



<sup>1</sup>Zakład Uprawy Roślin Zbożowych, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –  
Państwowy Instytut Badawczy, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, Polska

<sup>2</sup>Katedra Ogrodnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, ul. Słowackiego 17,  
71-434 Szczecin, Polska  
\*e-mail: kos@iung.pulawy.pl

BOGUSŁAWA JAŚKIEWICZ<sup>1\*</sup>, IRENEUSZ OCHMIAN<sup>2</sup>

## Zawartość alkilorezorcynoli w ziarnie odmian pszenżyta jarego w zależności od systemu uprawy gleby i poziomu nawożenia azotem

---

Alkylresorcinol content in grains of spring triticale cultivars depending  
on the soil tillage system and nitrogen fertilization level

**Streszczenie.** Dobór odmian i czynniki agrotechniczne mają wpływ na wzrost, wielkość i jakość plonu ziarna zbóż, zatem mogą również kształtować zawartość alkilorezorcynoli (AR) w ziarnie pszenżyta jarego. Celem badań było określenie wpływu poziomu nawożenia azotem (0, 70 i 100 kg N·ha<sup>-1</sup>) na zawartość AR w ziarnie czterech odmian pszenżyta jarego w warunkach dwóch systemów uprawy (płużnej i bezorkowej). Przeprowadzone badania wskazują, że zawartość AR w ziarnie pszenżyta jarego jest cechą silnie uwarunkowaną genetycznie, ale zależy również od warunków pogodowych, nawożenia azotem i systemu uprawy roli. Nawożenie azotem w dawce 100 kg·ha<sup>-1</sup> sprzyja akumulacji AR w ziarnie pszenżyta jarego, szczególnie w warunkach wyższej sumy opadów w kwietniu i maju. W warunkach ograniczonych opadów w fazie krzewienia i początku strzelania w źdźbło (kwiecień) oraz kłoszenia zawartość AR jest podobna przy obu dawkach nawożenia azotem, tj. 100 i 70 kg·ha<sup>-1</sup>. Dla produkcji żywności prozdrowotnej o wysokiej zawartości AR szczególnie przydatna może być odmiana pszenżyta jarego Puzon i Sopot nawożona azotem 100 kg·ha<sup>-1</sup> i przy zastosowaniu płużnego systemu uprawy gleby.

**Słowa kluczowe:** alkilorezorcynole, pszenżyto jare, odmiany, uprawa gleby, nawożenie azotem

### WSTĘP

Pszenżyto jest jednym z najmłodszych gatunków roślin zbożowych w uprawie (pierwsze formy uprawne wyhodowano na przełomie lat 70. i 80. ubiegłego stulecia). Areal uprawy i udział pszenżyta w strukturze zasiewów zbóż w Polsce jest największy spośród

wszystkich krajów świata. Pszenżyto jare w 2019 r. zajmowało powierzchnię 164 tys. hektarów, co stanowiło 12% ogólnej powierzchni zasiewów tego gatunku [GUS 2021].

Pszenżyto ma mniejsze wymagania glebowe niż pszenica, ale większe niż żyto. Pod względem zawartości białka jest podobne do pszenicy, ale ma większą odporność na choroby i jest bardzo plenne [Jaśkiewicz 2011, 2017, Wojciechowski i in. 2016]. Obecnie uznaje się, że alkilorezolecynole (AR) w ziarnie pszenżyta jako związki antyżywniowe nie stanowią problemu w żywieniu zwierząt [Djekić i in. 2009]. Z drugiej strony, dzięki grubej okrywie owocowo-nasiennej i dużej zawartości błonnika oraz AR pszenżyto może zyskać na znaczeniu jako zboże konsumpcyjne [Boros i in. 2015]. AR zwane również lipidami rezorcynowymi należą do grupy fenoli i występują głównie we frakcji otrębowej [Ross i in. 2003, 2004]. Stanowią grupę naturalnych związków fenolowych niezbędnych do wzrostu, adaptacji czy obrony roślin przed patogenami [Boros i in. 2015]. Obecnie budzą one zainteresowanie jako składnik żywności bioaktywnej [Andersson i in. 2008]. Wykazują silną aktywność antibakteryjną, grzybobójczą i działają w organizmie jako antyoksydanty [Fardet 2010]. Funkcje ochronne AR u zbóż w stosunku do patogenów oraz właściwości antyoksydacyjne wskazują na istotną rolę tych związków w procesach metabolicznych człowieka [Kamal-Eldin i in. 2000, Skrzypek i in. 2007].

