

# Wpływ frekwencji zmian morfologicznych plemników na cechy ejakulatu oraz wymiary i kształt plemników knurów rasy pbz

Stanisław Kondracki<sup>1</sup>, Katarzyna Łącka<sup>2</sup>,  
Michał Stachniak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach,  
Instytut Zootechniki i Rybactwa

<sup>2</sup>Akademia Białska im. Jana Pawła II,  
Zakład Rolnictwa

## Wprowadzenie

W inseminacji nasieniem pobranym od jednego knura możliwe jest zapłodnienie kilkuset loch. Płodność samców rozumiana jako skuteczność pokryć lub zabiegów inseminacyjnych oraz liczebność miotów, zależy przede wszystkim od jakości wytwarzanych plemników. Ważna jest częstotliwość występowania zmian morfologicznych, jak również wymiary i kształt plemników [9, 19]. Występowanie defektów morfologicznych plemników może wpływać na płodność nie tylko knurów [33], ale także buhajów [6] oraz ludzi [3]. Cechy morfologiczne mają wpływ na zdolność plemników do reakcji akrosomalnej, co znajduje odzwierciedlenie w płodności samca [20]. Tylko plemniki o prawidłowej morfologii mają szansę dotrzeć do komórki jajowej i zapoczątkować aktywację oocytu [8, 21]. Płodność samców zależy od odsetka plemników zmienionych morfologicznie [1, 30]. Duża frekwencja plemników z wadami główki obniża płodność samca [33, 34] i może być przyczyną obniżonej jakości zarodków, a nawet obumierania zarodków w początkowym okresie ciąży oraz poronień na jej późniejszych etapach [6]. Konkurencyjność plemników w narządach rozrodczych samic i ich zdolność do penetracji komórki jajowej może wynikać z ich wymiarów i kształtu [23]. O jakości plemników można wnioskować m.in. na podstawie wymiarów i kształtu główek [24, 26]. Różnice w wymiarach główek plemników można wykorzystać w diagnozie płodności samców [28]. Wymiary i kształt plemników często wykazują związek z cechami ejakulatu [12, 27, 29, 32]. Wykazano, że wymiary i kształt plemników zależą od objętości ejakulatu [13] oraz od koncentracji plemników w ejakulacie [17].

Wymiary plemników mają wpływ na ich ruchliwość i zdolność do zapłodnienia. Okazało się także, że długość plemnika jest dodatnio skorelowana z prędkością jego ruchu [20]. Plemniki o dłuższych wtkach są konkurencyjne względem plemników z krótszymi wtkami, ponieważ mogą znacznie szybciej dotrzeć do komórki jajowej [25]. Hydrodynamika plemnika uwarunkowana jest także kształtem główki. Plemniki o wydłużonych główkach poruszają się szybciej niż plemniki o główkach zaokrąglonych [18]. Celem niniejszej pracy jest wykazanie zależności cech fizycznych ejakulatu oraz wymiarów i kształtu plemników od frekwencji zmian morfologicznych plemników w ejakulatach knurów rasy polskiej białej zwistouchej.

## Materiały i metody badań

Materiał badawczy stanowiło 30 ejakulatów, pobranych od 15 knurów rasy pbz, użytkowanych inseminacyjnie. Knury były w zbliżonym wieku, podobnie żywione i analogicznie pielęgnowane. Wszystkie ejakulatory pobrano metodą manualną. W świeżo pobranych ejakulatach określono: objętość ejakulatu, koncentrację i ruchliwość plemników, liczbę plemników w ejakulacie i liczbę dawek inseminacyjnych uzyskanych z jednego ejakulatu. Objętość ejakulatu określono po odsączeniu frakcji galaretowatej. Koncentrację plemników w ejakulacie oznaczono metodą kolorymetryczną. Ruchliwość plemników oznaczono badaniem mikroskopowym na podstawie odsetka plemników wykazujących ruch postępowy. Liczbę plemników w ejakulacie i liczbę dawek inseminacyjnych uzyskanych z jednego ejakulatu ustalono przy wykorzystaniu programu komputerowego SYSTEM SUL.

