbaś K.: Hod. Rośl. Aklim., 33, 5/6: 10–16, 1989.
- [23] Nowacki E.: Biul. IHiAR, 145: 81–83, 1981.
- [24] Noworolnik K.: Biul. IHiAR, 168: 47–53, 1988.
- [25] Peers D.G., Taylor A.G.: J. Sci. Food Agric., 28: 602–607, 1977.
- [26] Perby H., Jensen P.: Physiol. Plant., 58: 220–223, 1983.
- [27] Petr J.: Feldwirtschaft, 6: 249–251, 1985.
- [28] Pilch J.: Hod. Rośl. Aklim., 30, 3/4: 1–52, 1989.
- [29] Piech M., Stankowski S.: Biul. IHiAR, 166: 17–26, 1988.
- [30] Płoszyński M.: Pam., Puł., 84: 89–101, 1985.
- [31] Powlson D. S., Poulton P. R., Møller N. E., Hewitt M.V., Penny A., Jenkinson D.S.: J. Sci. Food Agric., 48: 429–440, 1989.
- [32] Rahman M. A., Goodman P. J.: Z. Pflanzenzücht., 95, 3: 210–220, 1985.
- [33] Rakowska M.: Biul. IHiAR, 173–174: 5–16, 1990.
- [34] Scholz F.: Cereal Grain Protein Improvement (Proc. Research Co-ordination Meeting, Vienna 1982), IAEA, Vienna: 269–277, 1984.
- [35] Shewry P.R., Bright S.W.J., Burgess S.R., Mifflin B.J.: Cereal Grain Protein Improvement (Proc. Research Co-ordination Meeting, Vienna, 1982), IAEA, Vienna: 93–103, 1984.
- [36] Sowa W.: Hod. Rośl. Aklim., 30, 1/2: 1–49, 1988.
- [37] Stanca A.M., Delogu G., Magiore T., Gentinetta E., Lorenzoni C.: Cereal Research Communications, 12: 59–65, 1984.
- [38] Starczewski J., Stankiewicz Cz.: Biul. IHiAR, 169: 129–135, 1989.
- [39] Szukalski H., Szukalska-Gołąb W.: Nowe Roln., 9: 1–3, 1987.
- [40] Szukalski H., Szymczyk R., Sikora H.: Hod. Rośl. Aklim., 25: 97–109, 1981.
- [41] Szukalski H., Sikora H., Szukalska-Gołąb W.: Biul. IHiAR, 156: 21–27, 1985.
- [42] Szukalska-Gołąb W.: Hod. Rośl. Aklim., 34, 1/2, 1990.
- [43] Szymańska L.: Hod. Rośl. Aklim., 26, 5/6: 374–387, 1984.
- [44] Ullrich S.E., Kleinhofs A., Coon C.N., Nilan R.: Cereal Grain Protein Improvement (Proc. Research Co-ordination Meeting, Vienna 1982), IAEA, Vienna: 93–103, 1984.
- [45] Ulonska E., Baumer M.: Evaluation of Seed Protein Alterations by Mutation Breeding (Proc. Research Co-ordination Meeting Hahnenklee, 1975), Vienna: 95–106, 1976.
- [46] Wilson D., Breese E.L., Valentine J.: (Opening Session of Eucarpia, Warszawa, 1986), Hod. Rośl. Aklim. 32, 1/2: 23–32, 1988.
- [47] Wojcieszka U., Wolska E., Król M.: Acta Agrobot., 35, 2: 191–203, 1982.
- [48] Zenisceva L.: Barley Genetics III (Proc. of the Third International Barley Genetics Symposium, Garsching, 1975), Verlag Karl Thieming, München: 649–661, 1976.
- [49] Zych J.: Wiadomości Odmianoznawcze, 7/29, 1988.