

**Bogusława Jaśkiewicz**

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa- Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

WARTOŚĆ PASZOWA ZIARNA PSZENŻYTA  
W ZALEŻNOŚCI OD CZYNNIKA POGODOWEGO\*

**Słowa kluczowe:** alkilorezorcynole, aminokwasy, pszenżyto, skład chemiczny, składniki pokarmowe, warunki pogodowe

---

**Wstęp**

Uzyskanie wysokiego plonu ziarna pszenżyta o dobrej wartości paszowej jest możliwe po odpowiednim zsynchronizowaniu zespołu zabiegów agrotechnicznych z uwarunkowaniami siedliskowymi w warunkach zmiennego w latach czynnika pogodowego.

Pszenżyto to gatunek zboża o dużym znaczeniu gospodarczym. Głównymi producentami tego gatunku są Polska, Niemcy, Białoruś, Francja i Rosja. Warunki środowiskowe i wyhodowane odmiany, sprzyjają uprawie tego gatunku w naszym kraju. Występuje tendencja wzrostowa powierzchni uprawy pszenżyta w Polsce (rys. 1). W roku 2015 była ona najwyższa i wynosiła 1,49 mln. ha. Zbiory ziarna pszenżyta w 2017 roku wynosiły 5,0 mln ton (35).

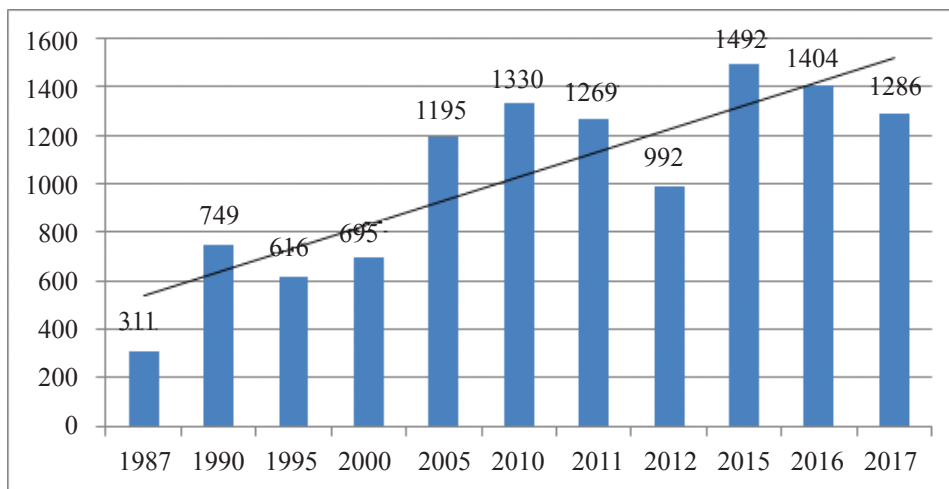
Pszenżyto to przede wszystkim zboże paszowe, ponieważ aż 85% ziarna jest przeznaczane na skarmianie (19). O wartości pokarmowej ziarna pszenżyta w żywieniu zwierząt decydują zawarte w nim składniki pokarmowe i ich strawność oraz skład aminokwasowy białka (18). Ziarno pszenżyta staje się także coraz bardziej popularne, jako zboże konsumpcyjne (11). Ma wysoką zawartość białka w ziarnie i lepszy skład aminokwasowy niż pszenica (1).

**Wymagania środowiskowe**

Ryzyko uprawy pszenżyta w Polsce, nawet we wschodniej części kraju, przy sterowanym doborze odmian jest niewielkie, dzięki wielkiemu postępowi w hodowli mrozoodpornych i zimotrwałych form pszenżyta ozimego (25)

---

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.



Rys. 1. Powierzchnia zasiewów [ tys. ha ] pszenżyta w Polsce w latach 1987-2017.

Źródło: Rynek Zbóż, 2017 (35)

Pszenżyto charakteryzuje się małymi wymaganiami środowiskowymi, co ma podstawowe znaczenie w Polsce ze względu na duży udział gleb lekkich (18). Stanowi alternatywę dla uprawy żyta na lepszych stanowiskach, umożliwiając uzyskiwanie wyższych plonów, o lepszych parametrach jakościowych ziarna. Wprowadzenie pszenżyta na część areалу gleb zajmowanych przez żyto, powiększa ilość białka wnoszonego przez ziarno zbóż do pasz. Posiada większą odporność na choroby niż pozostałe gatunki zbóż, co obniża nakłady na jego uprawę. Dzięki dużemu potencjałowi plonowania i dobrej wartości pokarmowej stało się ono konkurencyjne dla innych gatunków zbóż (18).

Wymagania wodne pszenżyta ozimego w czasie wegetacji jesiennej są niewielkie i wynoszą 80-100 mm opadu (10). Umiarkowana susza jesienna (pod warunkiem, że nie opóźnia wschodów) działa nawet korzystnie na rozwój systemu korzeniowego oraz na wigor wiosenny. Największe zapotrzebowanie na wodę pszenżyto ozime wykazuje od fazy rozwojowej w skali BBCH 30 do BBCH 59, tj. około 40-45 mm opadu w kwietniu, 60-70 mm w maju, 30 mm w pierwszej połowie czerwca i w lipcu. Niedobór wody w okresie krytycznym, szczególnie na słabszych glebach przyspiesza kłoszenie, zmniejsza masę vegetatywną i zagęszczenie łanu.

