

Nauki drobiarskie na początku XXI wieku: bilans zamknięcia i otwarcia

Stanisław Wężyk, Katarzyna Cywa-Benko
Zakład Hodowli Drobiu, Instytut Zootechniki
32-083 Balice k. Krakowa

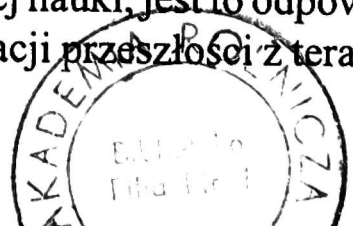
Słowa kluczowe: nauka, postęp, drób, genetyka, biotechnologia, żywienie, produkcja, drób, XXI wiek

Wstęp

Pod koniec XX wieku ogarnęła nas prawdziwa rewolucja biologiczna, której głównym akcentem była owca Dolly. Stało się to, co według wielu nie miało szans na realizację. Rewelacyjne odkrycia z dziedziny biologii zajmują pierwsze miejsca w wiadomościach medialnych. Stało się oczywiste, że każde zastosowanie nowego osiągnięcia genetyki w rolnictwie będzie uzależnione od postępu w takich podstawowych naukach, jak genetyka molekularna czy biotechnologia.

O ile innowacje w dziedzinie komunikacji lotniczej czy samochodowej lub w kompleksowych rozwiązaniach łączności elektronicznej były znamionami XX wieku, tak mechanika, elektronika i nauki biologiczne będą kamieniami milowymi w nowych rozwiązaniach technicznych XXI stulecia. Umiejętność manipulowania DNA otworzyła drzwi nowym, niezwykłym zmianom i możliwościom. Produkcja drobiarska i związany z nią przemysł spożywczy muszą być przygotowane na spotkanie zmian niesionych przez rewolucję biologiczną w dziedzinie hodowli, chowu i dostarczania konsumentowi — zgodnie z jego żądaniami — znakomitej jakości jaj i mięsa drobiowego.

Przełom roku, wieku i tysiąclecia pobudza do snucia refleksji na temat dokonań w przeszłości, stanu obecnego oraz przyszłości ludzkiej działalności w sferze kultury, nauki i gospodarki. Dla polskich drobiarskich badań naukowych, które, po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej, stracą rodzimy, zaściankowy charakter, a znajdują się w kręgu światowej lub przynajmniej europejskiej nauki, jest to odpowiedni moment, by na podstawie podsumowań, analiz i konfrontacji przeszłości z teraźniejs-



szością opracować prognozy rozwojowe, sięgające co najmniej połowy XXI wieku. W przewidywaniach należy uwzględniać nie tylko czynniki warunkujące rozwój naki, ale i stopień oddziaływania jej wyników na poziom wielko- i drobnotowarowej produkcji jaj i mięsa drobiowego.

Od prawie 90 lat na świecie promowaniem nauk drobiarskich i wykorzystaniem ich wyników w praktyce zajmuje się Amerykańskie Stowarzyszenie Wiedzy Drobiarskiej (1911) oraz utworzone rok później (1912) Światowe Stowarzyszenie Wiedzy Drobiarskiej (WPSA). W Polsce działalnością tą zajmuje się od 1966 r. liczący ponad 60 członków Polski Oddział WPSA. Organizowane przez WPSA co 4 lata światowe kongresy drobiarskie służą nie tylko podsumowaniu osiągnięć, ale także wytyczaniu nowych kierunków badawczych. Podczas ostatniego XXI Kongresu, który odbył się w Montrealu (21–24.08.2000), dyskutowano między innymi nad opiniami konsumentów na temat zachowania optymalnych warunków w chowie drobiu, modyfikacji składu mieszanek paszowych oraz wykorzystania metod inżynierii genetycznej w hodowli drobiu. W najbliższych 20 latach, mimo pewnej społecznej dezaprobaty, na rozwój produkcji drobiarskiej będą miały duży wpływ wyniki badań z dziedziny mikrobiologii i biotechnologii. Oczywiście jest, że świat nie może sobie pozwolić na przyhamowanie postępu technologicznego, stanowiącego podstawę rozwoju rolnictwa w krajach przewyżających problemy wyżywienia ludności. W takiej sytuacji trudno akceptować naciski silnego lobby proekologicznego, zmierzającego do wstrzymania efektywności produkcji drobiarskiej. Należy jednak dążyć do uzyskania równowagi między osiągnięciami pracowni badawczych, producentami drobiu i konsumentami jaj i mięsa drobiowego. Nasuwa się zatem pytanie, jak w tym wypadku powinno się traktować opinie brytyjskich specjalistów, sugerujących, że za dwadzieścia lat mięso drobiowe będzie produkowane w domu konsumenta, w postaci kultur tkankowych, zawierających odpowiedni zestaw aminokwasów, witamin, substancji mineralnych, kalorii itp.

O ile w połowie XX wieku wiele uwagi poświęcano badaniom z dziedziny genetyki cech ilościowych i metod hodowli drobiu, to w ostatnich dwu dekadach rozwinęły się interdyscyplinarne badania z zakresu fizjologii rozrodu, cytogenetyki, determinacji płci, immunogenetyki i genetyki molekularnej drobiu.

Nauka nie rozwija się skokowo, a poprzez stałe, systematyczne nagromadzanie, niekiedy nawet niewielkich, okruchów wiedzy. Również o sukcesie naukowym nie zawsze decydują wielkie odkrycia czy innowacje techniczne, jak np. miało to miejsce w wypadku wykorzystania w badaniach molekularnych polimerazowej reakcji łańcuchowej (PCR — polymerase chain reaction) lub systemów komputerowych, techniki raketowej lub laserowej. Powodzenie w zastosowaniach nowoczesnych technologii zależy oczywiście od wcześniej osiągniętego postępu w nauce. Niepokoi jednak ciągle stosunkowo duży przedział czasowy między odkryciem naukowym a jego wdrożeniem do praktyki. Od ogłoszenia przez Mikołaja Kopernika tezy, że Ziemia kręci się dookoła Słońca, a nie na odwrót, minęło ponad 400 lat, by tę prawdę wyko-

rzystać praktycznie w zdobywaniu przestrzeni kosmicznej. Na wykorzystanie osiągnięć atomowej fizyki do produkcji atomowej energii czekano pół wieku, natomiast od odkrycia praw dziedziczenia przez Grzegorza Mendla do zastosowania ich w genetyce ogólnej i genetyce drobiu minęło ponad 40 lat. Trzeba było także kolejnych 40 lat, by odkrycie naukowe dokonane w 1944 r., że DNA jest genetycznym materiałem, wykorzystać praktycznie (dopiero w latach osiemdziesiątych) w przemyśle i medycynie. Również nadmiernie długi okres dzieli odkrycia naukowe z dziedziny biochemii, immunologii, mikrobiologii i fizjologii [52] do wykorzystania ich w produkcji żywności dla ludzi i pasz dla zwierząt, systemów ochrony zdrowia oraz technologii produkcji zwierzęcej. Bardzo często przeszkodą we wdrażaniu postępu naukowego do praktyki jest po prostu brak odpowiednich funduszy.

Znajomość historycznych uwarunkowań tempa wdrożeń wyników naukowych do praktyki może być pomocna w prognozowaniu rozwoju różnych kierunków badawczych oraz w formułowaniu dla nich priorytetów. By sprostać potrzebom związanym z wyżywieniem ludności całego świata należy dążyć do maksymalizacji wysiłków badawczych. