

## WPŁYW ZMIAN W SKŁADZIE MINERALNYM ZIARNA OWSA NAGOZIARNISTEGO NA REALIZACJĘ ZALECANEGO LUB WYSTARCZAJĄCEGO SPOŻYCIA

Robert Witkowicz

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Streszczenie.** W diecie człowieka ważną grupą roślin są rośliny zbożowe. Dostarczają one Polakom  $1184 \text{ kcal} \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{doba}^{-1}$ , co zaspokaja w 33–45% potrzeby energetyczne mężczyzn w wieku 19–31 lat. Wśród roślin zbożowych cennym gatunkiem z żywieniowego punktu widzenia jest owies. Dlatego celem badań było określenie wpływu doboru genotypu oraz sezonu wegetacyjnego na realizację zalecanego spożycia (RDA) lub wystarczającego spożycia (AI) poszczególnych składników mineralnych. W ziarnie owsa, po mineralizacji na sucho w piecu muflowym, w temperaturze  $550^\circ\text{C}$ , oznaczono zawartość Mg, Ca, Na, K i P metodą ICP-AES. Analiza składu ziarna owsa ze ścisłego eksperymentu polowego, założonego według planu frakcyjnego  $3^{4-1}$ , dowiodła bardzo małego, ale co istotne – zmiennego wpływu na realizację RDA/AI składników mineralnych, po uwzględnieniu w całodobowej racji pokarmowej (CRP) różnych genotypów owsa nagoziarnistego, pochodzących z trzech sezonów wegetacyjnych.

**Słowa kluczowe:** owies nagoziarnisty, skład mineralny, RDA, AI

### WSTĘP

Punktem wyjścia do rozważań na temat składu chemicznego surowców roślinnych jest zgodność tego składu z oczekiwaniami odbiorcy, co oczywiście uzależnione jest od kierunku wykorzystania (np.: pokarm, pasza, biomasa energetyczna). Welch i Graham [2005] uważają, że w surowcach pochodzenia roślinnego rolnictwo powinno dostarczyć co najmniej 50 składników odżywczych, najlepiej poprawnie zbilansowanych (np.: witamin, aminokwasów, kwasów tłuszczowych, składników mineralnych). Bardzo ważną grupę roślin w gospodarce i diecie człowieka stanowią zboża, co potwierdzają dane FAO. Grupa ta w 2011 roku dostarczyła Polakom  $1184 \text{ kcal} \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{doba}^{-1}$  (<http://faostat3.fao.org/home/E>). Można zatem stwierdzić, że przy zalecanym zapotrzebowaniu energe-

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Robert Witkowicz, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Instytut Produkcji Roślinnej, Zakład Szczegółowej Uprawy Roślin, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, e-mail: r.witkowicz@ur.krakow.pl

tycznym mężczyzn o umiarkowanej aktywności fizycznej, w zależności od masy ciała, w wieku 19–30 lat wynoszącym 2600–3600 kcal·doba<sup>-1</sup>, stanowi to odpowiednio 45–33% zapotrzebowania energetycznego [Jarosz i Bułhak-Jachymczak 2013]. Przywołani wyżej Welch i Gracham [2005] twierdzą, że człowiek do poprawnego wzrostu i rozwoju potrzebuje 22 składników mineralnych, które powinny być dostarczone w poprawnie skonstruowanej diecie. W skali ogólnoswiatowej znaczna część populacji wykazuje deficyt niektórych pierwiastków, np. żelaza – 60%, cynku – 30%, jodu – 30% czy też selenu – 15% [White i Broadley 2009]. Sytuacja wygląda znacznie gorzej w krajach rozwijających się, bowiem tam dodatkowo pojawia się niedobór wapnia, magnezu i miedzi. Wykazany znaczący udział ziarna zbóż i ich przetworów w diecie pozwala na dostarczenie wprawdzie mniejszych ilości białka, ale znacznej ilości węglowodanów i składników mineralnych. Da Silva Messias i inni [2013] stwierdzają wręcz, że niedobór składników mineralnych warunkuje jakość surowca roślinnego. Jak wynika z badań Gutkowskiej i Osóbki [2007], również w opinii konsumentów zawartość składników mineralnych jest najczęściej wymienianą korzyścią płynącą z żywności.

Współczesne rolnictwo na wiele sposobów może dokonywać biofortyfikacji surowca roślinnego, m.in. w elementy śladowe. Wymienić należy metody agrotechniczne oraz wykorzystujące współczesne metody hodowli roślin, modyfikujące m.in. fizjologię pobierania [Godwin i in. 2009, White i Broadley 2009, Fegeria i in. 2012]. Oznacza to, że producent rolny ma pewne, choć ograniczone w skuteczności, sposoby modyfikacji składu chemicznego surowca roślinnego. Ponieważ udział zbóż w strukturze zasiewów wynosi blisko 75% (73,86%) [Dmochowska 2013], a gatunki z tej grupy stanowią pokażną część naszej diety, ocena możliwości regulowania zawartości składników mineralnych w ziarnie ma istotne znaczenie. W obrębie tej grupy roślin unikatowość składu chemicznego ziarna owsa potwierdzili Bartnikowska i inni [2000], Gibiński i inni [2005], Butt i inni [2008], Kashin i Ubugunov [2009], Kawka [2010], Lange [2010], Piątkowska i inni [2010], Gambuś i inni [2011] oraz Rybicka i Gliszczyńska-Świgło [2014]. Swoje specyficzne właściwości zawdzięcza ono bowiem: rozpuszczalności w wodzie znacznej części włókna pokarmowego z jego ważnym komponentem  $\beta$ -D-glukanem, białku o dużej zawartości globulin, nienasyconym kwasom tłuszczowym oraz zawartości składników mineralnych w popiele.