Ze wszystkich ejakulatów pobrano próbki, z których wykonano preparaty mikroskopowe. Preparaty barwiono metodą eozyna-barwnik gencjanowy [16]. W każdym preparacie oceniono budowę morfologiczną 500 plemników ze wskazaniem liczby plemników o prawidłowej budowie i plemników morfologicznie zmienionych. Wyróżniono formy ze zmianami głównymi i podrzędnymi, według klasyfikacji Bloma [4]. Mikroskopowe badanie morfologii plemników przeprowadzono przy użyciu obiektów immersyjnych o powiększeniu 100-krotnym, z wykorzystaniem mikroskopu świetlnego Nikon Eclipse-50i. Wyodrębniono dwie grupy ejakulatów, według kryterium frekwencji zmian morfologicznych plemników:

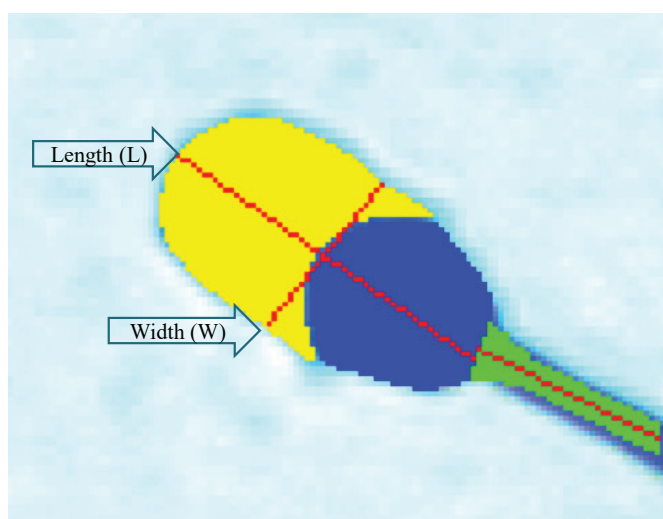
Grupa I – ejakulatory o małej frekwencji plemników ze zmianami morfologicznymi, w których odsetek plemników zmienionych morfologicznie nie przekraczał 1% (15 ejakulatów);

Grupa II – ejakulatory o dużej frekwencji plemników ze zmianami morfologicznymi, w których odsetek plemników zmienionych morfologicznie wynosił 9% lub więcej (15 ejakulatów).

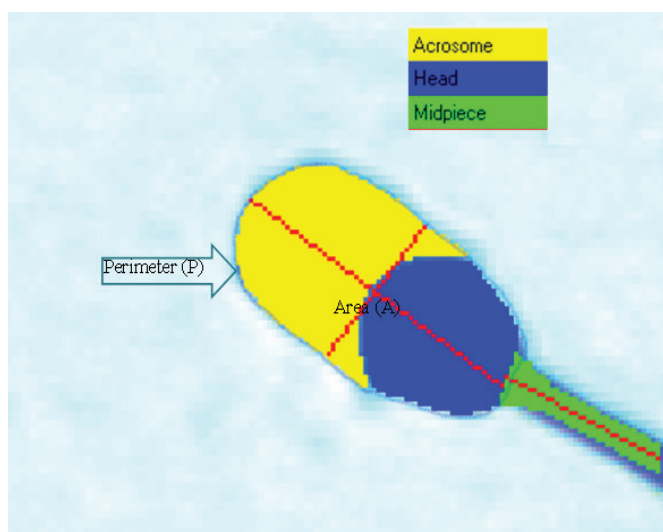
Dla wszystkich ejakulatów wykonano pomiary morfometryczne 15 losowo wybranych plemników, o prawidłowej budowie. Pomiary morfometryczne plemni-

ków wykonano metodą automatyczną, z wykorzystaniem systemu CASA (*Computer Assisted Sperm Analysis*) i aparatury Sperm Class Analyzer. Wykonano następujące pomiary główek plemników:

- długość główki [Length (L)] – wyrażona w mikronach długość odcinka poprowadzonego wzdłuż głównej (długiej) osi główki plemnika (rys. 1),
- szerokość główki [Width (W)] – wyrażona w mikronach długość odcinka poprowadzonego wzdłuż poprzecznej (krótszej) osi główki plemnika (rys. 1),
- pole powierzchni główki [Area (A)] – wyrażone w mikronach<sup>2</sup> pole powierzchni obszaru ograniczonego linią poprowadzoną po obwodzie główki plemnika (łącznie pole powierzchni obszarów oznaczonych na rysunku 2, kolorem żółtym i niebieskim),
- obwód główki plemnika [Perimeter (P)] – wyrażona w mikronach długość linii poprowadzonej po obwodzie główki plemnika (rys. 2).



