

CHARAKTERYSTYKA ULTRASTRUKTURY SKORUPY I WYLĘGOWOŚCI JAJ NANDU

Monika Wiercińska, Danuta Szczerbińska

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Streszczenie. Badania prowadzono w stadzie reprodukcyjnym 5-letnich nandu (*Rhea americana*). Inkubacji poddano 62 jaja pochodzące z około szczytowego okresu nieśności ptaków. W czasie klucia odnotowywano przypadki udzielania pisklątom pomocy. Na podstawie przeprowadzonej analizy odpadu powyłęgowego wyodrębniono trzy grupy: I skorupy jaj, z których pisklęta wykluły się samodzielnie, II – skorupy, z których pisklęta wykluły się z pomocą obsługi, III – w której zarodki zamarły podczas embriogenezy. Stwierdzono, że pisklęta nandu wymagały często pomocy podczas klucia, a ich względna masa (niespełna 60%) w dniu wyklućcia kształtowała się na niskim poziomie. Analiza ultrastruktury skorupy wykazała, że największe brodawki wystąpiły w skorupach, po pisklętach wyklućtych samodzielnie. Istotnie mniejsze stwierdzono w grupach, w których zarodki zamarły lub pisklęta w czasie klucia potrzebowały pomocy. Stwierdzono ponadto, że największą liczbą brodawek na jednostce powierzchni cechowały się skorupy po pisklętach wyklućtych bez pomocy. Można zatem sądzić, że budowa tej warstwy, a szczególnie gęstość brodawek, ma związek z wynikami wylęgów.

Słowa kluczowe: nandu, ultrastruktura skorupy, wylęgowość

WSTĘP

Wiele obserwacji dotyczących jakości skorupy i przebiegu wylęgów przeprowadzono u różnych gatunków ptaków dzikich i użytkowych [Ar i in. 1979; Burton i Tullett 1983; Tullett 1984; Roberts i in. 1995; Mróz 1998]. Dowiodły one, że skorupa a szczególnie jej porowatość i struktura warstwy brodawkowej spełniają ważną rolę w embriogenezie, warunkując między innymi wymianę gazową. Niewiele tego typu badań wykonano w odniesieniu do ptaków znoszących jaja o bardzo dużej masie. Jak wynika z literatury, jaja strusi, emu, nandu i kazuarów w związku ze znaczną masą mają grubą skorupę o odmienniej strukturze wewnętrznej, z bardzo rozbudowanym systemem porów [Board i Tullett 1975; Deeming 1995; Christensen i in. 1996]. O ile w przypadku emu i strusi można znaleźć w literaturze podstawowe informacje z tego zakresu, to w odniesieniu do nandu i kazuarów takich danych nie znaleziono.

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr hab. Danuta Szczerbińska, Katedra Hodowli Ptaków Użytkowych i Ozdobnych, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Doktora Judyma 20, 71-466 Szczecin, e-mail: danuta.szczerbinska@zut.edu.pl

Nandu od niedawna na niewielką skalę utrzymywany jest systemem fermowym w różnych krajach świata, także i w Polsce. Co prawda liczebność stad tego gatunku jest niewielka, ustępując znacznie popularnością strusiom [Horbańczuk 2003]. Jednakże ze względu na dobrą nieśność i dużo mniejszą masę ciała, w porównaniu ze strusiami w przyszłości może okazać się, że chów tych ptaków stanie się opłacalny.

Postanowiono zatem poddać ocenie jakość skorupy i wylęgowość jaj tych ptaków oraz wskazać na ewentualne zależności między nimi.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w prywatnej fermie utrzymującej stado reprodukcyjne 5-letnich nandu (*Rhea americana*), składające się z 16 samic i 4 samców. W całym okresie obserwacji stado utrzymywano systemem otwartym i żywiono granulowanymi mieszankami pełnoporcjowymi o zawartości 14% białka ogólnego, 9 MJ energii metabolicznej i 16% włókna surowego.