Według Miraglia i innych [2009] dotychczasowy profil makro- i mikroelementowy roślin może ulec modyfikacji pod wpływem zmian klimatycznych. Z raportu wynika, że zmiany będą dotyczyć również opadów atmosferycznych w naszej części Europy, a objawiać się będą zmniejszeniem ilości opadów w okresie letnim i ich zwiększeniem w okresie zimowym. Oktem [2008] wykazał wyraźny wpływ komfortu wodnego kukurydzy na zawartość w jej ziarnie żelaza i cynku i miedzi, a Pisulewska i inni [2009] potwierdzili zróżnicowanie składu mikroelementowego ziarna owsa pochodzącego z różnych sezonów wegetacyjnych. Zróżnicowanie składu chemicznego ziarna owsa może implikować zmiany w ilości spożywanych makro- i mikroskładników w przetworach z tego ziarna. Skutkiem tego modyfikacji podlegać będzie realizacja zalecanego spożycia (RDA – ang. recommended dietary allowances) lub wystarczającego spożycia (AI – ang. adequate Intake) poszczególnych składników. Celem badań była analiza tych zmian przy hipotezie badawczej zakładającej wpływ zmienności składu chemicznego ziarna owsa, wywołanej badanymi czynnikami, na realizację RDA/AI poszczególnych składników mineralnych.

## MATERIAŁ I METODY

Wieloczynnikowy eksperyment zrealizowano według planu frakcyjnego ( $3^{4-1}$ ) w Prusach koło Krakowa. Analizami składu mineralnego objęto dwa nagoziarniste rody (STH 5630, STH 15464) oraz nagoziarnistą odmianę Polar. Analiz składu ziarna dokonano w latach 2011–2013.

Ziarno owsa mineralizowano na sucho w piecu muflowym, w temperaturze 550°C. Metodą ICP-AES (ang. inductively coupled plasma – atomowa spektrofotometria emisyjna wykorzystująca palnik indukcyjnie wzbudzonej plazmy) oznaczono zawartość: Mg, Ca, Na, K i P. Wpływ genotypu oraz roku pochodzenia ziarna owsa nagoziarnistego na realizację zalecanego lub wystarczającego spożycia składników mineralnych określono w odniesieniu do grupy mężczyzn w wieku 19–31 lat. Do określenia stopnia realizacji RDA/AI przyjęto dzienne spożycie czterech zbóż na poziomie 304 g na osobę [Dmochowska 2013] i zaokrąglono do 1% (0,957%) udział owsa w tej wielkości (<http://faostat3.fao.org/home/E>).

Uzyskane dane poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem procedury analizy wariancji. W modelu analizy wariancji uwzględniono tylko główne źródła zmienności z pominięciem ich interakcji, z powodu ich najczęściej minimalnego wpływu na zmienność analizowanych cech. Ponieważ badane źródła zmienności reprezentowane były na trzech poziomach, zmienność czynników rozłożono na składniki: liniowy oraz kwadratowy. Weryfikację postawionych zerowych hipotez roboczych  $H_0: \sum_{i=1}^k k_i^2 = 0$  przeprowadzono z użyciem testu F-Fishera–Snedecora. Przed przystąpieniem do wykonania analiz wariancji sprawdzono zgodność rozkładu cech z rozkładem normalnym za pomocą testu Kołmogorowa–Smirnowa oraz założenie o jednorodności wariancji błędów za pomocą testu Chi-kwadrat Bartletta. W celu łatwiejszego porównania wpływu poszczególnych czynników, w tabelach zamieszczono również efekty liniowe i kwadratowe (odchylenie od liniowości), których istotność statystyczna potwierdza wpływ odpowiedniego źródła zmienności. Estymator efektu liniowego był interpretowany jako różnica między średnimi wartościami wielkości wyjściowej przy niskim i wysokim poziomie wielkości wejściowej. Estymator efektu kwadratowego był interpretowany jako różnica między średnimi wartościami wielkości wyjściowej przy średniej wartości wielkości wejściowej oraz kombinacji typu wysoka i niska.

## WYNIKI I DISKUSJA

Rozstęp dla zawartości fosforu w ziarnie owsa nagoziarnistego, powodowany pochodzeniem z różnych porównywanych w opracowaniu obiektów eksperymentalnych, wyniósł 683 mg·kg<sup>-1</sup> (3092–3775 mg·kg<sup>-1</sup>) – tabele 1 i 2. Porównując średnią zawartość fosforu w ziarnie badanych genotypów (3471 mg·kg<sup>-1</sup>) z zawartością tego pierwiastka w ziarnie pszenicy i żyta, prezentowanych w tabelach składu i wartości odżywczej żywności (odpowiednio 3300 i 3020 mg·kg<sup>-1</sup>), należy stwierdzić, że jest ona większa odpowiednio o 5 i 15%. Niemniej jednak jest to zawartość mniejsza niż obserwowana w najcenniejszych, z tego punktu widzenia, produktach spożywczych, jak: sery podpuszczkowe, ryby,