W dotychczas przeprowadzonych nad pszenicą badaniach wykazano, że zawartość związków fenolowych czy samych AR zależy od genotypu [Bellato i in. 2013, Boros i in. 2015, Ziegler i in. 2015], warunków środowiskowych, a także sposobu uprawy [Żuchowski i in. 2011, Czaban i in. 2014, Jaśkiewicz 2021b, Grabiński i in. 2021]. W literaturze można spotkać doniesienia dotyczące kształtowania plonu ziarna poprzez stosowane technologie produkcji w różnych warunkach środowiskowych [Korbas i Mrówczyński 2011, Biberdzić i in. 2012], natomiast brakuje informacji na temat ich wpływu na zawartość AR w ziarnie pszenżyta jarego.

Dobór odmian i czynniki agrotechniczne oraz ich interakcje mają wpływ na wzrost, rozwój roślin, wielkość i jakość plonu, mogą zatem również kształtować zawartość AR w ziarnie pszenżyta [Klikocka i in. 2014, Jaśkiewicz i in. 2016, Jaśkiewicz 2017, 2021a].

Założono, że przy zastosowaniu płuznego sposobu uprawy roli i nawożeniu azotem dawką  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  odmiany pszenżyta jarego uzyskają wyższą zawartość AR w ziarnie. Celem badań było określenie wpływu systemu uprawy gleby i poziomu nawożenia azotem na zawartość AR w ziarnie zróżnicowanych odmian pszenżyta jarego.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2017, 2018 i 2019 w Stacji Doświadczalnej w Osinach ( $51^{\circ}15'N$ ,  $22^{\circ}18'E$ ), należącej do Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach, na glebie pseudobielicowej, kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa i IIIb. Gleba o odczynie obojętnym zawierała  $181 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$  i  $173 \text{ mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Wiosną, sezonu wegetacyjnego 2017 r. zawartość azotu mineralnego w glebie była niska i wynosiła  $39,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , w sezonie wegetacyjnym 2018 r. –  $36,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  i w sezonie wegetacyjnym 2019 r. –  $35,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Doświadczenie trzyczynnikowe założono metodą split-plot w trzech powtórzeniach. Siew pszenżyta jarego wykonano w trzeciej dekadzie marca. Pszenżyto jare uprawiano po pszenicy jarej w płodozmianie z 75-procentowym udziałem zbóż w strukturze zasiewów.

Pierwszym czynnikiem doświadczenia był system uprawy roli – tradycyjny (płużny) i uproszczony (uprawa bezorkowa). W uprawie płużnej po zbiorze przedplonu rozdrob-

niono słomę, wykonano podorywkę na głębokość 8-10 cm i bronowanie broną ciężką, następnie zastosowano orkę przedsiewną na głębokość 20-22 cm. W uprawie uproszczonej po rozdrobnieniu słomy glebę uprawiano kultywátorem na głębokość 16-18 cm. Do uprawy przedsiewnej posłużył agregat uprawowy (kultywator plus wał strunowy).

Drugim czynnikiem doświadczenia były dawki nawożenia azotem: 0, 70, 100 kg·ha<sup>-1</sup>. Zastosowano 50% ogólnej dawki nawożenia azotem przedsiewnie, a kolejne 50% w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 31) w postaci saletry amonowej (34%).

Trzecim czynnikiem eksperymentu były wysoko plonujące odmiany pszenżyta jarego. Należą do nich wpisana do Krajowego Rejestru Odmian w 2014 r. odmiana Mazur, w 2015 r. odmiany Sopot i Puzon (Hodowli Roślin Danko) oraz w 2008 r. odmiana Milewo (Hodowli Roślin Strzelce). Odmiany Mazur, Milewo i Puzon charakteryzowała średnia wysokość roślin, natomiast rośliny odmiany Sopot były niższe.