W czasie badań inkubowano 62 jaja pochodzące z około szczytowego okresu nieśności ptaków. Zbierano je codziennie, znakowano numerami i przetrzymywano do 14 dni w temperaturze ok. 16°C. Do wylęgu przeznaczano jaja o zbliżonej masie, kształcie oraz odpowiednio zabarwionej, nieuszkodzonej i czystej skorupie. Przed umieszczeniem w inkubatorze, jaja poddano 20-minutowej dezynfekcji parami formaliny w temperaturze 24°C. W każdym tygodniu lęgów jaja ważono w celu określenia ubytków masy oraz prześwietlano, eliminując jaja niezapłodnione lub z zamartłymi zarodkami. Jaja ułożono w aparacie wylęgowym poziomo i obracano automatycznie, o kąt 180°, co godzinę. Podczas inkubacji w komorze lęgowej utrzymywano temperaturę 36,4°C i 30% wilgotności względnej. W komorze klujnikowej temperaturę pozostawiono bez zmian, natomiast wilgotność zwiększono o 10%, a następnie o 25%, gdy pierwsze pisklęta nadkłuły skorupę.

W czasie klucia obserwowano tempo wychodzenia piskląt ze skorupy, odnotowując przypadki, w których potrzebna była pomoc. Decyzja o udzieleniu jej pisklątom na podstawie badań Horbańczuka [2000] i Szczerbińskiej [2002] oraz wcześniejszych własnych obserwacji podejmowana była wtedy gdy:

- pisklęta nie zdołały nadkłuć skorupy w ciągu 24 godzin od momentu przebicia się do komory powietrznej, a jej wnętrze wyraźnie ciemniało,
- pisklęta nie czyniły żadnych postępów w wykluwaniu się w ciągu 18–24 godzin od nadkucia skorupy.

Pisklęta oraz pozostałości błon płodowych wraz z produktami przemiany materii ważono bezpośrednio po wykluciu. Po każdej zakończonej inkubacji określono (w %): wskaźnik zapłodnienia, wylęgu z jaj nałożonych, wylęgu z jaj zapłodnionych, zamartłych zarodków oraz piskląt kalekich i słabych. Zarodki zamarte zostały poddane ocenie, podczas której wykonano podstawowe pomiary morfologiczne, ze zwróceniem uwagi na stan błon płodowych, wady ułożenia, opuszenie, stopień wciągnięcia woreczka żółtkowego, wzrost płołka a także na wygląd skóry i narządów wewnętrznych, głównie nerek, wątroby i płuc.

Na podstawie przeprowadzonej analizy odpadu powylęgowego wydzielono trzy grupy skorup:

- I – stanowiły skorupy jaj, z których pisklęta wykluły się samodzielnie,
- II – skorupy jaj, z których pisklęta wykluły się z pomocą obsługi,
- III – w której zarodki zamarły podczas embriogenezy.

Po zakończeniu analizy biologicznej lęgu określono grubość skorup za pomocą śruby mikrometrycznej oraz ich porowatość we wszystkich wyżej wymienionych grupach. Sposób oznaczania i liczenia porów wykonano metodą Tyler [1953]. Fragmenty o powierzchni około 2 cm kw. z tępej, środkowej i ostrej części skorup, każdej z wyżej wymienionych trzech grup, gotowano w czasie 25 min w 5-procentowym wodorotlenku sodu. Następnie skorupy opłukiwano wodą destylowaną i suszono w temperaturze pokojowej. Skorupy jaj pokrywano barwnikiem od strony wewnętrznej. Porowatość określano za pomocą mikroskopu stereoskopowego, przy czterokrotnym powiększeniu, na powierzchni 0,25 cm kw.

Obserwacje ultrastruktury skorupy przeprowadzono według metodyki podanej przez Christensen i in. (1996). Do analiz przeznaczono 9 skorup (4 skorupy z I grupy, 3 z II grupy i 2 z III), w 2 powtórzeniach z tępej, równikowej oraz ostrej części jaja. Fragmenty skorup, o powierzchni ok. 2 cm kw., zanurzano w 3-procentowym aldehydzie glutarowym na 24 godz., a następnie spłukiwano wodą destylowaną i przetrzymywano w tym samym roztworze przez kolejne 2 godz., po czym ponownie opłukiwano. Osuszone skorupy łamano na mniejsze fragmenty (około 0,5 cm kw.) i pokrywano stopem złota i palladu (AuPd40) poprzez naporowywanie próżniowe. Przygotowane w ten sposób preparaty poddano obserwacji w elektronowym mikroskopie skaningowym (Jeol JSM 6100, 20 KV). Obserwacje ultrastruktury polegały na analizie wyglądu skorupy oraz pomiarów szerokości palisad oraz wielkości i gęstości brodawek na jednostce powierzchni. Na podstawie tych danych i powierzchni skorupy, obliczonej według wzoru podanego przez Paganelli i in. [1974], określono również całkowitą liczbę brodawek w skorupach.