jaja [Kunachowicz i in. 2005]. Obydwa analizowane źródła zmienności (sezon, genotyp) w sposób statystycznie istotny wpływały na zawartość fosforu w ziarnie (tab. 1 i 2). Istotność statystyczna zarówno efektu liniowego, jak i kwadratowego źródła zmienności, którym był dobór genotypu, wyznaczona dla zawartości: potasu, magnezu i wapnia, dokumentuje możliwość selekcji genotypów dających surowiec o większej zawartości tych pierwiastków, co w konsekwencji powinno skutkować szerszym wykorzystaniem takich właśnie form na cele konsumpcyjne. Welch i Graham [2005] selekcjonowanie genotypów o zwiększonej zawartości mikrośladników uważają za ważne narzędzie agrotechniczne, przyczyniające się do lepszego zaspokojenia potrzeb człowieka poprzez wpływ na kompozycję naszej diety.

Dowodem na większą zawartość fosforu w ziarnie odmiany Polar niż w ziarnie rodów jest statystycznie istotny efekt kwadratowy. Estymator tego efektu nieliniowego (kwadratowego) interpretowano jako różnicę między średnimi otrzymanymi: pierwszej średniej – poziomu średniego czynnika, oraz drugiej średniej – niskiego i wysokiego poziomu. Oszacowany efekt w tym przypadku wyniósł  $447,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [gdź  $3769,4 - (3092,1 + 3552,3) \cdot 0,5 = 447,2$ ]. Statystyczna istotność efektu liniowego dla tego źródła zmienności (rozumianego jako różnica średnich wartości tego czynnika przy niskim i wysokim poziomie) dowodzi również statystycznie istotnego zróżnicowania plonu rodów STH 6503 i STH 15464. Efekt ten wyniósł  $460,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (gdź  $3552,3 - 3092,1 = 460,2$ ) – tabela 2.

Innym ujęciem tego zagadnienia jest przełożenie zmian w składzie surowca (ziarnie owsa) na dzienne pobranie składników mineralnych przy określonym dziennym spożyciu ziarna owsa (w przeliczeniu na spożywcze przetwory owsiane). Jak wynika z Rocznika statystycznego [Dmochowska 2013], Polacy spożywają ok.  $300 \text{ g}\cdot\text{osoba}^{-1}\cdot\text{doba}^{-1}$  (304 w 2009 r. i 296 w 2011 r.) ziarna czterech zbóż w przeliczeniu na przetwory (wyłączając piwo). Niestety oddziaływanie przetworów owsianych na pokrycie RDA w przypadku fosforu jest minimalne, co wynika z małego udziału wyrobów z tego zboża w dziennym spożyciu. Zgodnie z danymi FAO za 2009 rok w Polsce przetwory owsiane stanowiły niespełna 1% (0,957%) w strukturze spożycia przetworów zbożowych. Nie jest to wcale mała wartość, bowiem w Kanadzie, uważanej powszechnie za kraj szeroko wykorzystujący ziarno owsa w żywieniu ludzi, wartość tego wskaźnika wyniosła zaledwie 0,629%, przy rocznym spożyciu 0,60 kg przetworów owsianych na osobę. Liczbowy wyraz zmian w ilości pobranego fosforu z przetworami owsianymi z ziarna o zmodyfikowanym przez badane czynniki składzie przedstawiono w tabelach 1 i 2. Z przeprowadzonej analizy wynika, że spożycie owsa odmiany Polar, w porównaniu ze spożyciem wiennej diecie badanych rodów (STH 6503 i STH 15464), pozwoliło zwiększyć pobranie fosforu zaledwie o  $1,36 \text{ mg}\cdot\text{doba}^{-1}$  (tab. 2). Istotną jest też obserwacja, że spożywanie wyrobów owsianych pochodzących z różnych lat powoduje zmiany w dziennym pobraniu fosforu tylko o  $0,91 \text{ mg}\cdot\text{doba}^{-1}$  (tab. 1). Tak niewielka ilość pobieranego z przetworami owsianymi fosforu implikuje także minimalny wpływ czynników eksperymentalnych na pokrycie zapotrzebowania na ten pierwiastek. Wojtasik i inni [2012] wartość RDA dla mężczyzn w wieku 19–30 lat określili na  $700 \text{ mg}\cdot\text{doba}^{-1}$ . Ten mały wpływ na pokrycie RDA wyrażony w wartościach bezwzględnych przedstawiono również w wartościach względnych (względem zalecanego spożycia). Ziarno owsa z analizowanych obiektów eksperymentalnych, przy założeniu 1% udziału w CRP,

Tabela 1. Wpływ sezonu produkcyjnego na zawartość składników mineralnych w ziarnie owsa nagoziarnistego, ich pobranie dobowe oraz na realizację RDA/AI