Rys. 1. Sposób automatycznego pomiaru długości [Length (L)] i szerokości główki plemnika [Width (W)] z wykorzystaniem aparatury Sperm Class Analyzer



Rys. 2. Sposób automatycznego pomiaru pola powierzchni główki [Area (A)] i obwodu główki plemnika [Perimeter (P)] z wykorzystaniem aparatury Sperm Class Analyzer

Z wykorzystaniem systemu CASA określono także wskaźniki morfometryczne główek plemników (eliptyczność, wydłużenie, pofałdowanie oraz regularność główki plemnika):

- eliptyczność główki plemnika [Ellipticity] – wyraża stosunek długości główki [Head length (L)] do szerokości główki plemnika [Head width (W)] i obliczany jest według wzoru:

$$L/W$$

- wydłużenie główki [Elongation] obliczany jest według wzoru:

$$(L - W)/(L + W)$$

- pofałdowanie główki [Roughness] obliczany jest według wzoru:

$$4\pi(A/P^2)$$

- regularność główki [Regularity] obliczany jest według wzoru:

$$\pi(L \cdot W/4 \cdot A)$$

Zebrany materiał poddano analizie statystycznej według poniższego modelu matematycznego:

$$Y_{ij} = m + a_i + e_{ij}$$

gdzie:

$Y_{ij}$  – wartość badanej cechy

$m$  – średnia populacji

$a_i$  – efekt frekwencji zmian morfologicznych plemników

$e_{ij}$  – błąd

## Wyniki i dyskusja

W tabeli 1 zestawiono dane pokazujące strukturę zmian morfologicznych plemników w badanych ejakulatach.

Z danych tej tabeli wynika, że ejakulatory grupy II zawierały o 13,82% mniej plemników o prawidłowej budowie, niż ejakulatory grupy I ( $P \leq 0,01$ ). W ejakulatach grupy II stwierdzono natomiast o 1,34% więcej plemników z głównymi zmianami morfologicznymi oraz o 12,23% więcej plemników z podrzędnymi zmianami morfologicznymi ( $P \leq 0,001$ ). Zmiany główne są zwykle następstwem nieprawidłowości zachodzących podczas spermatogenezy [6]. Występowanie plemników ze zmianami głównymi może być powiązane z uszkodzeniami struktury chromatinu [7]. Takie zmiany powstają najczęściej w czasie procesu spermiogenezy [2]. Zmiany podrzędne zwykle powstają później, w drogach wyprowadzających nasienie. Mogą też one powstawać poza organizmem samca, na przykład podczas czynności laboratoryjnych lub związanych z przygotowaniem preparatu mikroskopowego [22]. Występowanie zmian podrzędnych świadczy o wrażliwości plemników na czynniki oddziałujące w samczych drogach wyprowadzających nasienie oraz po wydaleniu nasienia [35]. Frekwencja zmian podrzędnych może

**Tabela 1****Procentowy udział podstawowych form morfologicznych w zależności od frekwencji zmian morfologicznych plemników**

Wyszczególnienie		Ogółem	Grupa		P
			I	II	
Liczba ejakulatów		30	15	15	
Odsetek plemników prawidłowych (%)	$\bar{x}$	92,76	99,67A	85,85B	<0,001
	s	7,52	0,09	3,88	
Odsetek plemników ze zmianami głównymi (%)	$\bar{x}$	0,74	0,07A	1,41B	<0,001
	s	1,07	0,12	1,19	
Odsetek plemników ze zmianami podrzędnymi (%)	$\bar{x}$	6,50	0,38A	12,61B	<0,001
	s	6,84	0,23	4,12	
Odsetek plemników ze zmianami morfologicznymi łącznie (%)	$\bar{x}$	7,24	0,33A	14,14B	<0,001
	s	7,52	0,09	3,88	