Po skompletowaniu danych i umieszczeniu ich w bazie programu Statistica®7.1 PL, obliczono wartości średnie oraz odchylenie standardowe. Wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji, z zastosowaniem testu Duncana.

WYNIKI I DISKUSJA

W trakcie wylęgów stwierdzono 2 zarodki zamarłe oraz 2 pisklęta kalekie i słabe, co ogółem stanowiło ok. 18% jaj zapłodnionych (tab. 1). Ze względu na niewielką liczbę zarodków zamarłych nie można było dokonać analizy przebiegu zamieralności embrionów. Stwierdzono jedynie, iż jeden zarodek zamarł około 10. dnia inkubacji, a kolejny tuż przed wykluciem (zał. 1). W dostępnym piśmiennictwie nie natrafiono na opracowania, w których opisano embriogenezę paleognatycznych. Z tego powodu, w czasie wykonywania analizy zamarłych zarodków, nie można było ustalić dokładnego czasu ich zamarcia, mimo iż jest to bardzo ważne w embriopatologii. Kinder i Anthony [1996] oraz Minnaar [1998] to jedyni autorzy, których prace dotyczyły tego zagadnienia, jednakże przedstawiono w nich tylko wybrane etapy rozwoju embrionalnego emu. Ar i Gefen [1998] oraz Hor-

bańczuk [2003] ograniczyli się do porównania stadiów rozwojowych embriona kurzego i strusiego.

Biorąc pod uwagę wartości względne, pomocy podczas klucia udzielono 36% piskląt (tab. 1). Trudno wyjaśnić tak często występującą potrzebę ingerencji w proces klucia, bowiem w przypadku nandu w literaturze brakuje danych z tego zakresu. U strusi najbardziej zbliżoną wartość tego parametru stwierdził Horbańczuk [2000]. Jednak trzeba zaznaczyć, że inkubację prowadzono w wysokiej, jak dla tego gatunku ptaków, wilgotności względnej (40%). W badaniach Szczerbińskiej [2002] również dość często udzielano pisklątom emu pomocy przy kluciu, jednak wartość tego wskaźnika wahała się, w zależności od wieku stada reprodukcyjnego, od 33,3 do 13,6%.

Tabela 1. Wyniki inkubacji

Table 1. Incubation results

Wyszczególnienie Specification	Wskaźniki wylęgowości Hatchability indices
Jaja nałożone – Eggs set	62
Jaja zapłodnione – Eggs fertilized	
n	22
%	35,5
Zarodki zmarłe – Dead embryos	
n	2
%	9,1
Pisklęta kalekie i słabe – Crippled and weak chicks	
n	2
%	9,1
Pisklęta samodzielnie wyklute – Chicks hatched without assistance	
n	10
%	45,4
Pisklęta wyklute z pomocą obsługi – Chicks hatched with personnel's assistance	
n	8
%	36,4
Wylęgowość: z jaj nałożonych, %	29,0
z jaj zapłodnionych, %	81,8
Hatchability: from set eggs, %	
from fertilised eggs, %	

Niski wskaźnik wylęgu z jaj nałożonych (29,0%) był konsekwencją dużej liczby jaj niezapłodnionych (40 szt.). Jego wartość trudno jednoznacznie ocenić, gdyż liczba samców w zestawionym stadzie była odpowiednia dla tego gatunku ptaków, a warunki utrzymania i żywienie prawidłowe. Z kolei wylęgowość piskląt z jaj zapłodnionych była bardzo wysoka jak na ten gatunek ptaków (82%). Chang Reissig i in. [2004], analizując cechy reprodukcyjne nandu w kilkunastu patagońskich fermach, stwierdzili wysoką śmiertelność zarodków (33,5%) i niską wylęgowość z jaj zapłodnionych (66%). Autorzy podkreślają jednak duże zróżnicowanie wyników lęgu między poszczególnymi fermami.