Większe niż u żyta wymagania termiczne wiosną powodują, że pszenżyto ozime później wznawia wegetację i charakteryzuje się powolniejszą dynamiką wzrostu wczesnowiosennego. W okresie krytycznym (strzelanie w źdźbło-kłoszenie), wymaga temperatury dobowej na poziomie 6-8°C, a dłuższe okresy temperatury wyższej wpływają niekorzystnie na gospodarkę wodną i plonowanie roślin. W okresie nalewania ziarna optimum termiczne wynosi 16-17°C i jest to największe zapotrzebowanie na taką temperaturę w całym okresie wzrostu i rozwoju. Wyższa temperatura powietrza jest pożądana dopiero w fazie dojrzałości woskowej, ponieważ przyspieszają dosychanie ziarna i słomy.

Jakość ziarna pszenżyta kształtowana jest przez złożoną aktywność siedlisk, czynników agronomicznych i genetycznych (13, 14, 15, 16, 17).

### Składniki pokarmowe w ziarnie

Zawartość składników pokarmowych w ziarnie zależy nie tylko od genotypu (odmiany), ale także od poziomu nawożenia azotem, stosowanej ochrony roślin, czy przebiegu pogody w okresie wegetacji. Określony ich udział w ziarnie jest miernikiem wysokiej wartości pokarmowej pasz. Z przedstawionych wyników Petkova i in. (30) wynika (tab. 1), że pszenżyto odmiany Lamberto z kolejnych lat zbioru charakteryzowało się zbliżoną koncentracją substancji organicznej w suchej masie. Średnia zawartość białka ogólnego, w ilości od 111,2 do 126,6 g w 1 kg s.m. w połączeniu z wysoką zawartością związków bezazotowych wyciągowych odzwierciedlają węglowodanowy charakter pszenżyta.

Tabela 1

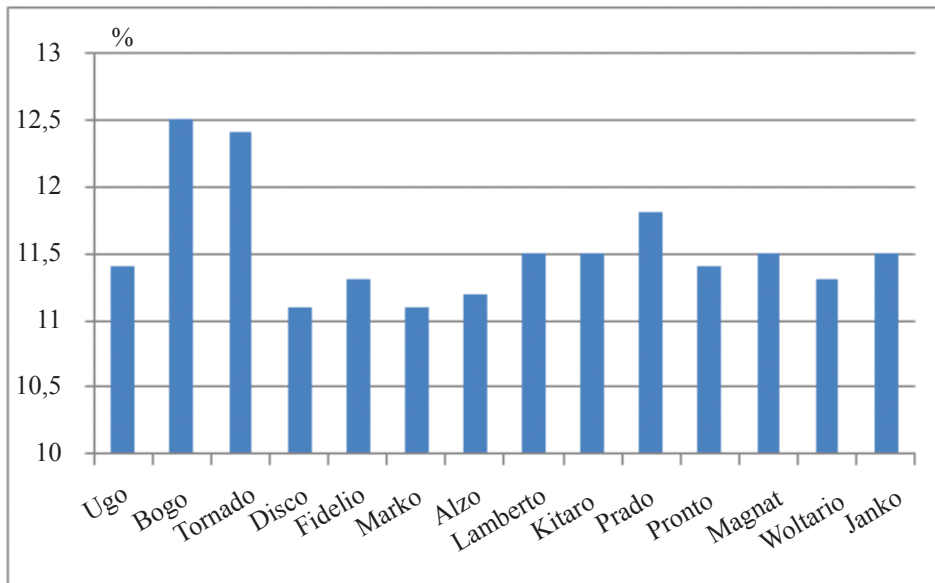
Zawartość składników pokarmowych w badanym ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Lamberto (g/kg s.m.)

| Rok  | Popiół surowy | Substancja organiczna | Białko ogólne | Ekstrakt eterowy | Włókno surowe | Związki bezazotowe wyciągowe |
|------|---------------|-----------------------|---------------|------------------|---------------|------------------------------|
| 2002 | 15,6          | 984,4                 | 112,5         | 14,7             | 27,4          | 830,0                        |
| 2003 | 18,0          | 982,0                 | 111,2         | 14,6             | 28,1          | 828,1                        |
| 2004 | 16,7          | 983,3                 | 126,6         | 15,7             | 31,1          | 809,9                        |

Źródło: Petkov i in., 2006 (30)

Największą zawartość białka ogólnego, tłuszczu i włókna surowego charakteryzowało się ziarno pszenżyta z 2004 roku, co koresponduje z wynikami innych autorów badań (9, 41). Stwierdzili, że na zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenżyta ozimego istotnie wpływały warunki opadowo-termiczne oraz przedplon. Większej koncentracji białka sprzyjają lata o mniejszej ilości opadów i wyższej średniej temperaturze powietrza w okresie wegetacji. Powszechna prawidłowość, że większe nagromadzenie białka w ziarnie ma miejsce w latach suchych nie potwierdziła się w badaniach Sambofskiegoin. (36), zależała od warunków atmosferycznych w okresie wegetacji. Stwierdzili, że na tej podstawie nie jest możliwe wydzielenie grup odmian, które przy różnym przebiegu pogody (latach) charakteryzowałyby się najwyższą bądź najniższą zawartością białka w ziarnie. Według ich badań, najwyższą zawartością białka odznaczało się ziarno odmiany Bogo (12,5%), zaś najniższą ziarno odmiany Disco i Marko (11,1%); (rys. 2). Wyższa zawartość białka w ziarniakach odmiany Bogo mogła wynikać z ich mniejszych rozmiarów, gdyż genotyp ten charakteryzował się przeciętną niższą MTZ. Podobny zakres zawartości białka w ziarnie dla kilku odmian pszenżyta stwierdzili Pisulowska i in. (31, 32). Stosowanie środków chwastobójczych w zalecanych dawkach w większości nie powoduje znaczących zmian w wartości biologicznej ziarna pszenżyta, w tym także w zawartości białka

(7, 8, 35), a obserwowane zmiany wywołane herbicydami (7) są raczej uzależnione od współdziałania wielu zmiennych czynników zewnętrznych i różnej reakcji poszczególnych odmian na stosowanie tych samych preparatów.