Cecha/Characteristic	Sezon wegetacyjny/Vegetation season			Efekt/Effect	
	2004	2005	2006	liniowy linear	kwadratowy quadratic
P					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	3324,1	3774,6	3625,3	301,2***	299,9***
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	10,11	11,47	11,02	0,91	0,91
Realizacja RDA/RDA realization [%]	1,444·10 <sup>-3</sup>	1,639·10 <sup>-3</sup>	1,574·10 <sup>-3</sup>	-1,308·10 <sup>-4</sup>	-1,302·10 <sup>-4</sup>
K					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	1176	1240	1229	53,0	38,0
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	3,58	3,77	3,74	0,16	0,11
Realizacja AI/AI realization [%]	7,606·10 <sup>-5</sup>	8,020·10 <sup>-5</sup>	7,949·10 <sup>-5</sup>	-3,428·10 <sup>-6</sup>	-2,426·10 <sup>-6</sup>
Mg					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	1452	1514	1498	45,0***	39,0***
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	4,41	4,60	4,55	0,14	0,12
Realizacja RDA/RDA realization [%]	1,104·10 <sup>-3</sup>	1,151·10 <sup>-3</sup>	1,138·10 <sup>-3</sup>	-3,496·10 <sup>-5</sup>	-2,964·10 <sup>-5</sup>
Ca					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	881,1	880,4	916	34,9	-18,2
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	2,68	2,68	2,78	0,11	-0,06
Realizacja RDA/RDA realization [%]	2,679·10 <sup>-4</sup>	2,676·10 <sup>-4</sup>	2,785·10 <sup>-4</sup>	-1,061·10 <sup>-5</sup>	5,518·10 <sup>-6</sup>
Na					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	21,69	8,53	14,79	-6,9*	-9,7***
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	0,07	0,03	0,04	-0,02	-0,03
Realizacja AI/AI realization [%]	4,396·10 <sup>-6</sup>	1,729·10 <sup>-6</sup>	2,997·10 <sup>-6</sup>	1,398·10 <sup>-6</sup>	1,968·10 <sup>-6</sup>
Fe					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	50,31	45,24	45,24	-5,07**	-2,54
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	0,15	0,14	0,14	-0,02	-0,01
Realizacja RDA/RDA realization [%]	1,529·10 <sup>-3</sup>	1,375·10 <sup>-3</sup>	1,375·10 <sup>-3</sup>	1,541·10 <sup>-4</sup>	7,706·10 <sup>-5</sup>

\*0,01 < α < 0,05; \*\*0,001 < α < 0,01; \*\*\* α < 0,001.

Tabela 2. Wpływ doboru genotypu na zawartość składników mineralnych w ziarnie owsa nagoziarnistego, ich pobranie dobowe oraz na realizację RDA/AI  
 Table 2. The profile of mineral components in grain of the naked oat, the intake of minerals and realization of RDA/AI under the genotype of naked oat

Cecha/Characteristic	Genotyp/Genotype			Efekt/Effect	
	STH 6503	Polar	STH 15464	Liniiowy Linear	Kwadratowy Quadratic
P					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	3092,1	3769,4	3552,3	460,2***	447,2***
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	9,40	11,46	10,80	1,40	1,36
Realizacja RDA/RDA realization [%]	1,343·10 <sup>-3</sup>	1,637·10 <sup>-3</sup>	1,543·10 <sup>-3</sup>	-1,999·10 <sup>-4</sup>	-1,942·10 <sup>-4</sup>
K					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	1004	1240	1378	374***	49,0
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	3,05	3,77	4,19	1,14	0,15
Realizacja AI/AI realization [%]	6,494·10 <sup>-5</sup>	8,020·10 <sup>-5</sup>	8,913·10 <sup>-5</sup>	-2,419·10 <sup>-5</sup>	-3,169·10 <sup>-6</sup>
Mg					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	1407	1523	1477	70,0***	81,0***
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	4,28	4,63	4,49	0,21	0,25
Realizacja RDA/RDA realization [%]	1,069·10 <sup>-3</sup>	1,157·10 <sup>-3</sup>	1,123·10 <sup>-3</sup>	-5,320·10 <sup>-5</sup>	-6,156·10 <sup>-5</sup>
Ca					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	957,2	870,5	869,1	-88,1*	-42,7
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	2,91	2,65	2,64	-0,27	-0,13
Realizacja RDA/RDA realization [%]	2,910·10 <sup>-4</sup>	2,646·10 <sup>-4</sup>	2,642·10 <sup>-4</sup>	2,678·10 <sup>-5</sup>	1,297·10 <sup>-5</sup>
Na					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	14,04	13,93	19,58	5,54	-2,88
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	0,04	0,04	0,06	0,02	-0,01
Realizacja AI/AI realization [%]	2,845·10 <sup>-6</sup>	2,823·10 <sup>-6</sup>	3,968·10 <sup>-6</sup>	-1,123·10 <sup>-6</sup>	5,837·10 <sup>-7</sup>
Fe					
Zawartość w ziarnie/Content in grain [mg·kg <sup>-1</sup> ]	48,56	45,54	48,85	0,29	-3,17
Pobranie z ziarnem [mg·doba <sup>-1</sup> ]/Intake with grain [mg·day <sup>-1</sup> ]	0,15	0,14	0,15	0,00	-0,01
Realizacja RDA/RDA realization [%]	1,476·10 <sup>-3</sup>	1,384·10 <sup>-3</sup>	1,485·10 <sup>-3</sup>	-8,816·10 <sup>-6</sup>	9,622·10 <sup>-5</sup>

Objaśnienia – zob. tabela 1 / Explanations – see Table 1.