Załącznik 1. Analiza zamaryłych zarodków nandu
Attachment 1. The analysis of dead embryos rhea

Nr jaja Number of egg	Masa, g – Weight, g										Długość, mm – Length, mm							Zmiany patomorfologiczne Pathomorphological	
	ciało ¹ body ¹	woreczek żółtkowy yolk sac	serce heart	wątroba liver	nerka kidney	pluco lung	układ pokarmowy digestive tract	żołądek mięśniowy gizzard	żołądek gruczołowy for stomach	ciało ² body ²	dziób beak	palec i pazur toe and claw	skok tarsus	podudzie tibia	udło thigh	Day of death			
25N	2,08	–	–	–	–	–	–	–	–	43,1	–	–	–	–	–	~ 10–15	nie stwierdzono no found		
65N	440	119	2,13	10,77	1,43	1,55	1,34	1,21	37,09	3,21	1,16	260	25	35	72	88	47	~ 38	stwierdzono found ³

¹ bez woreczka żółtkowego – without yolk sac.

² mierzona od nasady dzioba, wzdłuż kregostupa do końca steku – measured from the base of the beak, along the vertebral column to the end of the cloaca.

³ niewyciągnięty woreczek żółtkowy (1/3 pozostaje na zewnątrz jamy ciała), w jaju dużo niewykorzystanej treści – yolk sac not absorbed (1/3 left outside the body cavity), a lot of unused content in the egg.

Ubytek masy jaj to bardzo ważny element biologicznej analizy inkubacji, będący między innymi wyznacznikiem warunków termiczno-wilgotnościowych w aparatach wylęgowych (tab. 2). Analiza ubytków masy inkubowanych jaj wykazała, iż w poszczególnych tygodniach lęgu był on zbliżony (ok. 3%). Łączny ubytek masy w momencie przełożenia ich do komory klujkowej wyniósł 16,1%. Podobne wyniki do własnych uzyskali Chang Reissig i in. [2004], a także Labaque i in. [2004], którzy, inkubując jaja nandu, stwierdzili ok. 15-procentowy ubytek ich masy.

Tabela 2. Ubytki w masie jaj podczas inkubacji (\pm SD)

Table 2. Losses in egg weight during incubation (\pm SD)

Wyszczególnienie Specification	Ubytek Loss	
	g	%
1. tydzień Week 1st	22,7 \pm 9,4	3,5 \pm 1,3
2. tydzień Week 2nd	40,5 \pm 13,5	6,3 \pm 2,02
3. tydzień Week 3rd	60,4 \pm 18,0	9,4 \pm 2,7
4. tydzień Week 4th	81,8 \pm 24,6	12,7 \pm 3,7
Łączny ubytek w masie jaj* Total loss in egg weight*	104,5 \pm 31,2	16,1 \pm 4,6

* ostatnie ważenie w 35. dniu; * last weighing on day 35.

Przebieg wylęgów oraz klucie piskląt scharakteryzowano w tab. 3. Okres wylęgu jaj nandu, według różnych źródeł, zawiera się w przedziale od 38 do 40 dni [Chang Reissig i in. 2004; Labaque i in. 2004], co zbliżone jest z rezultatami własnych obserwacji (39 dni).

Z powodu dużego odsetka piskląt wymagających pomocy, klucie w niniejszych badaniach znacznie się wydłużyło i zajęło pisklątom średnio ponad 20 godzin. W literaturze brakuje danych z tego zakresu w odniesieniu do nandu. Można dokonać jedynie porównania z innymi ptakami paleognatycznymi. W badaniach Szczerbińskiej [2002] czas, jaki upłynął od momentu rozpoczęcia przebijania skorupy jaja do całkowitego jej opuszczenia przez piskląta emu, wahał się od 9 do 14 godzin. Średni czas wykluwania się piskląt strusi według Deeming i Ayres [1994], mieścił się w przedziale od ok. 12 do ponad 19 godzin. Masa względna piskląt (niespełna 60%) znacznie odbiegała od odpowiednich wartości podawanych w literaturze dla innych gatunków bezgrzebieniowców użytkowych [Szczerbińska 2002; Horbańczuk 2003]. Argumentem uzasadniającym te różnice może być duży ubytek masy jaj nandu w czasie inkubacji.