Rys. 2. Zawartość białka [%] w ziarnie odmian pszenżyta ozimego

Źródło: Samborski i in., 2008 (36)

### Zawartość aminokwasów w białku ziarna pszenżyta

Czynnikiem determinującym wartość paszową jest plon białka i jego skład aminokwasowy. Szczególne znaczenie przypisuje się aminokwasom egzogennym, które muszą być dostarczane z zewnątrz, gdyż organizmy nie mają możliwości ich biosyntezy (38, 39, 37). Większość zwierząt użytkowych (ssaków) powinna otrzymać w paszy następujące aminokwasy: lizynę, treoninę, cysteinę, metioninę, walinę, izoleucynę, leucynę i fenyloalaninę. Cysteina w organizmach może być wytwarzana z metioniny. Z tych też względów zaliczana bywa do aminokwasów półegzogennych lub względnie niezbędnych. Drugą grupą aminokwasów są aminokwasy endogenne, syntetyzowane przez zwierzęta. Ich zawartość ma także wpływ na wartość żywieniową pasz. W żywieniu drobiu arginina i kwas glutaminowy zaliczane są do aminokwasów egzogennych (6, 28, 30, 34).

O wartości pokarmowej białka decyduje jego skład aminokwasowy, który zależy od warunków pogodowych (tab. 2) w latach badań. W roku 2002 (suma roczna opadów i średnia temperatura powietrza zbliżona do wielolecia, lata 1982-2010) suma aminokwasów egzogennych była odpowiednio o 9% i 25% większa niż w roku 2003 i 2004. Lata te charakteryzowały się sumą roczną opadów i średnią temperaturą powietrza poniżej średnich z wielolecia. P e t k o v i in. (30) porównując całkowitą

sumę aminokwasów i zawartość aminokwasów ograniczających, zauważa znaczną różnicę między rokiem 2002, w którym aminokwasem ograniczającym była lizyna (według innych (8, 31, 33)), jest pierwszy aminokwasem ograniczającym dla zbóż), a dwoma kolejnymi latami, w których limitującym aminokwasem był tryptofan, co potwierdzają badania L u b o w i c k i e g o i in. (24). Inne prace wskazują na lizynę i izoleucynę (27) oraz izoleucynę, metioninę i lizynę (8). W badaniach Biel i Jacyno (4) stwierdzono, że przy wyższej zawartości białka zmniejsza się zawartość lizyny. Duże opady w okresie dojrzewania ziarna pszenżyta ozimego odmiany Voltario wpłynęły na wzrost zawartości lizyny, fenyloalaminy, histydyny, argininy (8). Stankiewicz (39) w podobnych warunkach hydrotermicznych tj. przy 3-krotnie wyższych opadach w lipcu (155 mm) od wielolecia, stwierdził, że sprzyjały one w gromadzeniu się aminokwasów w ziarnie. Koncentracja aminokwasów egzogennych w ziarnie pszenżyta jarego zwiększyła się o 10,6-13,4%.

W badaniach własnych przeprowadzonych w roku 2011 i 2014 w SD IUNG-PIB zawartość aminokwasów w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Pizarro i Pigmej zależała od warunków hydrotermicznych w latach badań (tab. 3, 4). W 2011 suma aminokwasów egzogennych (tab. 3), a także endogennych (tab. 4) w ziarnie była większa niż w 2014, odpowiednio o 8,6% i 10,7%. Przyczyniły się do tego obfite opady deszczu (250 mm) w okresie dojrzewania (lipiec 2011), które spowodowały istotne zwiększenie zawartości prawie wszystkich aminokwasów. Tylko w przypadku waliny, proliny i glicyny różnice między latami nie były istotne. W analizie interakcji wykazano, że w przypadku waliny i proliny nie było różnic między latami wyłącznie w technologii intensywnej (21). Wśród aminokwasów egzogennych redukcja zawartości aminokwasów w 2014 była największa w przypadku lizyny (12,7%), a wśród endogennych – tyrozyny (o 36,9%) (tab. 3, 4). Podobne zależności zawartości aminokwasów od pogody prezentuje S t a n k i e w i c z (39), który w porównywalnych warunkach opadowo-termicznych wykazał zwiększoną koncentrację aminokwasów egzogennych w ziarnie pszenżyta jarego o 10,6-13,4%. Z kolei w badaniach B r z o z o w s k i e j i in. (8) obfite opady w okresie dojrzewania pszenżyta ozimego wpłynęły na wzrost zawartości tylko czterech aminokwasów: lizyny, fenyloalaniny, histydyny i argininy.

Tabela 2

Skład aminokwasowy (g kg s.m.) białka w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Lamberto

| Aminokwasy        | Rok zbioru |       |       |
|-------------------|------------|-------|-------|
|                   | 2002       | 2003  | 2004  |
| Kwas asparaginowy | 7,77       | 6,73  | 5,58  |
| Treonina          | 3,33       | 2,88  | 3,22  |
| Seryna            | 3,98       | 3,44  | 3,50  |
| Kwas glutaminowy  | 35,96      | 31,15 | 22,09 |
| Prolina           | 8,86       | 7,68  | 6,39  |
| Cystyna           | 2,30       | 1,99  | 1,74  |
| Metionina         | 1,95       | 1,69  | 1,42  |
| Metionina+Cystyna | 4,25       | 3,68  | 3,16  |

Tabela 2 cd.