pozwoili na pokrycie RDA na fosfor zaledwie w zakresie od  $1,34 \cdot 10^{-3}$  do  $1,64 \cdot 10^{-3}\%$  (tab. 1 i 2). Oznacza to takze, ze zastapienie przetworow owsianych z rodow przetworami z ziarna odmiany Polar pozwala na zwiekszenie pokrycia RDA zaledwie o  $1,94 \cdot 10^{-4}\%$ , a zastapienie jednego rodu drugim zwieksza pokrycie RDA o  $2,00 \cdot 10^{-4}\%$  (tab. 2). Rodzi sie wiec pytanie, czy przy tak niewielkim spozyciu przetworow owsianych, a co za tym idzie ich minimalnym wplywie na realizacje RDA, warto podejmowac trud biofortyfikacji metodami agrotechnicznymi? Z pewnoscia powyzsze spostrzezenia moga byc przydatne do oceny wplywu na realizacje RDA/AI znacznie wazniejszych gospodarczo gatunkow roslin zbozowych. Nieco wiekszy udzial, przekraczajacy nieznacznie 4% spozycia przetworow czterech zbocz, wykazal w 2009 roku jeczmieln. Kolejnym gatunkiem przekraczajacym 21% udzialu bylo zyto, a liste zamknela pszenica z udzialem blisko 74% (<http://faostat3.fao.org/home/E>). Przywolane wielkosci udzialow pozwalaja na stwierdzenie, ze znacznie wieksze zmiany w realizacji RDA/AI mozna osiagnac, wybierajac wzrod odmian zyta, a szczegolnie pszenicy, aczkolwiek wplyw ten bedzie dodatkowo warunkowany zawartoscia danego pierwiastka w surowcu i jego przetworach. W przypadku fosforu aspekt ten wydaje sie miec mniejsze znaczenie, bowiem jak wskazuja badania Leszczyńskiej i Biezanowskiej-Kopeć [2005], wykonane na subpopulacji gospodarstw domowych prowadzonych przez osoby z wyzszyz wyksztalaniem, nie obserwuje sie niedoboru fosforu w calodobowej racji pokarmowej (CRP). Przyjeta w tych badaniach wartosc RDA ( $800 \text{ mg} \cdot \text{doba}^{-1}$ ) byla realizowana w zakresie od 111 do 202%, w zaleznosci od plci i pory roku. Podobne rezultaty wykazala Charkiewicz i inni [2007] na podstawie badan calodziennych diet bialostockich studentow (kobiety 142%, męzczyzni 254%).

Zawartosc potasu w ziarnie owsa nagoziarnistego wahala sie w granicach od 1004 do  $1378 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 2). Spozrod badanych czynnikow tylko dobór genotypu, w sposob statystycznie istotny, modyfikowal zawartosc tego pierwiastka w ziarnie. Ziarno odmiany Polar cechowalo sie po srednia zawartoscia potasu ( $1240 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), ziarno rodu STH 6503 – najmniejsza ( $1004 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), a najwieksza ziarno rodu STH 15464 ( $1378 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Taki układ srednich skutkuje duzym efektem liniowym wyznaczonym dla tego zrodla zmiennosci (genotyp), potwierdzajac zarazem statystyczne zroznicowanie skrajnych wartosci. Oznacza to, ze zawartosc potasu w surowcu moze sie roznic az o  $374 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , czyli o 37% (tab. 2). Spozywajac dzienne racje przetworow owsianych, ale reprezentowane przez skrajnie zroznicowane pod wzgledem zawartosci potasu genotypy, pobranie dobowe potasu moze ulec zmianie zaledwie o 1,14 mg (tab. 2). Normy zywienia dla ludnosci Polski [Jarosz i Bulhak-Jachymczak 2013] okreslaja wystarczajace spozycie przez kobiety i męzczyzn powyzej 19 roku zycia na  $4700 \text{ mg} \cdot \text{dobe}^{-1}$ . Oznacza to, ze wplyw przetworow owsianych, jakkolwiek zroznicowanych pod wzgledem zawartosci potasu, na realizacje AI byl niewielki i wyniosl  $2,42 \cdot 10^{-5}\%$  (tab. 2). Tak wiec nawet znaczaca zmiana w zawartosci potasu w surowcu (o 37%), przy tak niewielkiej konsumpcji przetworow owsianych, zasadniczo nie wplywa na spozycie dzienne tego pierwiastka. Porownujac te wartosc ( $2,42 \cdot 10^{-5}\%$ ) z wartoscia wyznaczona dla fosforu ( $1,94 \cdot 10^{-4}\%$ ), mozna stwierdzic, ze jest ona znaczaco mniejsza, co oznacza nierownomiernosc w pokrywaniu RDA/AI (męzczyzni 19–30 lat) przez te skladniki mineralne zawarte w ziarnie owsa. Nie ma to jednak wplywu na poprawnosc proporcji miedzy skladnikami mineralnymi w CRP, bowiem o tym decyduje glownie urozmaicenie

i proporcje między poszczególnymi grupami produktów tworzącymi CRP. Pomimo że potas jest dominującym składnikiem popiołu roślinnego, w wielu badaniach potwierdzano fakt nierealizowania AI. Marzec i inni [2012] stwierdzili, że całkowite pobranie potasu przez kobiety przekraczało AI, ale mężczyźni zrealizowali go na poziomie 80%. Badaniami objęto studentów Uniwersytetu Medycznego w Lublinie. Odwrotną zależność, czyli realizację AI przez mężczyzn i tylko częściową realizację przez kobiety (77%), wykazała w swoich badaniach Charkiewicz i inni [2007].