\*A, B – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy  $P \leq 0,01$

**Tabela 2****Cechy fizyczne ejakulatu w zależności od frekwencji zmian morfologicznych plemników**

Wyszczególnienie		Ogółem	Grupa		P
			I	II	
Liczba ejakulatów		30	15	15	
Objętość ejakulatu (ml)	$\bar{x}$	235,70	234,73	236,67	0,947
	s	78,14	96,78	57,28	
Koncentracja plemników (tys./m <sup>3</sup> )	$\bar{x}$	453,70	465,33	444,07	0,573
	s	92,24	93,41	93,04	
Odsetek plemników o ruchu postępowym (%)	$\bar{x}$	78,67	80,00a	77,33b	0,032
	s	3,46	0,00	4,58	
Ogólna liczba plemników w ejakulacie (mld)	$\bar{x}$	83,78	87,98	79,56	0,425
	s	28,32	31,71	24,89	
Liczba dawek inseminacyjnych uzyskanych z ejakulatu (szt.)	$\bar{x}$	27,77	28,80	26,73	0,542
	s	9,08	11,19	6,72	

\*a, b – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie  $P \leq 0,05$

być wykorzystana jako narzędzie oceny przydatności samców do użytkowania inseminacyjnego. Jest ona bowiem miernikiem wrażliwości nasienia na oddziaływanie czynników związanych z rozrzedzaniem i konserwacją [6, 15, 35].

W tabeli 2 zestawiono dane dotyczące cech fizycznych badanych ejakulatów.

Z tabeli 2 wynika, że w ejakulatach o małej frekwencji plemników zmienionych morfologicznie (w grupie I) plemniki wykazały większą ruchliwość. Odsetek plemników o ruchu postępowym w tej grupie ejakulatów był o 2,77% większy niż w ejakulatach grupy II, o dużej frekwencji zmian morfologicznych plemników. Z niektórych badań wynika, że obniżona ruchliwość plemników ma związek z dużą frekwencją plemników o nieprawidłowej morfologii [11]. Wykazano w nich, że morfologia główek i witek plemników znacząco wpływa na ruchliwość plemników. Z tabeli 2 wynika, że nie udowodniono różnic międzygrupowych w zakresie objętości ejakulatu, koncentracji plemników w ejakulacie i liczby dawek inseminacyjnych uzyskiwanych z ejakulatu. Można jednak zaobserwować, że ejakulatory o małej frekwencji zmian morfologicznych plemników miały nieco większą koncentrację plemników i wykonywano z nich więcej dawek inseminacyjnych, średnio o 2,07 niż z ejakulatów o dużej frekwencji zmian morfologicznych.

W tabeli 3 zestawiono wyniki pomiarów morfometrycznych plemników w zależności od frekwencji zmian morfologicznych plemników.

Nie udowodniono wpływu frekwencji zmian morfologicznych plemników na wymiary główek plemników. Z danych w tabeli 3 wynika jednak, że główki plemników z ejakulatów grupy II (o dużej frekwencji zmian morfologicznych) były nieznacznie dłuższe (o 0,21) i szersze oraz miały większą powierzchnię (o 1,03<sup>2</sup>) i obwód niż główki plemników z grupy I o małej frekwencji zmian morfologicznych. Plemniki z grupy II charakteryzowały się także nieznacznie większym udziałem powierzchni akrosomu w całkowitej powierzchni główki plemnika. Główka plemnika pełni rolę nośnika informacji genetycznej, istotnej w procesie zapłodnienia, dlatego jej wielkość i kształt mogą odgrywać ważną rolę w tym procesie. Według Hi-

rai i in. [14] plemniki knurów charakteryzujących się wysoką płodnością mają mniejsze i krótsze główki niż plemniki knurów o niższej skuteczności zapłodnień. Podobne spostrzeżenia przedstawili Casey i in. [5], którzy obserwowali obecność główek o większych