|                        |           |           |          |
|------------------------|-----------|-----------|----------|
| Glicyna                | 4,90      | 4,24      | 4,12     |
| Alanina                | 4,31      | 3,73      | 2,71     |
| Walina                 | 4,81      | 4,17      | 3,87     |
| Izoleucyna             | 3,86      | 3,34      | 2,95     |
| Leucyna                | 7,38      | 6,39      | 5,77     |
| Tyrozyna               | 2,02      | 1,75      | 1,75     |
| Feniloalanina          | 5,07      | 4,39      | 4,31     |
| Tyrozyna+Feniloalanina | 7,09      | 6,14      | 6,06     |
| Histydyna              | 2,71      | 2,34      | 2,04     |
| Lizyna (Lyz)           | 3,28      | 2,84      | 3,02     |
| Arginina               | 5,41      | 4,69      | 5,62     |
| Tryptofan (Trp)        | 1,17      | 1,02      | 0,77     |
| CS                     | 46,88 Lyz | 40,60 Trp | 45,3 Trp |
| ΣEAA                   | 34,00     | 33,76     | 29,01    |
| ΣAA                    | 109,08    | 94,48     | 81,33    |

CS – wskaźnik aminokwasu ograniczającego, ΣEAA – suma aminokwasów egzogennych, ΣAA – suma wszystkich aminokwasów

Źródło: Petkov i in., 2006 (30)

W badaniach własnych (21) wartość zintegrowanego wskaźnika aminokwasów ograniczających (EAAI) określona według wzorca dla jaja kurzego wynosiła 60,4%. W ziarnie pszenicy wskaźnik EAAI wynosi 63%, żyta 59% a owsa 57% (5). Warunki pogodowe istotnie różnicowały wartości zintegrowanego wskaźnika aminokwasów ograniczających (EAAI). W 2011 roku, charakteryzującym się obfitymi opadami deszczu w okresie dojrzewania stwierdzono wyższą wartość EAAI w porównaniu do roku 2014 (rys. 3). Otrzymane zależności pokrywają się z wynikami prezentowanymi przez S t a n k i e w i c z a (39).

Tabela 3

Zawartość aminokwasów egzogennych (g kg<sup>-1</sup>) w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Pizarro i Pigmej w zależności od roku zbioru

| Rok zbioru | Tre   | Val   | Isol  | Leu   | Fen   | His   | Liz   | Arg   | Met   | Tryp  | Suma   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 2011       | 3,84a | 5,01a | 4,07a | 7,69a | 5,47a | 2,83a | 3,95a | 5,44a | 2,29a | 1,13a | 41,82a |
| 2014       | 3,54b | 4,95b | 3,63b | 7,08b | 5,07b | 2,58b | 3,45b | 5,07b | 2,05b | 1,05b | 38,51b |

Tre - trelina, Val - walina, Isol - izoleucyna, Leu - leucyna, Fen - feniloalanina, His - histydyna, Liz - lizyna, Arg - arginina, Met - metionina, Tryp - tryptofan

a, b – istotność różnic  $p \leq 0.05$

Źródło: badania własne

Tabela 4

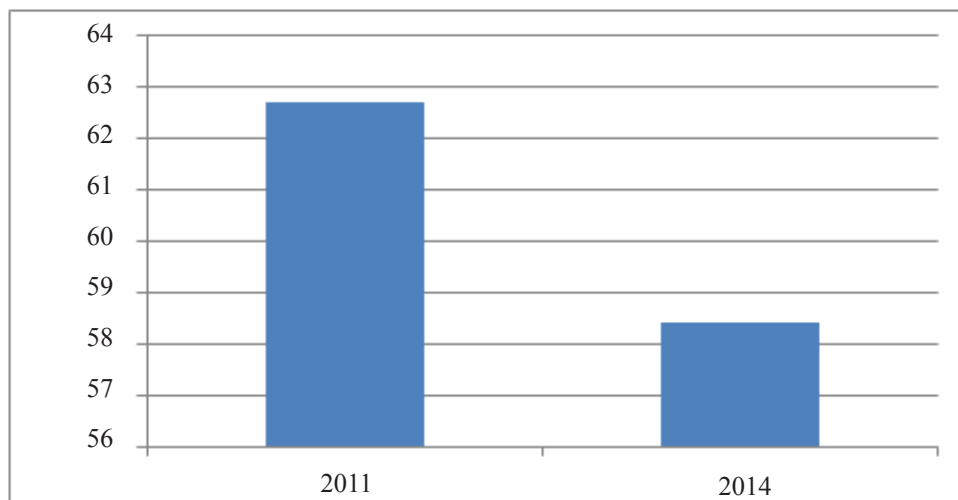
Zawartość aminokwasów endogennych (g kg<sup>-1</sup>) w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Pizarro i Pigmej w zależności od roku zbioru

| Rok zbioru | Ser    | K. asp | K. glu | Pro    | Gli   | Ala   | Tyr   | Cys   | Suma   |
|------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 2011       | 5,54a  | 8,10a  | 31,65a | 10,86a | 4,75a | 4,89a | 3,06a | 2,25a | 71,1a  |
| 2014       | 5,23bb | 6,74b  | 28,44b | 10,23b | 4,69b | 4,30b | 1,93b | 1,89b | 63,45b |

Ser - seryna, K. asp - kwas asparaginowy, K. glu - kwas glutaminowy, Pro - prolina, Gli - glicyna, Ala - alanina, Tyr - tyrozyna, Cys - cysteina

a, b – istotność różnic  $p \leq 0.05$

Źródło: badania własne



Rys. 3. Wartość zintegrowanego wskaźnika aminokwasów ograniczających [EAAI] ziarna pszenżyta ozimego odmiany Pizarro i Pigmej w zależności od roku zbioru [%]

Źródło: badania własne

### Skład chemiczny ziarna

Pszenżyto jest zbożem wykorzystywanym przede wszystkim na paszę, dlatego poza wielkością plonu ważna ze względów pokarmowych jest także zawartość makroskładników i mikroskładników w ziarnie, które są głównym źródłem substancji mineralnych dla zwierząt gospodarskich. Zawartość poszczególnych makroelementów w ziarnie pszenżyta wykazuje dużą zmienność i zależy od wielu czynników: zasobności gleby w przyswajalne składniki pokarmowe, gatunku zboża i jego formy, zabiegów agrotechnicznych, w tym nawożenia i ochrony roślin, a także warunków pogodowych w okresie wegetacji (31, 40, 28). Zarówno niedobór jak i nadmiar makroskładników w ziarnie pszenżyta może powodować obniżenie wartości biologicznej paszy i być przyczyną niekorzystnych zmian w metabolizmie zwierząt.