Zawartość magnezu w ziarnie owsa wahała się w przedziale od 1407 do 1523  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Są to wartości zdecydowanie większe niż prezentowane w tabelach składu i wartości odżywczej żywności, w odniesieniu do ziarna pszenicy i żyta (odpowiednio 1280 i 890  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [Kunachowicz i in. 2005]. Ziarno roślin zbożowych, obok nasion roślin strączkowych, orzechów, kakao i serów podpuszczkowych, określane jest mianem surowca bogatego w ten makroskładnik [Jarosz i Bułhak-Jachymczak 2013]. Przywołane wyżej wartości pozwalają na stwierdzenie, że w kontekście zawartości magnezu ziarno owsa jest szczególnie cennym gatunkiem wśród zbóż. Wpływ warunków klimatycznych, podobnie jak w przypadku fosforu i potasu, nie będzie szczegółowo analizowany, ale należy podkreślić fakt otrzymywania surowca o znacząco różnej zawartości tego pierwiastka w poszczególnych latach. Odmiana Polar cechowała się większą zawartością magnezu niż rody (efekt kwadratowy 81  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), ale rody także wzajemnie różniły się zawartością tego makropierwiastka o 70  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (efekt liniowy) – tabela 2. Zalecane spożycie magnezu (mężczyźni 19–30 lat) przyjęto za Jarosz i Bułhak-Jachymczyk [2013] na poziomie 400  $\text{mg}\cdot\text{doba}^{-1}$ , co oznacza, że ziarno genotypów owsa badanych w eksperymencie pokrywa RDA w zakresie od 1,07 $\cdot$ 10<sup>-3</sup>% (STH 6503) do 1,16 $\cdot$ 10<sup>-3</sup>% (STH 15464). Teoretycznie spożywanie tylko przetworów z ziarna odmiany Polar zapewniłoby pokrycie RDA w 1,12 $\cdot$ 10<sup>-3</sup>%. Zmiana w realizacji RDA, po zastąpieniu rodów odmianą Polar, wyniosła 6,16 $\cdot$ 10<sup>-5</sup>%, a zmiana w pokryciu RDA, która wystąpiła w wyniku zastąpienia rodu STH 6503 rodem STH 15464, wyniosła 5,32 $\cdot$ 10<sup>-5</sup> (tab. 2). Wartość ta, ze względu na rząd wielkości, była zbliżona do jej odpowiednika wyznaczonego dla potasu (2,42 $\cdot$ 10<sup>-5</sup>%), co oznacza zgodny z oczekiwaniami (mężczyźni 19–30 lat) udział tych składników w ziarnie owsa nagoziarnistego. Te niewielkie zmiany w realizacji RDA po zmianie surowca (różne genotypy) nie pozwalają na praktyczne poprawienie dostępności magnezu, którego pobranie z CRP bywa zmienne [Leszczyńska i Biezanowska-Kopec 2005, Harton i Myszkowska-Ryciak 2009, Marzec i in. 2012].

Zawartość wapnia w ziarnie owsa nagoziarnistego wahała się w zakresie od 869,1 do 957,2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 2) Wartości te znacznie przewyższają zawartość tego pierwiastka obserwowaną w ziarnie innych zbóż (żyto – 640  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , pszenica – 440  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), ale są znacznie mniejsze od obserwowanych w żółtku jajka (1470  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) czy też serze (tłusty Edamski – 8670  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [Kunachowicz 2005]. Pamiętać należy, że wapń z produktów roślinnych jest gorzej przyswajany z uwagi na obecność w nich fitynianów i szczawianów [Ficco i in. 2009]. Stwierdzono statystycznie istotną różnicę tylko między średnimi zawartościami wapnia w ziarnie rodów (STH 6503 – 957,2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i STH 15464 – 869,1  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Efekt wynosił 88,1  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 2). Oznacza to, że zamiana w CRP tych genotypów spowoduje zmianę w realizacji RDA zaledwie o 2,68 $\cdot$ 10<sup>-5</sup>%, przy założeniu że RDA wynosi 1000 mg. Podkreślić należy, że w przeciwieństwie do zależności



zaobserwowanych dla fosforu, potasu i magnezu średnia zawartość wapnia w ziarnie rodów była większa od zawartości tego pierwiastka w ziarnie odmiany Polar, co potwierdza ujemny efekt kwadratowy  $(-42,7)$  – tabela 2. Zawartość wapnia w ziarnie była również bardzo stabilna w latach, podobnie jak potasu, co oznacza, że pomimo odmiennych warunków klimatycznych otrzymano jednorodny surowiec, w kontekście zawartości tego pierwiastka (tab. 1). Fakt mniejszej zawartości wapnia w ziarnie zarejestrowanej odmiany niż w ziarnie rodu STH 6503 jest ważny, bowiem wyniki badań nie są jednoznaczne i dowodzą zarówno niedoborów wapnia w CRP [Leszczyńska i Biezanowska-Kopeć 2005, Marzec i in. 2012], jak i nadmiaru tego pierwiastka [Marzec i in. 2012].