Powierzchnia poletka doświadczalnego do zbioru wynosiła 20 m<sup>2</sup>. Zastosowano gęstość siewu 4,5 mln ziaren na 1 ha. Przedsiewnie aplikowano nawożenie mineralne w formie superfosfatu w dawce 60 kg P·ha<sup>-1</sup> i soli potasowej w dawce 90 kg K·ha<sup>-1</sup>. Ochronę przeciwko występowaniu chorób, chwastów i szkodników prowadzono zgodnie z integrowaną metodą ograniczenia zachwaszczenia oraz patogenów chorób i szkodników po przekroczeniu progu szkodliwości [Korbas i Mrówczyński 2011]. Bezpośrednio po zbiorze pobrano próby ziarna w celu wykonania analizy metodą spektrometryczną [Tłuścik 1978]. Ziarno rozdrabniano w młynku laboratoryjnym z sitem 0,5 mm (wielkość cząstek <0,5 mm). AR ekstrahowano acetonem z odważki analitycznej 1 g w czasie 3 godz. w temperaturze 55°C w łaźni wodnej. Zawartość AR oznaczano z ekstraktów acetonowych po utworzeniu barwnej reakcji z dwuazowaną p-nitroaniliną i pomiarze absorbancji barwnego roztworu przy 435 nm. Do sporządzenia krzywej wzorcowej zastosowano orcynol.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie w programie Statistica v.10.1, metodą analizy wariancji ANOVA dla trzech czynników, a stwierdzone różnice szacowano testem Tukeya na poziomie istotności  $p < 0,05$ .

W sezonie wegetacyjnych 2017 r. średnia temperatura powietrza była zbliżona do wielolecia, natomiast w sezonach w 2018 i 2019 r. odpowiednio wyższa o 2,4°C i 2,9°C (tab. 1). W dwu ostatnich analizowanych latach średnia temperatura w poszczególnych

Tabela 1. Temperatura i opady atmosferyczne w okresie wegetacji pszenżyta jarego w latach 2017-2019 w porównaniu z wieloleciem

Table 1. Temperature and precipitation during spring triticale growing season in 2017 and 2019 compared to multi-year period

Miesiąc Month	Temperatura/Temperature (°C)				Opady/Precipitation (mm)			
	2017	2018	2019	1981-2010	2017	2018	2019	1981-2010
III	5,9	0,1	0,5	1,6	33	31	21	30
IV	7,5	13,6	14,0	7,8	72	30	32	40
V	13,8	17,1	17,8	13,5	67	59	55	57
VI	18,1	18,8	19,2	16,8	34	38	34	70
VII	18,6	20,6	20,8	18,5	120	122	112	84
Średnia/Suma Mean/Sum	12,8	14,0	14,5	11,6	326	280	254	281

miesiącach była podobna. Sezon wegetacyjny 2017 r. odznaczał się sumą opadów wyższą o 45 mm, 2018 r. – podobną, a w sezonie 2019 r. suma opadów była niższa o 27 mm w porównaniu z sumą z wielolecia.

Suma opadów w sezonach wegetacyjnych 2018 i 2019 r. w okresie od marca do czerwca była podobna. Niemniej we wszystkich latach badań ilość opadów w czerwcu była dwukrotnie mniejsza w porównaniu z wieloleciem. Natomiast w lipcu w 2017 r. suma opadów była o 30%, w 2018 r. o 31%, a w 2019 r. o 25% wyższa w stosunku do sumy z wielolecia.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzono analizę statystyczną zawartości AR w ziarnie pszenżyta jarego uzyskanego w latach 2017, 2018 i 2019. Istotne różnice wystąpiły między zawartością AR w ziarnie zebranym w 2017 r., a zawartością AR w ziarnie ze zbioru 2018 i 2019. Dlatego wyniki badań przedstawiono dla 2017 r. i średnio dla dwulecia (2018 i 2019), w którym istotnych różnic nie stwierdzono.