**Tabela 3****Wymiary plemników w zależności od frekwencji zmian morfologicznych plemników**

Wyszczególnienie		Ogółem	Grupa		P
			I	II	
Liczba ejakulatów		450	225	225	
Długość główki plemnika ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{x}$	10,51	10,40	10,61	0,075
	s	1,24	1,17	1,30	
Szerokość główki plemnika ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{x}$	5,20	5,19	5,20	0,798
	s	0,38	0,37	0,39	
Powierzchnia główki plemnika ( $\mu\text{m}^2$ )	$\bar{x}$	43,32	42,80	43,83	0,153
	s	7,59	6,96	8,14	
Obwód główki ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{x}$	27,58	27,36	27,80	0,323
	s	3,00	2,78	3,20	
Udział akrosomu w powierzchni główki plemnika	$\bar{x}$	59,61	59,47	59,76	0,647
	s	6,66	6,94	6,39	

**Tabela 4****Wskaźniki kształtu główek plemników w zależności od frekwencji zmian morfologicznych plemników w ejakulacie**

Wyszczególnienie		Ogółem	Grupa		P
			I	II	
Liczba plemników		450	225	225	
Wydłużenie główki plemnika	$\bar{x}$	0,33	0,33	0,33	0,108
	s	0,05	0,05	0,04	
Indeks eliptyczności główki plemnika	$\bar{x}$	2,02	2,01	2,04	0,153
	s	0,26	0,25	0,27	
Regularność główki plemnika	$\bar{x}$	1,00	1,00	1,00	0,916
	s	0,10	0,10	0,10	
Pofałdowanie główki	$\bar{x}$	0,71	0,72	0,71	0,390
	s	0,08	0,08	0,08	

wymiarach w nasieniu ogierów o obniżonej płodności. Z danych tabeli 3 wynika, że plemniki z ejakulatów o małej frekwencji plemników zmienionych morfologicznie miały główki o mniejszych wymiarach. W kontekście badań Hirai i in. [14] oraz Casey i in. [5] wskazuje to na większy potencjał do skutecznych pokryć.

natomiast znikomy wpływ na wskaźniki kształtu główek plemników (wydłużenia, eliptyczności, regularności oraz pofałdowania).

**Literatura:** 1. Alm K., Peltoniemi O., Koskinen E., Andersson M., 2006 – Porcine field fertility with two different insemination doses and the effect of sperm morphology.

W tabeli 4 zestawiono wskaźniki kształtu główek plemnika.

Nie udowodniono różnic międzygrupowych w zakresie wskaźników określających kształt główek plemników. Z danych w tabeli 4 wynika, że frekwencja zmian morfologicznych plemników ma znikomy wpływ na wskaźniki: wydłużenia, eliptyczności, regularności oraz pofałdowania główek plemników. Niektórzy uważają, że kształt główki ma związek ze strukturą chromatyny i jej integralnością, a tym samym z płodnością samca [10]. Kształt główki wpływa na hydrodynamikę plemnika. Od kształtu główki zależy forma ruchu plemnika [31]. Według Malo i in. [18], plemniki o wydłużonych główkach poruszają się szybciej, niż plemniki o główkach zaokrąglonych. Plemniki o większych wartościach eliptyczności (szerokość główki/długość główki) wykazują mniejszą zdolność do poruszania się ruchem postępowym prostoliniowym [11]. W niniejszym badaniu stwierdzono tendencję do większej eliptyczności główek plemników z ejakulatów grupy II (o większej frekwencji zmian morfologicznych). Różnicy nie potwierdzono jednak statystycznie.

**Podsumowanie**

Duża frekwencja zmian morfologicznych plemników niekorzystnie wpływa na ruchliwość plemników. W ejakulatach o większej frekwencji zmian morfologicznych odsetek plemników o ruchu postępowym jest mniejszy. Ejakulatory o dużej frekwencji zmian morfologicznych charakteryzują się zwiększonym odsetkiem wad głównych i podrzędnych plemników. W ejakulatach o dużej frekwencji plemników ze zmianami morfologicznymi, wymiary plemników, w tym długość i szerokość główek plemników oraz powierzchnia i obwód główek plemników, są nieco większe, niż w ejakulatach o małej frekwencji zmian morfologicznych. Frekwencja zmian morfologicznych plemników ma