W trzyletnim okresie badawczym B r z o z o w s k i e j (7) zawartość makroelementów w suchej masie ziarna pszenżyta ozimego odmiany Bogo kształtowała się na poziomie średnim (azot, fosfor, potas i magnez) oraz niskim (wapń) i zależała od warunków pogodowych (tab. 5). Średnia w latach badań zawartość makroelementów w suchej masie ziarna pszenżyta ozimego wynosiła odpowiednio: azot –  $18,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , fosfor –  $4,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , potas –  $5,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , magnez –  $1,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , wapń –  $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 5). Zawartość azotu, fosforu i potasu w ziarnie była największa w trzecim roku badań (2002 r.), w którym opady w czerwcu i lipcu wynosiły jedynie 49,4% średniej sumy z wielolecia, a średnia temperatura w tych miesiącach przekraczała odpowiednie średnie z wielolecia o 0,7 i 2,4°C. Z kolei zawartość magnezu i wapnia była największa w pierwszym roku badań, z wyższą niż zwykle (o 1,0°C) średnią temperaturą miesięczną w okresie wegetacji wiosenno-letniej, przy umiarkowanych opadach (87% średniej sumy z wielolecia). Ponadto B r z o z o w s k a (7) zwraca uwagę na

postępujący w latach proces obniżania się koncentracji wapnia w ziarnie pszenżyta ozimego w porównaniu z wcześniejszymi oznaczeniami. Zdecydowanie najmniejsza koncentracja makroskładników (z wyjątkiem potasu) w ziarnie pszenżyta wystąpiła w drugim roku badań, charakteryzującym się nadmiernymi opadami w lipcu (208% średniej sumy z wielolecia).

Tabela 5

Zawartość makroskładników [g·kg<sup>-1</sup> s.m.] w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Bogo

| Makroskładniki | Lata |      |      | Średnio |
|----------------|------|------|------|---------|
|                | 2000 | 2001 | 2002 |         |
| Azotu          | 19,1 | 16,6 | 20,4 | 18,7    |
| Fosforu        | 4,2  | 3,8  | 4,4  | 4,1     |
| Potasu         | 4,7  | 4,9  | 5,4  | 5,0     |
| Magnezu        | 1,5  | 1,2  | 1,4  | 1,4     |
| Wapnia         | 0,6  | 0,4  | 0,5  | 0,5     |

Źródło: Borzozowska, 2006 (7)

W badaniach K r y ń s k i e j i in. (23) przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji tylko w niewielkim stopniu wpływał na gromadzenie się składników mineralnych w ziarnie pszenżyta ozimego. W badaniach B r z o z o w s k i e j (7) obniżka zawartości azotu w ziarnie pszenżyta po zastosowaniu mieszaniny herbicydów Granstar 75 WG + Chwastox Extra 300 SL w porównaniu z ziarnem z obiektu kontrolnego (różnice istotne) może mieć związek z wrażliwością genetyczną odmiany na dany preparat lub ich mieszaninę, która według M a k a r s k i e j (27) zwykle ujawnia się w niesprzyjających warunkach pogodowych.

### Substancje antyżywieniowe

W ziarnie zbóż obok składników pokarmowych występują związki mające negatywny wpływ na zdrowie zwierząt i ich wydajność, są to substancje antyżywieniowe. Ilość tych substancji kształtuje się u pszenżyta na poziomie pośrednim pomiędzy formami rodzicielskimi, jest jednak bardziej zbliżona lub podobna jak u pszenicy. Natomiast w porównaniu z żytem zawiera ich 3-4 razy mniej. W badaniach krajowych nie stwierdzono dotychczas ujemnego wpływu obecnych w ziarnie w niewielkich ilościach alkilorezorcynoli (ARs) na wskaźniki żywieniowe uzyskane na zwierzętach (6). Inne badania wskazują, że AR tylko w bardzo dużych dawkach są zdolne do wywołania toksycznych efektów na organizm zwierzęcy (22, 26, 34). W ziarnie pszenżyta AR jako związek antyżywieniowy, nie stanowią problemu w żywieniu zwierząt (6). Z drugiej strony, dzięki grubej okrywie owocowo-nasiennej i dużej zawartości błonnika oraz Ars, pszenżyto może zyskać na znaczeniu jako zboże konsumpcyjne (6). Ars zwane lipidami rezorcynowymi stanowią grupę naturalnych związków fenolowych. Budzą one zainteresowanie jako składnik żywności bioaktywnej (2). Zawartość związków fenolowych, w tym AR, są jak dotąd przedmiotem badań dotyczących pszenicy. Wykazano w nich, że zależą od genotypu (3, 6, 42 i warunków środowiskowych (12, 29, 43).