W przeprowadzonym eksperymencie zawartość AR była zależna od warunków hydrotermicznych w latach badań (tab. 1). W 2017 r. średnia zawartość AR była o 23% wyższa w stosunku do lat 2018 i 2019 (tab. 2). Zwiększeniu koncentracji AR w ziarnie w 2017 r. sprzyjała średnia temperatura powietrza zbliżona do wielolecia i wyższa suma opadów w kwietniu i maju (tab. 1). Niska akumulacja AR w ziarnie zebranym w latach 2018 i 2019 wynikała z ograniczonych opadów w fazie krzewienia i początku strzelania w źdźbło (kwiecień) oraz kłoszenia (czerwiec), natomiast średnia temperatura powietrza w dwóch okresach wegetacyjnych była wyższa od średniej temperatury z wielolecia. Istotny wpływ warunków pogodowych na koncentrację AR wykazany został również w badaniach prowadzonych z pszenicą durum [Bellato i in. 2013] oraz w badaniach z żytem [Grabiński i in. 2021]. W badaniach własnych stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości AR w ziarnie pszenżyta jarego w latach badań w zależności od dawki nawożenia azotem. W 2017 r. w ziarnie pszenżyta jarego uprawianego w technologii intensywnej z zastosowaniem 100 kg N·ha<sup>-1</sup> zawartość AR była większa o 38 mg·kg<sup>-1</sup> w porównaniu

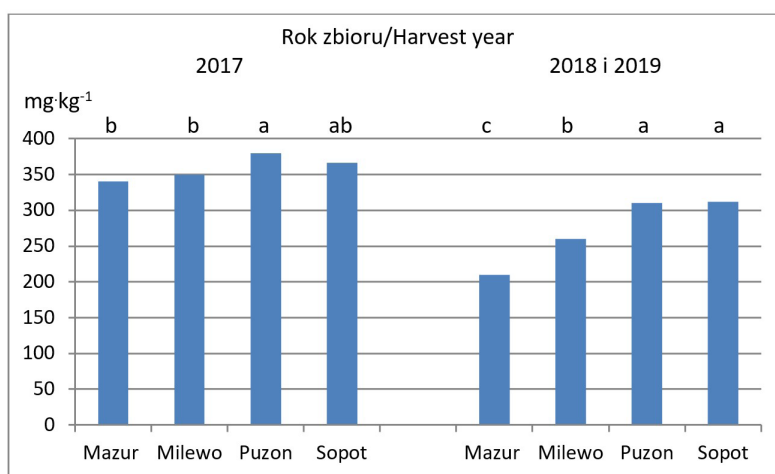
Tabela 2. Zawartość AR w ziarnie pszenżyta jarego w zależności od nawożenia azotem i roku zbioru (mg·kg<sup>-1</sup>)

Table 2. Ars content in spring triticale grains depending on nitrogen fertilization and harvest year (mg·kg<sup>-1</sup>)

Rok zbioru Harvest year	Nawożenie azotem/ Nitrogen fertilization			Średnio Mean
	0	70 kg·ha <sup>-1</sup>	100 kg·ha <sup>-1</sup>	
2017	347 <sup>b</sup>	352 <sup>b</sup>	390 <sup>a</sup>	363 <sup>a</sup>
2018 i 2019	264 <sup>b</sup>	283 <sup>a</sup>	294 <sup>a</sup>	280 <sup>b</sup>
Średnio/Mean	305 <sup>b</sup>	318 <sup>ab</sup>	342 <sup>a</sup>	322

a, b – grupy jednorodne (średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie)/ homogeneous group (the means marked with the same letters are not significantly different).

z nawożeniem dawką  $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Natomiast w sezonach wegetacyjnych 2018 i 2019 r. uzyskano podobną zawartość AR w ziarnie zebranym z obiektów nawożonych dawką azotu  $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  i  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Istotnie najniższą ich zawartość wykazano w ziarnie zebranym z obiektu kontrolnego. Podobne zależności uzyskali w swoich badaniach Czabana i in. [2014], którzy wskazują na wzrost całkowitej zawartości kwasów fenolowych spowodowany technologią intensywną w porównaniu z technologią integrowaną i ekstensywną. Z doniesień Ross i in. [2003] wynika, że zawartość AR w ziarnie pszenżyta jest mniejsza niż w ziarnie pszenicy, ale większa niż w ziarnie żyta. W badaniach Boros i in. [2015] średnia zawartość AR u dwudziestu odmian pszenżyta wynosiła  $503 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . W badaniach własnych koncentracja AR w ziarnie tych odmian była niższa (rys. 1 i 2, tab. 3).



a, b, c – grupy jednorodne (patrz tab. 2)/ homogeneous groups (see table 2).