Reproduction in Domestic Animals 41, 210-213. **2. Andrabi S.M.**, 2007 – Mammalian sperm chromatin structure and assessment of DNA fragmentation. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics* 24, 561-569. **3. Bastiaan H.S., Windt M.L., Menkveld R., Kruger T.F., Oehninger S., Franken D.R.**, 2003 – Relationship between zona pellucida-induced acrosome reaction, sperm morphology, sperm-zona pellucida binding, and in vitro fertilization. *Fertility and Sterility* 79, 49-55. **4. Blom E.**, 1981 – Ocena morfologiczna wad plemników buhaja II. Propozycja nowej klasyfikacji wad plemników. *Medycyna Weterynaryjna* 37(4): 239-242. **5. Casey P.J., Gravance C.G., Davis R.O., Chabot D.D., Liu I.K.M.**, 1997 – Morphometric differences in sperm head dimensions of fertile and sub-fertile stallions. *Theriogenology* 47, 575-582. **6. Chenoweth P.J.**, 2005 – Genetic sperm defects. *Theriogenology* 64, 457-468. **7. Enciso M., Cisale H., Johnson S.D., Sarasa J., Fernandez J.L., Gosálvez J.**, 2011 – Major morphological sperm abnormalities in the bull are related to sperm DNA damage. *Theriogenology* 76, 23-32. **8. Freneau G.E., Chenoweth P., Ellis R., Rupp G.**, 2010 – Sperm morphology of beef bulls evaluated by two different methods. *Animal Reproduction Science* 118(2-4): 176-181. **9. Gage M.J.G., Morrow E.H.**, 2003 – Experimental evidence for the evolution of numerous, tiny sperm via sperm competition. *Current Biology* 13, 754-757. **10. Gaggini T.S., Rocha L.O., Souza E.T., De Rezende F.M., Antunes R.C., Beletti M.E.**, 2017 – Head morphometry and chromatin instability in normal boar spermatozoa and in spermatozoa with cytoplasmic droplets. *Animal Reproduction* 14 (Suppl. 1): 1253-1258. **11. Gil M.C., García-Herreros M., Barón F.J., Aparicio I.M., Santos A.J., García-Marín L.J.**, 2009 – Morphometry of porcine spermatozoa and its functional significance in relation with the motility parameters in fresh semen. *Theriogenology* 71, 254-263. **12. Górski K., Kondracki S., Strachocka K., Wysokińska A.**, 2017 – Association of ejaculate sperm counts with their morphological and morphometric characteristics in Hypor boars. *Annals of Animal Science* 17, 1043-1052. **13. Górski K., Kondracki S., Iwanina M., Kordan W., Fraser L.**, 2021 – Effects of breed and ejaculate volume on sperm morphology and semen parameters of boars. *Animal Science Journal* 92 (1), <https://doi.org/10.1111/asj.13629>. **14. Hirai M., Boersma A., Hofflich A., Wolf E., Föll J., Aumüller R., Braun A.J.**, 2001 – Objectively measured sperm motility and sperm head morphometry in boars (*Sus scrofa*): relation to fertility and seminal plasma growth factors. *Journal of Andrology* 22, 104-110. **15. Jensen T.K., Bonde J.P., Joffe M.**, 2006 – The influence of occupational exposure on male reproductive function. *Occupational Medicine* 56, 544-553. **16. Kondracki S., Wysokińska A., Kania M., Górski K.**, 2017 – Application of two staining methods for sperm morphometric evaluation in domestic pigs. *Journal of Veterinary Research* 61, 345-349. **17. Kondracki S., Iwanina M., Górski K.**, 2020 – Impact of sperm concentration on sperm morphology of large white and landrace boars. *Livestock Science* 241, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104214>. **18. Malo A. F., Gomendio M., Garde J., Lang-Lenton B., Soler A.J., Roldan E.R.S.**, 2006 – Sperm design and sperm function. *Biology Letters* 2, 246-249. **19. Maroto-Morales A., Ramon M., Garcia-Alvarez O., Soler A.J., Estes M.C., Martinez-Pastor F., Pérez-Guzmán M.D., Garde J.J.