Odmienne w latach kształtowała się zawartość sodu i żelaza w ziarnie owsa nagoziarnistego (tab. 1). Szczególnie duże zróżnicowanie zawartości dotyczyło sodu. W drugim roku badań jego zawartość wynosiła 39% zawartości z roku pierwszego i 58% zawartości z roku trzeciego. Oznacza to, że spożywanie ziarna pozyskanego w 2005 roku (zgodnie z wszystkimi wcześniejszymi założeniami dotyczącymi spożycia) pozwoliłoby pokryć AI sodu w  $1,73 \cdot 10^{-6}\%$ , a z 2004 roku w  $4,40 \cdot 10^{-6}\%$ . Spożywanie ziarna z różnych lat może zatem zmieniać realizację AI sodu o  $1,97 \cdot 10^{-6}\%$  (efekt kwadratowy). Niezbędną do obliczeń wartość wystarczającego spożycia ( $1500 \text{ mg} \cdot \text{doba}^{-1}$ ) przyjęto za Jarosz i Bułhak-Jachymczyk [2013]. Wpływ czynników eksperymentalnych na zawartość żelaza w ziarnie był jeszcze mniejszy, ale wpływ na realizację RDA ( $10 \text{ mg} \cdot \text{doba}^{-1}$ ) przy założonym spożyciu przetworów z ziarna owsa był jednym z większych spośród obserwowanych i wyniósł  $1,53 \cdot 10^{-3}\%$  w pierwszym roku badań (tab. 1). W przypadku sodu i żelaza odmiana Polar cechowała się mniejszą zawartością tych pierwiastków w ziarnie, co nie jest układem korzystnym, bowiem najczęściej obserwuje się nadmierne spożycie sodu przy niewystarczającym pobraniu żelaza [Szponar i in. 2002, Białas i in. 2005, Leszczyńska i Biezanowska-Kopeć 2005]. Charkiewicz i in. [2007] oraz Harton i Myszkowska-Ryciak [2009] wskazują na pokrycie zapotrzebowania na obydwa pierwiastki w badanych grupach, przy wskazaniu na bardzo duże przekroczenie AI sodu. Marzec i inni [2013] zauważają, że zawartość sodu w badanych dietach ocenionych metodą obliczeniową w porównaniu z zawartością tego pierwiastka w racjach odtworzonych była znacząco mniejsza, bowiem potrawy gotowane są najczęściej dosalane.

## WNIOSKI

1. Ziarno owsa nagoziarnistego pochodzące z różnych sezonów wegetacyjnych, dodatkowo zróżnicowane genotypowo, cechuje się dużą zmiennością składu mineralnego.
2. Nawet znaczące zmiany w składzie mineralnym owsa nagoziarnistego w nieznacznym stopniu wpływają na realizację RDA/AI poszczególnych składników mineralnych, co wynika z bardzo małego udziału przetworów z owsa w CRP.
3. Oceniając wpływ doboru genotypu owsa nagoziarnistego czy też sezonu wegetacyjnego na realizację RDA/AI poszczególnych składników mineralnych, należy podkreślić, że są to wpływy bardzo zmienne, co oznacza nierównomierność w pokrywaniu RDA/AI (mężczyźni 19–30 lat) składników mineralnych.

## PODZIĘKOWANIA

Wyniki badań opisane w artykule zrealizowano w ramach tematu DS-3115/IPR, który został sfinansowany z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW.

## LITERATURA

- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M., 2000. Ziarno owsa – niedocenione źródło składników odżywczych. Cz. II. Polisacharydy i włókno pokarmowe, składniki mineralne i witaminy. *Biul. IHAR* 215, 223–237.
- Białas S., Duda G., Saran A., 2005. The assessment of the mineral intake from daily food rations and supplements among University Students. *Żyw. Człow. Met. Supl.* 1, 2, 1304–1310.
- Butt Mas S., Tahir-Nadeem M., Shabir R., Butt Meh S., 2008. Oat: unique among the cereals. *Eur. J. Nutr.* 47, 68–79.
- Charkiewicz W.J., Charkiewicz A.E., Markiewicz R., Borawska M.H., 2007. Realizacja norm żywieniowych na wybrane składniki mineralne i witaminy wśród studentów Akademii Medycznej w Białymstoku. *Żyw. Człow. Met.* 34(1/2), 128–132.
- Da Silva Messias R., Galli V., dos Anjos e Silva S.D., Schirmer M.A., Rombaldi C.V., 2013. Micro-nutrient and functional compound biofortification of maize grains. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, DOI: 10.1080/10408398.2011.649314.
- Dmochowska H. (red.), 2013. *Rocznik statystyczny rolnictwa*. GUS, Warszawa.
- Fageria N.K., Moraes M.F., Ferreira E.P.B., Knupp A.M., 2012. Biofortification of trace elements in food crops for human consumption. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 43, 556–570.
- Ficco D.B.M., Riefolo C., Nicasastro G., De Simone V., Di Gesu A. M., Beleggia R., Platani C., Cattivelli L., De Vita P., 2009. Phytate and mineral elements concentration in a collection of Italian durum wheat cultivars. *Field Crop Res.* 111, 235–242.
- Gambuś H., Gibiński M., Pastuszka D., Mickowska B., Ziobro R., Witkowicz R., 2011. The application of residual oats flour in bread production in order to improve its quality and biological value of protein. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 10(3), 313–325.
- Gibiński M., Gumul D., Korus J., 2005. Prozdrowotne właściwości owsa i produktów owsianych. *ŻNTJ* 4(45), 49–60.
- Godwin I.D., Williams S.B., Pandit P.S., Laidlaw H.K.C., 2009. Multifunctional grains for the future: genetic engineering for enhanced and novel cereal quality. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 45, 383–399.
- Gutkowska K., Osóbka G., 2007. Żywność jako źródło korzyści dla organizmu w opinii konsumentów. *Żyw. Człow. Met.*, 34(1/2), 301–306.
- Harton A., Myszowska-Ryciak J., 2009. Ocena sposobu żywienia studentek Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. *Brom. Chem. Toksykol.*, 42(3), 610–614.
- Jarosz M., Bułhak-Jachymczyk B. (red.), 2013. *Normy żywienia dla ludności Polski – tabele zbiorcze*. W: *Normy Żywienia Człowieka*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Kashin V.K., Ubugunov L.L., 2009. Microelement Accumulation Barrier in Cereal Grain. *Dokl. Biol. Sci.* 425, 151–153.
- Kawka A., 2010. Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. *ŻNTJ* 3(70), 25–43.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K., 2005. *Tabele składu i wartości odżywczej żywności*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Lange E., 2010. Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. *ŻNTJ* 3(70), 7–24.