Rys. 1. Zawartość AR ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) w ziarnie odmian pszenżyta jarego w zależności od roku zbioru  
Fig. 1. Ars content ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) in grain spring triticale varieties depending on the harvest year

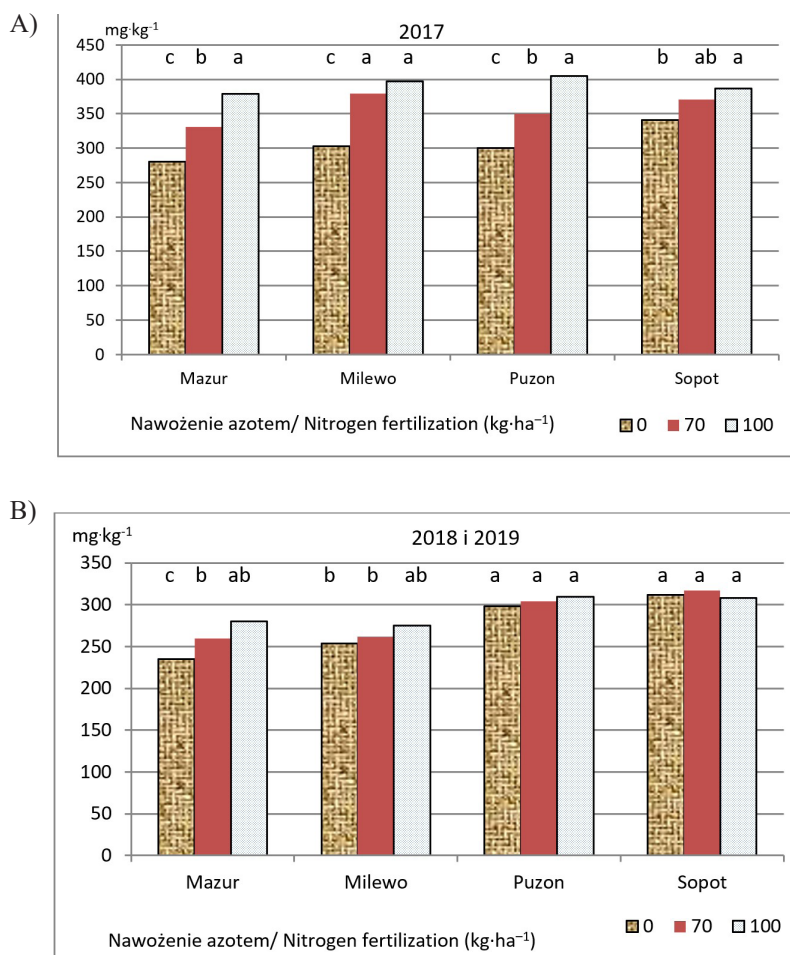
Badania nad pszenicą wykazały, że zawartość AR jest determinowana głównie przez czynniki genetyczne [Ziegler i in. 2015]. Podobnie w badaniach własnych zawartość AR była zależna od genotypu (tab. 3). Ziarno odmian Sopot i Puzon charakteryzowało się wyższą zawartością AR niż ziarno odmian Mazur i Milewo (tab. 3). W pracach Żuchowskiego i in. [2011] zawartość związków fenolowych zależała od genotypu pszenicy. Z kolei w badaniach Fernandez-Orozco i in. [2010] nie stwierdzono korelacji zawartości kwasów fenolowych z genotypem.

Własne badania wykazały interakcję lat i odmian w kształtowaniu zawartości AR w ziarnie pszenżyta (rys. 1). Ziarno odmiany Mazur zebrane w sezonach wegetacyjnych 2018 i 2019 zawierało mniej AR o  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  w porównaniu z odmianą Puzon i o  $112 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  z odmianą Sopot (rys. 1). W 2017 r. odmiany Mazur i Milewo charakteryzowały się podobną zawartością AR, ale istotnie niższą w porównaniu z odmianą Puzon. Podobnie Bellato i in. [2013] podkreślają istotny wpływ interakcji genotypu i środowiska w kształtowaniu zawartości AR w ziarnie pszenicy. Na podstawie analizy głównych kom-

ponentów zidentyfikowano genotypy, które były bogatsze w AR i bardziej stabilne w różnych środowiskach.