**, 2010 – Characterization of ram (*Ovis aries*) sperm head morphometry using the Sperm-Class Analyzer. *Theriogenology* 73, 437-448. **20. Menkveld R.**, 2010 – Clinical significance of the low normal sperm morphology value as proposed in the 5th WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen. *Asian Journal of Andrology* 12, 47-58 (Special edition). **21. Menkveld R., Holleboom C.A., Rhemrev J.P.**, 2011 – Measurement and significance of sperm morphology. *Asian Journal of Andrology* 13, 59-68. **22. Nowakowska I., Pozór M.A.**, 2003 – Sperm morphology of stallions using four different methods. *Medycyna Weterynaryjna* 59, 351-354. **23. Parisi A.M., Thompson S.K., Kaya A., Memili E.**, 2014 – Molecular, cellular, and physiological determinants of bull fertility. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 38, 637-642. **24. Pena F.J., Saravia F., Garcia-Herreros M., Nunez-Martinez I., Tapia J.A., Johannisson A., Wallgren M., Rodríguez-Martínez H.**, 2005 – Identification of sperm morphometric subpopulations in two different portions of the boar ejaculate and its relation to post thaw quality. *Journal of Andrology* 26, 716-723. **25. Pesh S., Bergmann M.**, 2006 – Structure of mammalian spermatozoa in respect to viability, fertility and cryopreservation. *Micron* 37, 597-612. **26. Petrocelli H., Batista C., Gosálvez J.**, 2015 – Seasonal variation in sperm characteristics of boars in southern Uruguay. *Revista Brasileira de Zootecnia* 44, 1-7. **27. Ramm S.A., Schärer L., Ehmcke J., Wistuba J.**, 2014 – Sperm competition and the evolution of spermatogenesis. *Molecular Human Reproduction* 20, 1169-1179. **28. Severa L., Máchal L., Švábová L., Mamica O.**, 2010 – Evaluation of shape variability of stallion sperm heads by means of image analysis and Fourier descriptors. *Animal Reproduction Science* 119, 50-55. **29. Stasiak K., Kondracki S., Iwanina M.**, 2018 – Relationship of arctic fox (*Alopex lagopus L.*) sperm morphology with age of males, sperm concentration, ejaculate volume and acrosin activity. *Annals of Animal Science* 18, 741-752. **30. Sutkeviciene N., Riskeviciene V., Januskauskas A., Zilinskas H., Andersson M.**, 2009 – Assessment of sperm quality traits in relations to fertility in boar semen. *Acta Veterinaria Scandinavica* 51, 53-59, <https://doi.org/10.1186/1751-0147-51-53>. **31. Thurston L.M., Watson P.F., Mileham A.J., Holt W.V.**, 2001 – Morphologically distinct sperm subpopulations defined by Fourier Shape Descriptors in fresh ejaculates correlate with variation in boar semen quality following cryopreservation. *Journal of Andrology* 22, 382-394. **32. Tsakmakidis I.A., LyMBERopoulos A.G., Khalifa T.A.**, 2010 – Relationship between sperm quality traits and field-fertility of porcine semen. *Journal of Veterinary Science* 11, 151-154. **33. Waberski D., Magnus F., Ardon F., Petrunkina A.M., Weitzke K.F., Töpfer-Petersen E.**, 2006 – Binding of boar spermatozoa to oviductal epithelium *in vitro* in relation to sperm morphology and storage time. *Reproduction* 131, 311-318. **34. Wolf J.**, 2009 – Genetic parameters for semen traits in AI boars estimated from data on individual ejaculates. *Reproduction in Domestic Animals* 44, 338-344. **35. Wysokińska A., Kondracki S., Iwanina M.**, 2015 – The Usefulness of Selected Physicochemical Indices, Cell Membrane Integrity and Sperm Chromatin Structure in Assessments of Boar Semen Sensitivity. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 28(12): 1713-1720.

*Artykuł opracowany na podstawie badań zaprezentowanych podczas XXVI Warsztatów Zootechnicznych pt. „Nowe wyzwania w hodowli i chowie zwierząt w praktyce”.*