- Leszczyńska T., Biezanowska-Kopeć R., 2005. Ocena sposobu żywienia w gospodarstwach domowych prowadzonych przez osoby z wyższym wykształceniem. *ŻNTJ* 4(45), 151–161.
- Marzec Z., Marzec A., Wyszogrodzka-Koma L., Buczek A., 2012. Ocena pobrania wapnia, magnezu, sodu i potasu z całodziennymi racjami pokarmowymi studentów z uwzględnieniem suplementacji. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 45, 280–284.
- Miraglia M., Marvin H.J.P., Kleter G.A., Brera C., Coni E., Cubadda F., Croci L., De Santis B., Dekkers S., Filippi L., Hutjes R.W.A., Noordam M.Y., Pisante M., Piva G., Prandini A., Toti L., van den Born G.J., Vespermann A., 2009. Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe. *Food Chem. Toxicol.* 47, 1009–1021.
- Oktem A., 2008. Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip-irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems. *Agric. Water Manag.* 95, 1003–1010.
- Piątkowska E., Witkowicz R., Pisulewska E., 2010. Właściwości antyoksydacyjne wybranych odmian owsa siewnego. *ŻNTJ* 3(70), 100–107.
- Pisulewska E., Poradowski R., Antonkiewicz J., Witkowicz R., 2009. The effect of variable mineral fertilization on yield and grain mineral composition of covered and naked oat cultivars. *J. Elementol.* 14(4), 763–772.
- Rybicka I., Gliszczyńska-Świąła A., 2014. Ocena zawartości witamin z grupy B w owsianych produktach bezglutenowych. *ZPPNR* 576, 111–119.
- Szponar L., Oltarzewski M., Rychlik E., 2002. Zawartość wybranych witamin i składników mineralnych w całodziennym pożywieniu Polaków. *Żyw. Człow. Met. Supl.*, 114–118.
- Welch R.S., Graham R.D., 2005. Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 18, 299–307.
- White P.J., Broadley M.R., 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol.* 182, 49–84.
- Wojtasik A., Jarosz M., Stoś K., 2012. Składniki mineralne. W: Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 123–142.

## THE INFLUENCE OF MINERAL COMPOSITION OF NAKED OAT GRAIN ON THE RECOMMENDED DIETARY ALLOWANCE OR ADEQUATE INTAKE REALIZATION

**Summary.** An important group of plants in the diet of the man is cereals. They deliver Poles 1,178 kcal per capita per day, what supply from 33 to 45% energy needs for men aged 19–31. Among cereals from the nutritional point of view the most valuable is oat, but unfortunately the participation of oat in the consumption structure of cereals is only 1%. Possible effect of vegetation season and genotype on mineral content in oat grain testifies the necessity to conduct mineral composition analysis. This factors will imply changes in the amount of macro- and microelements consumed with the grain. In result the realization of recommended dietary allowance (RDA) or adequate intake (AI) of individual components will be modified, whereas the analysis of these changes was the aim of the paper. A multifactor experiment was conducted following the fractional factorial design ( $3^{4-1}$ ) in Prusy near Cracow. Analyses of mineral composition covered STH 560, STH 15464 strains and one naked oat Polar. Following dry mineralization in a muffle furnace at 550°C, the content of Mg, Ca, Na, K and P were assessed by means of ICP-AES method. The effect of genotype of naked oat grain and the vegetation seasons on the realization

of recommended or adequate mineral intake were determined for a group of men aged 19–31. The observations were subjected to a statistical analysis using ANOVA procedure. Because the analyzed sources of variability were represented on three levels, variability of factors was broken down to linear and squared component. It was occurred that the differentiation of the realization RDA/AI after taking into account the contribution into daily diet of different genotypes of the naked oat derived from different vegetative seasons was very small. Evaluated the influence of the naked oats genotypes on the changes of the realization RDA/AI of different mineral components could be find that this are very variable influences.

**Key words:** naked oat, mineral composition, RDA, AI