Tabela 3. Ocena klucia piskląt (\pm SD)
 Table 3. Chick hatching evaluation (\pm SD)

Wyszczególnienie Specification	\bar{x}
Masa jaja wylęgowego, g Hatching egg weight, g	656,4 \pm 88,53
Czas trwania inkubacji, dni Duration of incubation, days	38,9 \pm 1,14
Czas klucia, h Hatching time, h	20,6 \pm 10,71
Masa pisklęcia bezwzględna, g względna, % Chick weight absolute, g relative, %	390,9 \pm 56,76 59,6 \pm 2,89
Masa pozostałości powylęgowych* bezwzględna, g względna, % Weight of post-hatching remnants* absolute, g relative, %	39,2 \pm 19,16 5,6 \pm 2,61

* pozostałości błon płodowych, produkty przemiany materii; * remnants of foetal membranes and metabolism products.

Analiza grubości skorupy wykazała jej najmniejszą wartość (758 μ m) w grupie piskląt, które wymagały pomocy przy wykluciu. Różniła się ona istotnie w porównaniu z grupą samodzielnie wyklutych piskląt i z grupą zarodków zmarłych w trakcie inkubacji jaj (tab. 4).

Gonzales i in. [1999] stwierdzili, że zwiększenie się o 0,2 mm grubości skorupy w równikowej części jaja obniża wskaźniki wylęgowości strusi o 30%. Z kolei w badaniach Sahan i in. [2003] grubość skorupy nie wpłynęła na rezultaty wylęgu, chociaż straty masy jaj w czasie inkubacji były największe w jajach o cienkich skorupach. Z badań własnych wynika, że u nandu nie wystąpiła prosta zależność, że im grubsza skorupa tym trudniejszy proces klucia.

Pomiary wykonane w warstwie brodawkowej pozwoliły stwierdzić, że największe brodawki wystąpiły w skorupach, z których pisklęta wykuły się samodzielnie (tab. 4), istotnie mniejsze natomiast w grupach, w których zarodki zmarły lub pisklęta w czasie klucia potrzebowały pomocy. W skorupach ocenianych ptaków wykazano również znaczące różnice w liczbie brodawek, w zależności od ocenianej grupy. Co interesujące, najwięcej brodawek o największej średnicy stwierdzono w skorupach jaj, z których pisklęta wykuły się samodzielnie. Potwierdza to poglądy, że wiele właściwości jaja wylęgowego zależy od gęstości i ukształtowania brodawek. Według Roberts i in. [1995] nieprawidłowa budowa brodawek powoduje utrudnienia w tworzeniu się kosmówki omoczniowej, zaburzając wymianę gazową i dopływ składników mineralnych.

Tabela 4. Charakterystyka grubości i porowatości skorupy jaj oraz jej warstwy brodawkowej (\pm SD)Table 4. Egg shell porosity and its mammillary layer characteristics (\pm SD)

Wyszczególnienie Specification	Grupa Group		
	pisklęta wyklułe samodzielnie chicks hatched without assistance	pisklęta wyklułe z pomocą chicks hatched with assistance	zarodki zmarłe dead embryos
Grubość skorupy, μm Eggshell thickness, μm	834,1a \pm 23,2	757,8b \pm 32,7	835,4a \pm 52,7
Średnica brodawki *, μm Mammilla diameter *, μm	146,1a \pm 43,5	90,7b \pm 22,0	108,9c \pm 38,1
Liczba brodawek, szt. na mm^2 Number of mammillae, per mm^2	187,5a \pm 29,9	166,6ab \pm 23,0	138,9b \pm 28,2
Liczba brodawek na powierzchni skorupy, szt. Number of mammillae in eggshell surface	65 137	57 876	48 253
Liczba porów, szt. na cm^2 Number of pores per cm^2	51,3a \pm 5,6	46,1ab \pm 7,1	40,6b \pm 14,6

* – średnia z dwóch pomiarów w najszerszym i najwęższym miejscu;

a, b – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p < 0,05$).