W przeprowadzonym eksperymencie w SD Osiny IUNG - PIB w Puławach w roku 2011 i 2014 z odmianami pszenżyta ozimego Pizarro i Pigmej oraz w roku 2013 z odmianami Cerber i Fredro zawartość ARs była zależna od warunków hydro-termicznych w latach badań. W roku 2014 średnia zawartość AR była o 13%, a w 2013 o 20% wyższa w stosunku do roku 2011 (tab. 6, 7). Jak wskazują współczynniki korelacji, zawartość ARs zależała od średniej temperatury powietrza w kwietniu i maju oraz sumy opadów w marcu, kwietniu, czerwcu oraz lipcu (tab. 9). W 2013 zwiększeniu koncentracji ARs sprzyjał chłodny kwiecień i ciepły maj (tab. 7, 9). Niska akumulacja ARs w 2011 wynikała z ograniczonych opadów w okresie krzewienia i początku strzelania w źdźbło (marzec i kwiecień) oraz kłoszenia (czerwiec), ale także nadmiernych opadów w okresie dojrzewania (lipiec). Istotny wpływ warunków pogodowych na koncentrację ARs wykazany został również w badaniach pszenicy durum (3).

W badaniach własnych wykazano, że zawartość ARs w ziarnie była dodatnio skorelowana z MTZ (20). Ziarno było bardziej dorodne (o większej MTZ) (tab. 8) i zawierało więcej ARs w latach o korzystnym dla rozwoju roślin układzie warunków hydro-termicznych w 2014 w porównaniu do 2011 (tab. 6). Z kolei w badaniach Ż u - c h o w s k i e g o i n. (43) nad pszenicą, zawartość kwasów fenolowych (do których należą ARs) była ujemnie skorelowana z MTZ. Odmienne reakcja wykazana w badaniach własnych może wynikać ze stosunkowo niewielkich odchyłeń dorodności ziarna pszenżyta (tab. 8) w porównaniu do znacznych różnic między wartością minimalną a maksymalną tej cechy u pszenicy (do 44 %) (43). Stwierdzono istotne zróżnicowanie w zawartości ARs w zależności od technologii produkcji (tab. 6, 7). U pszenżyta uprawianego w technologii intensywnej zawartość ARs w ziarnie była większa (tab. 6) i charakteryzowała się mniejszą zmiennością w porównaniu do technologii integrowanej (tab. 7). W warunkach technologii intensywnej w roku 2014 obserwowano wzrost zawartości ARs w ziarnie w porównaniu do technologii integrowanej w roku 2011 (tab. 6). Podobne zależności prezentowane są przez C z a b a n a i n. (12), którzy wskazują na wzrost całkowitej zawartości kwasu fenolowego, spowodowany wysoko wydajną technologią konwencjonalną (intensywne rolnictwo) w porównaniu do zintegrowanych i ekstensywnych technologii. Z doniesień literaturowych wynika, że zawartość ARs w ziarnie pszenżyta jest mniejsza niż u pszenicy ale większa niż u żyta (34). W badaniach B o r o s i n. (6) średnia zawartość ARs u dwudziestu odmian pszenżyta wynosiła 503 mg/kg, a współczynnik zmienności  $V=12,5\%$ . W tamtych badaniach odmiany Pigmej i Pizarro zawierały odpowiednio 475 i 418 mg AR mg $kg^{-1}$ . W badaniach własnych koncentracja ARs w ziarnie tych odmian była niższa (tab. 6), co potwierdza wpływ warunków siedliskowych na omawianą cechę.

Wykazano interakcję lat i odmian w kształtowaniu zawartości ARs w ziarnie pszenżyta (tab. 6). W roku 2011 odmiana Pizarro zawierała mniej ARs w porównaniu do odmiany Pigmej w roku 2014. Zawartość ARs w ziarnie u odmiany Pizarro charakteryzowała się wyższym współczynnikiem zmienności niż u odmiany Pigmej (tab. 7).

Tabela 6

Interakcje w zawartości alkilorezorcynoli ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) w ziarnie pszenżyta ozimego pomiędzy czynnikami doświadczenia

| Rok zbioru | Technologia produkcji |            | Odmiana |        | Średnia |
|------------|-----------------------|------------|---------|--------|---------|
|            | Integrowana           | Intensywna | Pizarro | Pigmej |         |
| 2011       | 287b                  | 316ab      | 277b    | 326ab  | 302b    |
| 2014       | 327ab                 | 356a       | 325ab   | 358a   | 342a    |

a, b oznacza różnice istotne  $P < 0.05$ . Źródło: Jaśkiewicz, Szczepanek, 2016 (20)

Tabela 7

Współczynnik zmienności zawartości AR w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od systemu uprawy roli, technologii produkcji i odmiany (%)

| Czynniki              |             | Rok zbioru  |      |
|-----------------------|-------------|-------------|------|
|                       |             | 2011 i 2014 | 2013 |
| System uprawy roli    | Płużny      | 10,4        | 17,1 |
|                       | Bezplężny   | 11,7        | 18,8 |
| Technologia produkcji | Intensywna  | 11,8        | 16,4 |
|                       | Integrowana | 15,4        | 21,4 |
| Odmiany               | Pizzaro     | 15,8        | –    |
|                       | Pigmej      | 9,6         | –    |
|                       | Cerber      | –           | 6,6  |
|                       | Fredro      | –           | 7,3  |

Źródło: Jaśkiewicz, Szczepanek, 2016 (20)

Tabela 8

Zawartość białka (%) and MTZ (g) w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od roku zbioru

| Rok zbioru | MTZ (g)            | Zawartość białka (%) |
|------------|--------------------|----------------------|
| Year       |                    |                      |
| 2011       | 40,2c <sup>†</sup> | 11,2a                |
| 2013       | 41,0b              | 10,3b                |
| 2014       | 42,9a              | 10,5b                |

a, b oznacza różnice istotne  $P < 0.05$

Źródło: Jaśkiewicz, Szczepanek, 2016 (20)