Wykazano interakcję nawożenia azotem i odmiany w kształtowaniu zawartości AR w ziarnie (rys. 2). W latach badań, przy nawożeniu azotem w dawce  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , wszystkie odmiany wykazały najwyższą zawartość AR, za wyjątkiem odmian Mazur i Milewo w latach 2018 i 2019, u których stwierdzono nieco niższą, ale jednocześnie podobną zawartość AR.

W sezonie wegetacyjnym 2017 r. ziarno odmiany Milewo zebrane z obiektów nawożonych dawką  $70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  miało wyższą zawartość AR niż odmiany Mazur i Puzon od-



a, b, c – grupy jednorodne (patrz tab. 2)/ homogeneous groups (see table 2).

Rys. 2. Zawartość AR ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) w ziarnie odmian pszenżyta jarego w zależności od nawożenia azotem w 2017 r. (A) oraz w latach 2018 i 2019 (B)

Fig. 2. Ars content ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) in spring triticale grains depending on nitrogen fertilization in 2017 (A) and in 2018 and 2019 (B)

Tabela 3. Zawartość AR w ziarnie odmian pszenżyta jarego w zależności od systemu uprawy gleby ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )Table 3. Ars content in the grain of spring triticale varieties depending on the cultivation system ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

System uprawy gleby Soil cultivation system	Odmiana/Variety				Średnio Mean
	Mazur	Milewo	Puzon	Sopot	
Płużny/Tillage	296 <sup>b</sup>	319 <sup>b</sup>	340 <sup>a</sup>	354 <sup>a</sup>	327 <sup>a</sup>
Bezplężny/No-tillage	297 <sup>c</sup>	300 <sup>c</sup>	342 <sup>a</sup>	324 <sup>b</sup>	316 <sup>a</sup>
Średnio/Mean	296 <sup>b</sup>	309 <sup>b</sup>	341 <sup>a</sup>	339 <sup>a</sup>	321

a, b, c – grupy jednorodne (patrz tab. 2)/ homogeneous groups (see table 2).

powiednio o 49 i 32  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (rys. 2A). Natomiast na obiekcie kontrolnym odmiana Sopot charakteryzowała się wyższą zawartością AR o 61  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  od odmiany Mazur.

W sezonach wegetacyjnych 2018 i 2019 odmiany Puzon i Sopot miały podobną zawartość AR przy zastosowanym nawożeniu mineralnym i na obiekcie kontrolnym (rys 2B). Przy nawożeniu 70  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  odmiany Milewo i Mazur miały nieco niższą zawartość AR w stosunku do odmian Puzon i Sopot. Na obiekcie kontrolnym wartość AR u odmiany Mazur była niższa o 61  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w stosunku do odmiany Sopot.

Systemy uprawy roli, średnio dla odmian nie różnicowały zawartości AR, ale wystąpiła ich interakcja z odmianami w kształtowaniu tej cechy ziarna (tab. 3). W warunkach uprawy plężnej odmiana Puzon i Sopot charakteryzowała się wyższą zawartością AR niż odmiany Mazur i Milewo (tab. 3). Zawartość AR w ziarnie odmiany Sopot w uprawie plężnej była wyższa niż w uprawie uproszczonej, o 30  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 3). Niska zawartość AR u odmian Mazur i Milewo niezależnie od systemu uprawy roli potwierdza wykazany wcześniej dominujący wpływ cech genetycznych odmian na omawianą cechę ziarna. Podobne wyniki uzyskano w badaniach przeprowadzonych z pszenżytem ozimym odmiany Pigmej, Pizzaro i Cerber [Jaśkiewicz 2016]. Zawartość AR u odmian Pizzaro i Cerber była podobna przy zastosowaniu plężnego i bezplężnego systemu uprawy gleby. Natomiast w warunkach uprawy plężnej odmiana Pigmej charakteryzowała się wyższą zawartością AR niż dwie pozostałe odmiany.