* – mean of two measurements – at the broadest and the narrowest points;

a, b – mean values in rows marked by different letters differ significantly ($p < 0.05$).

Najbardziej porowate okazały się jaja, z których pisklęta wykluły się bez pomocy obsługi, jednakże istotność różnic udowodniono tylko w odniesieniu do grupy, w której zarodki zamarły w trakcie embriogenezy (tab. 4). W związku z tym, iż podczas inkubacji zamarły tylko dwa zarodki wnioskowanie winno być bardzo ostrożne. Na podobne zależności wskazywali wcześniej Burton i Tullett [1983], Christensen [1983] oraz Soliman i in. [1994] u innych gatunków ptaków użytkowych. Meir i Ar [1996] uzyskali lepsze wskaźniki wylęgowości u gęsi zwiększając porowatość poprzez wywiercenie dodatkowych otworów w tej części jaja. W badaniach Sahan i in. [2003] wylęgowość strusi z jaj o małej liczbie porów była o 50% niższa w porównaniu z jajami cechującymi się większą porowatością.

PODSUMOWANIE

Biologiczna analiza lęgu pozwoliła stwierdzić, że wylęgowość piskląt z jaj zapłodnionych (82%) u nandu była wysoka. Pisklęta nandu wymagały często pomocy podczas klucia, a ich względna masa (niespełna 60%) w dniu wyklucia kształtowała się na niskim poziomie. Analiza ultrastruktury skorupy wykazała, że największe brodawki wystąpiły w grupie skorup, z których pisklęta wykluły się samodzielnie. Istotnie mniejsze natomiast stwierdzono w grupach, w których zarodki zamarły lub pisklęta w czasie klucia potrzebowały pomocy.

Stwierdzono ponadto, że największą liczbą brodawek na jednostce powierzchni cechowały się skorupy po pisklętach wyklutych bez pomocy. Można zatem sądzić, że budowa tej warstwy, a szczególnie gęstość brodawek ma związek z wynikami wylęgów.

PIŚMIENNICTWO

- Ar A., Rahn H., Paganelli C.V., 1979. The avian egg: mass and strength. *Condor* 81, 331–337.
- Ar A., Gefen E., 1998. Further improving hatchability in artificial incubation of ostrich eggs. Proceedings of the 2nd International Ratite Congress „Ratites in a competitive world”, 21–25 September, Oudtshoorn, South Africa, 141–147.
- Board R.G., Tullett S.G., 1975. The pore arrangement in the emu (*Dromaius novaehollandiae*) eggshell as shown by plastic models. *J. Microsc.* 103, 281–284.
- Burton F.G., Tullett S.G., 1983. A comparison of the effects eggshell porosity on the respiration and growth of domestic fowl, duck and turkey embryos. *Compar. Biochem. Physiol.* 75A (2), 167–174.
- Chang Reissing E., Terzolo H., Armando S., Roge A., 2004. Hatching success and embryonic mortality on lesser rhea (*Pterocnemia pennata*) farms in northern Patagonia, Argentina. *Br. Poult. Sci.* 45 (4), 471–475.
- Christensen V.L., 1983. Distribution of pores on hatching and nonhatching turkey eggs. *Poult. Sci.* 62, 1312–1316.
- Christensen V.L., Davis G.S., Lucore L.A., 1996. Eggshell conductance and other functional qualities of ostrich eggs. *Poult. Sci.* 75, 1404–1410.
- Deeming D.C., 1995. The ratite egg [w: *Ratite Encyclopedia*]. Red. C. Drenowatz. Ratite Records Inc., San Antonio, 93–102.
- Deeming D.C., Ayres L., 1994. Factors affecting the growth rate of ostrich (*Struthio camelus*) chick in captivity. *Vet. Rec.* 135, 617–622.
- Gonzales A., Satterlee D.G., Moharer F., Cadd G.G., 1999. Factors affecting ostrich egg hatchability. *Poult. Sci.* 78, 1257–1262.
- Horbańczuk J.O., 2000. Doskonalenie technologii sztucznych lęgów strusia afrykańskiego (*Struthio camelus*) z uwzględnieniem aspektów biologicznych. *Rozpr. Pr. Mater. Zootech.* (Zesz. specjalny) 10, IGiHZ PAN, Warszawa.
- Horbańczuk J.O., 2003. *Struś afrykański*. Auto-Graf, Warszawa.
- Kinder L.L., Anthony N.B., 1996. Characterisation embryonic development in the emu (*Dromaius novaehollandiae*). *Poult. Sci.*, Abstract 75 (1), 49.
- Labaque M.C., Navarro J.L., Martella M.B., 2004. Effects of storage time on hatchability of artificially incubated Greater Rhea (*Rhea americana*) eggs. *Br. Poult. Sci.* 45 (5), 638–642.
- Meir M., Ar A., 1996. Artificial increase of eggshell conductance improves hatchability of early laid goose eggs. *Br. Poult. Sci.* 37, 937–951.
- Minnaar M., 1998. *The emu farmer's hand-book*. Vol. 2. Nyoni Publishing Company, Groveton, Texas.
- Mróz E., 1998. *Studia nad zmiennością cech powierzchni skorupy jaj indyckich i ich związkiem z wylęgowością*. Rozpr. habilitacyjna, Wydaw. ART, Olsztyn.
- Paganelli C.V., Ackerman R.A., Rahn H., 1974. The avian egg: in vitro conductances to oxygen, carbon dioxide and water vapor in late development [w: *Respiratory Function in Birds. Adult and embryonic*]. Red. J. Piiper. Springer Verlag, New York.