Tabela 9

Zależność między zawartością ARs w ziarnie a warunkami pogodowymi (współczynniki korelacji Pearson'a)

| Miesiąc  | Średnia temperatura powietrza | Suma opadów |
|----------|-------------------------------|-------------|
| Marzec   | -0,27                         | 0,53*       |
| Kwiecień | -0,45*                        | 0,35*       |
| Maj      | 0,36*                         | 0,23        |
| Czerwiec | -0,08                         | 0,48*       |
| Lipiec   | 0,24                          | -0,51*      |

\* oznacza istotność różnic dla  $P < 0.05$ ;

Źródło: Jaśkiewicz, Szczepanek 2016 (20)

## Podsumowanie

Wartość pokarmowa pszenżyta ozimego jest cechą silnie uwarunkowaną genetycznie ale zależy również od warunków pogodowych i czynnika agrotechnicznego. Stosując intensywną technologię, zmniejszając udział zbóż w zasiewach i wybierając odpowiednią odmianę można uzyskać zwiększenie zawartości pożądaných aminokwasów egzogennych i endogennych w ziarnie, a tym samym polepszyć jego wartość paszową i konsumpcyjną.

W warunkach pogodowych sprzyjających wykształcaniu dorodnego ziarna, intensywna technologia produkcji sprzyja akumulacji ARs w ziarnie pszenżyta, w porównaniu do technologii integrowanej w warunkach ograniczonych opadów. Dla produkcji żywności prozdrowotnej z pszenżyta o wysokiej zawartości ARs szczególnie sprzyjają optymalne warunki hydro-termiczne w fazie strzelanie w źdźbło - kłoszenie. Wysoka zawartość białka, korzystny skład aminos kwasowy i chemiczny oraz niska zawartość substancji antyżywnościowych wyraźnie przemawiają za wykorzystaniem ziarna tego gatunku w żywieniu zwierząt gospodarskich.

## Literatura

1. Alijošius S., Švirnickas G.J., Bliznikas S., Gružauskas R., Šašytė V., Racevičiūtė–Stupelienė A., Kliševičiūtė V., Daukšienė A.: Grain chemical composition of different varieties of winter cereals. *Zemdirbyste*, 2016, **103**, 3: 273-280.
2. Andersson A.A.M., Kamal–Eidin A., Fraš A., Boros D., Aman P.: Alkylresorcinols in wheat varieties in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J. Agric. Food Chem.*, **56**: 9722-9725.
3. Bellato S., Ciccoritti R., Del Frate V., Sgrulletta D., Carbone K.: Influence of genotype and environment on the content of 5-n alkylresorcinols, total phenols and on the antiradical activity of whole durum wheat grains. *J. Cereal Sci.*, 2013, **57**: 162-169.
4. Biel W., Jacyno E.: Chemical composition and nutritive value of Spring hulled barley varieties. *Bulgarian J. Agric. Sci.*, 2013, **19**(4), 721-727.
5. Biel W., Maciorowski R.: Ocena wartości odżywczej ziarna wybranych odmian pszenicy. *Żywność. Nauka. Technologia, Jakość*, 2012, **2**(81):45-55.
6. Boros D., Fraš A., Gołębiewska K., Gołębiewski D., Paczkowska O., Wiśniewska M.: Wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne ziarna odmian zbóż i nasion rzepaku zalecanych do uprawy w Polsce. Monografia pod red. Boros D. i Fraš A. Monografie i Rozprawy, IHAR-PIB. 2015, **49**: 1-119.
7. Brzozowska I.: Wpływ herbicydów i sposobu nawożenia azotem na zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.*, 2006, **142**: 9-17.
8. Brzozowska I., Brzozowski J., Hruszka M.: Effect of various methods of weed control and nitrogen fertilisation on biological value of winter triticale grain protein. *Fragm. Agron.*, 2009, **26**(2): 16-25.
9. Buraczyńska D., Ceglarek F.: Plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od przedplonu. *Fragm. Agron.*, 2009, **26**(1): 9-18.
10. Budzyński W., Szempliński W.: Pszenżyto. W: Szczegółowa uprawa roślin, red. Jasińska Z., Kotecki A., 2003, cz. I: 161-195.
11. Coffey M.T., Gerrits W.J.: Digestibility and feeding value of B858 triticale for swine. *J. Anim. Sci.*, 2009, **66**: 2728-2735.
12. Czaban J., Sułek A., Pecio Ł., Żuchowski J., Podolska G.: Effect of genotype and crop management systems on phenolic acid content in winter wheat grain. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2014, **11**(3,4): 1201-1206.