#### PODSUMOWANIE

1. Zawartość AR w ziarnie pszenżyta jarego zależała od warunków pogodowych, poziomu nawożenia azotem, sposobu uprawy gleby i odmiany.

2. Nawożenie azotem w dawce 100  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  sprzyjało akumulacji AR w ziarnie pszenżyta jarego, szczególnie w warunkach wyższej sumy opadów w kwietniu i maju. W warunkach ograniczonych opadów w fazie krzewienia i początku strzelania w źdźbło (kwiecień) oraz kłoszenia, zawartość AR była podobna przy obu nawożeniach azotem 100 i 70  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

3. Dla produkcji żywności prozdrowotnej o wysokiej zawartości AR szczególnie przydatne mogą być odmiany Puzon i Sopot pszenżyta jarego nawożone w dawce 100  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  i przy zastosowaniu plężnego systemu uprawy roli.

## PIŚMIENNICTWO

- Andersson A.A.M., Kamal-Eldin A., Fraś A., Boros D., Aman P., 2008. Alkylresorcinols in wheat varieties in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J. Agric. Food Chem.* 56, 9722–9725.
- Bellato S., Ciccoritti R., Del Frate V., Sgrulletta D., Carbone K., 2013. 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.* 57, 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.11.003>
- Biberdzić M., Lelić M., Deletić N., Barać S., Stojković S., 2012. Effects of agroclimatic conditions at trial locations and fertilization on grain. *Res. J. Agric. Sci.* 44, 1, 3–8.
- Boros D., Fraś A., Gołębiewska K., Gołębiewski D., Paczkowska O., Wiśniewska M., 2015. Wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne ziarna odmian zbóż i nasion rzepaku zalecanych do uprawy w Polsce, Boros B., Fraś A. (red.). *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR – PIB*, 49, ss. 119.
- Czaban J., Sułek A., Pecio Ł., Żuchowski J., Podolska G., 2014. Effect of genotype and crop management systems on phenolic acid content in winter wheat grain. *J. Food, Agric. Environ.* 11, 1201–1206.
- Djekić V, Milovanović M., Staletić M., Perisić V., 2009. Triticale implementation in nonruminant animals nutrition. *Maced. J. Anim. Sci.* 2, 41–48.
- Fardet A., 2010. New hypotheses for the health-protective mechanisms of wholegrain cereals: what is beyond fiber? *Nutr. Res. Rev.* 23, 65–134.
- Fernandez-Orozco R., Li L., Harflett C., Shewry P.R., Ward J.L., 2010. Effects of environment and genotype on phenolic acids in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J. Agr. Food Chem.* 58, 9341–9352. <https://doi.org/10.1021/jf102017s>
- GUS, 2021. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. 2020. Warszawa.
- Grabiński J., Sułek A., Wyzińska M., Szablewska-Stuper K., Pietrzak-Cacak G., Nieróbca A., Dziki D., 2021. Impact of genotype, weather conditions and production technology on the quantitative profile of anti-nutritive compounds in rye grains. *Agronomy*. 11(1), 151 <https://doi.org/10.3390/agronomy11010151>
- Jaśkiewicz B., 2011. Uprawa pszenżyta jarego. IUNG-PIB, Puławy, *Instr. upowszech.*, 182, 1–36.
- Jaśkiewicz B., Szczepanek M., 2016. Crop management and variety have influence on alkylresorcinol content in triticale grain. *Acta Agr. Scand. B-S.* 66, 7, 570–574. <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1201139>
- Jaśkiewicz B., 2017. Wpływ technologii produkcji na plonowanie pszenżyta jarego w warunkach zmiennej udziału zbóż w strukturze zasiewów. *Fragm. Agron.* 43, 7–17.
- Jaśkiewicz B., 2021a. Effect of tillage system and nitrogen fertilization on the yield of selected spring triticale varieties. *Pol. J. Agr.* 46, 9–13. <https://doi.org/10.26114/pja.iung.463.2021.46>
- Jaśkiewicz B., 2021b. Efektywność nawożenia i wykorzystania azotu przez wybrane odmiany pszenżyta jarego. *Przem. Chem.* 100, 7, 672–674. <https://doi.org/10.15199/62.2021.7.7>
- Kamal-Eldin A., Pour A., Eliasson Ch., Aman P., 2000. Alkylresorcinols as antioxidants: hydrogen donation and peroxyl radical-scavenging effects. *J. Sci. Food Agric.* 81, 353–356.
- Klikocka H., Juszcak D., Głowacka A., Cybula M., Kozłowski H., 2014. Wpływ uprawy roli i nawożenia siarką na komponenty plonu pszenżyta jarego. *Fragm. Agron.* 31, 47–57.
- Korbas M., Mrówczyński M. (red.), 2011. *Metodyka integrowanej ochrony pszenżyta ozimego i jarego*. Wyd. IOR-PIB, Poznań, ss. 189.
- Ross A.B., Kamal-Eldin A., Aman P., 2004. Dietary alkylresorcinols: absorption, bioactivities and possible use as biomarkers of whole grain wheat – and rye – rich foods. *Nutr. Rev.* 62, 81–85. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2004.tb00029>
- Ross A.B., Shepard M.J., Schupphaus M., Sinclair V., Afaro B., Kamal-Eldin A., Aman P., 2003. Alkylresorcinols in cereals and cereals products. *J. Agric. Food Chem.* 51, 4111–4118. <https://doi.org/10.1021/jf0340456>
- Skrzypek A., Makarska E., Kociuba W., Studziński M., 2007. Aktywność przeciwutleniająca i