- Roberts J.R., Brackpool C.E., Solomon S.E., 1995. The ultrastructure of good and poor quality eggshells from Australian layer strains. Proc. of the VI European Symposium on the Quality of Egg and Egg Products. Red. Ricardo Cepero Briz, 25–29 September 1995, Zaragoza, Spain, 107–115.
- Sahan U., Altan O., Ipek A., Yilmaz B., 2003. Effects of some egg characteristics on the mass loss and hatchability of ostrich (*Struthio camelus*) eggs. Br. Poult. Sci. 44, 380–385.
- Soliman F.N.K., Rizk R.E., Brake J., 1994. Relationship between shell porosity, shell thickness, egg weight loss, and embryonic development in Japanese quail eggs. Poult. Sci. 73, 1607–1611.
- Szczerbińska D., 2002. Charakterystyka użytkowości reprodukcyjnej emu (*Dromaius novaehollandiae*) ze szczególnym uwzględnieniem ultrastruktury skorupy i jej związku ze wskaźnikami wylegowości jaj. Rozprawy 210, AR Szczecin.
- Tullett S.G., 1984. The porosity of avian eggshells. Comparative Biochem. Physiol. 78A (1), 5–13.
- Tyler C., 1953. Studies on eggshells II. A method for marking and counting pores. J. Sci. Food Agric. 4, 266–272.

THE CHARACTERISTICS OF RHEA EGG SHELL ULTRASTRUCTURE AND HATCHABILITY

Abstract. Examinations were carried out in a breeding flock of 5-year-old rheas (*Rhea americana*). A total of 62 eggs, coming from around peak laying period, were subject to incubation. During hatching, there were instances of giving assistance to chicks. Based on the performed analysis of post-hatching refuse, three groups were separated: I – egg shells of chicks hatched unassisted, II – egg shells of chicks hatched with personnel's assistance, III – embryos died during embryogenesis. The results were subject to one-way analysis of variance using applying a Duncan's test. It was found that rhea chicks frequently required assistance during hatching, and their relative weight (nearly 60%) on the day of hatch reached a low level. The analysis of egg shell ultrastructure showed that largest mammillae occurred in the egg shells after chicks hatched without assistance. On the other hand, significantly smaller mammillae were observed in the egg shell groups where embryos died during embryogenesis or chicks needed assistance during hatch. Moreover, it was found that the largest number of mammillae per area unit is characteristic of the egg shells after chicks hatched without assistance. Therefore, one may think that the structure of this layer, in particular the density of mammillae, is related to hatching performance results.

Keys words: eggshell ultrastructure, hatchability, rhea

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 26.03.2010