13. Djekić V., Milovanović M., Staletić M., Perisić V.: Triticale implementation in nonruminant animals nutrition. *Macedonian J. Animal Sci.*, 2009, **2(1)**: 41-48.
14. Domska D., Kos J., Procyk Z., Rogalski L., Rytelowski A.: Porównanie wpływu zróżnicowanych dawek nawożenia azotem na zawartość białka i jego jakość w ziarnie pszenżyta, pszenicy i żyta uprawianych w północno- wschodniej Polsce. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rolnictwo LXV*, 1997, **175**: 91-97.
15. Idkowiak M., Kordas L.: Uproszczenia w uprawie roli i nawożenia azotem a jakość ziarna pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 47-53.
16. Jaśkiewicz B.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna nowych odmian pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.*, 2010, **152**: 95-103.
17. Jaśkiewicz B.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i zawartość białka w ziarnie odmian pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 2014, **31(1)**: 25-31.
18. Jaśkiewicz B., Kliza-Hołubowicz G.: Uprawa i wykorzystanie pszenżyta na paszę. *IUNG Puławy. Instr. Upowszech.*, 2008, **145**: 1-68.
19. Jaśkiewicz B.: Regionalne zróżnicowanie produkcji pszenżyta. *Rocz. Nauk. SERIA*. 2016, **8(1)**: 98-104.
20. Jaśkiewicz B., Szczepanek M. Crop management and variety have influence on alkylresorcinol content in triticale grain. *Acta Agric. Scand. Section B*, 2016, **66 (7)**: 570-574.
21. Jaśkiewicz B., Szczepanek M., Ochmian I. Aminoacid content in triticale grain depending on meteorological, agrotechnical and genetic factors. *Procciding 24. Dorocznej Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Badania na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich 2018”*, Łotwa (w druku).
22. Kozubek A., Tymań J.H.: Resorcinolic lipids, the natural nonisoprenoid phenolic amphiphiles and their biological activity. *Che. Rev.*, 1999, **99**: 1-25.
23. Kryńska B., Majda J., Kud K.: Wpływ poziomu i sposobu stosowania azotu na plonowanie pszenżyta ozimego i zawartość makroelementów w ziarnie. *Cz. II. Zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego. Fragm. Agron.*, 1997, **3**: 353-358.
24. Lubowicki R., Kotlarz A., Petkov K., Jaskowska I.: Ocena składu chemicznego i wartości biologicznej białka pszenżyta, pszenicy i żyta. *Zesz. Nauk. AR Szczec., ser. Rolnictwo*, 1997, **175(65)**: 243-248.
25. Lista Opisowa Odmian. Rośliny rolnicze. Zbożowe. COBORU. Słupia Wielka. 2018, ss.174.
26. Lynch B.S., Delzell E.S., Bechtel D.H.: Toxicology review and risk assessment of resorcinol: thyroid effects. *Reg Toxicol Pharmacol*, 2002, **36**: 198-210.
27. Makarska E.: Jakość ziarna odmian pszenżyta ozimego w warunkach stosowania wybranych herbicydów. *Wyd. AR Lublin. Rozpr. habil.*, 1997, ss. **205**.
28. Matyka S., Karol W., Wojciak M.: Skład mineralny ziarna zbóż. *Zesz. Nauk. WSR-P, Siedlce, ser. Zoot.*, 1993, **32**: 51-55.
29. Mpofu A., Sapirstein H. D., Beta T.: Genotype and environmental variation in phenolic content, phenolic acid Composition and antioxidant activity of hard spring wheat. *J. Agric. Food Chem.*, 2006, **54**: 1265-1270.
30. Petkov K., Bobko K., Biel W., Jaskowska I.: Ocena ziarna pszenżyta ozimego na podstawie składu chemicznego, aminokwasowego oraz jakości białka. *Folia Iniv. Agric. Stetin. Agricultura*, 2006, **247(100)**: 141-144.
31. Pisulewska E., Zając T., Oleksy A.: Skład mineralny ziarna wybranych odmian pszenżyta ozimego w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 1998, **205/206**: 179-188.
32. Pisulewska E., Ścigalska B., Szymczyk B.: Porównanie wartości pokarmowej ziarna polskich odmian pszenżyta jarego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Ser. Rolnictwo*, 2000, **206 (82)**: 219-224.
33. Rakowska M.: Wartość żywieniowa ziarna pszenżyta. *Rozdział 13 w pracy zbiorowej „Biologia pszenżyta”*, pod red. Cz. Tarkowskiego, PWN Warszawa, 1989, 340-351.
34. Ross A.B., Karnal-Elidin A., Amann P.: Dietary alkylresorcinola: absorption, bioactivities, and possible use as biomarkers of whole grain wheat – and rye – rich foods. *Nutr. Rev.*, 2004, **62**: 81-95.
35. Rynek Zbóż.: Stan i perspektywy. *Analizy rynkowe. MRiRW*, 2017.

- 
36. Samborski S., Gozdowski D., Rozbicki J.: Wpływ nawożenia azotem na jakość ziarna odmian tradycyjnych i krótkosłomych pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 2008, **1(97)**: 372-390.
  37. Shewry P. R.: Improving the protein content and composition of cereal grain. *J. Cereal Sci.*, 2007, **46**: 239-250.
  38. Stankiewicz Cz.: Studium nad plonowaniem i wartością paszową ziarna pszenżyta w warunkach Wysoczyzny Siedleckiej. *WSRP Siedlce, Rozp. Nauk.* 1998, **51**: 1-99.
  39. Stankiewicz Cz. 2005: Skład aminokwasowy i wartość biologiczna białka pszenżyta jarego w zależności od gęstości wysiewu i stosowanych herbicydów. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, **4(1)**: 127-139.
  40. Ścigalska B., Pisulewska E., Kołodziejczyk M.: Zawartość makro- i mikroskładników w ziarnie odmian pszenżyta jarego. *Folia Univ. Agric. Stetin. Agricultura*, 2000, **206(82)**: 287-292.
  41. Zając T., Szafrański W., Gierdziewicz M., Pieniek J.: Plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego po różnych przedplonach. *Fragm. Agron.*, 2006, **23(2)**: 174-184.
  42. Ziegler J.U., Steingass C.B., Longin C.F.H., Würschum T., Carle, R., Schweigert, R.M.: Alkylresorcinol composition allows the differentiation of Triticum spp. having different degrees of ploidy. *Journal of Cereal Science*, 2015, **65**: 244-251.
  43. Żuchowski J., Jończyk K., Pecio L., Oleszek W. Phenolic acid concentrations in organically and conventionally cultivated spring and winter wheat. *J. Sci. Food Agric.*, 2011, **91**: 1089-1095.
- 

Adres do korespondencji:

*dr hab. Bogusława Jaśkiewicz*  
*Zakład Uprawy Roślin Zbożowych*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*  
*tel. 81 4786 813*  
*e-mail: kos@iung.pulawy.pl*