- zawartość lipidów rezorcynolowych w ziarnie mieszańcowych rodów pszenżyta ozimego. *Żywność* 2(51), 51–59.
- Tłuścik F., 1978. Localization of the alkylresorcinols in rye and wheat caryopses. *Acta Soc. Botan. Pol.* 44, 4, 211–218.
- Wojciechowski W., Zawieja J., Lehmann A., Sekutowski T.R., 2016. The effect of catch crops cultivated in accordance with the agri-environment scheme on weed infestation of spring wheat stand. *Plant Soil Environ.* 62, 99–10. <https://doi.org/10.17221/533/2015-PSE>
- Ziegler J.U., Steingass C.B., Longin C.F.H., Würschum T., Carle, R., Schweigger, R.M., 2015. Alkylresorcinol composition allows the differentiation of *Triticum* spp. having different degrees of ploidy. *J. Cereal Sci.*, 65, 244–251.
- Żuchowski J., Jończyk K., Pecio Ł., Oleszek W., 2011. Phenolic acid concentrations in organically and conventionally cultivated spring and winter wheat. *J. Agr. Food Chem.* 91, 1089–1095. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4288>

**Źródło finansowania:** Praca została przygotowana w ramach projektu wewnętrznego Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach.

**Summary.** The selection of cultivars and agrotechnical factors affect the growth, size and quality of grain yield of cereals, so they can also shape the alkylresorcinol (Ars) content in spring triticale grains. The aim of the research was to determine the effect of nitrogen fertilization levels (0, 70 and 100 kg N·ha<sup>-1</sup>) on ARs content in grain of four spring triticale cultivars under conditions of two cultivation systems (plough and ploughless). The conducted research indicates that the Ars content in the grains of spring triticale is a trait strongly determined genetically, but it also depends on weather conditions, nitrogen fertilization and the tillage system. Nitrogen fertilization at a rate of 100 kg·ha<sup>-1</sup> promotes Ars accumulation in spring triticale grain, especially under conditions of higher precipitation in April and May. Under conditions of limited precipitation during tillering and the beginning of stalk shooting (April) and earing, the content of Ars was similar for both nitrogen fertilization rates, i.e. 100 and 70 kg·ha<sup>-1</sup>. Spring triticale varieties Puzon and Sopot fertilized with nitrogen may be particularly useful for the production of health-promoting foods with high Ars content of 100 kg·ha<sup>-1</sup> under plough system of soil tillage.

**Key words:** alkylresorcinols, spring triticale, cultivars, soil tillage, nitrogen fertilization

Otrzymano/Received: 17.02.2022  
Zaakceptowano/Accepted: 27.05.2022

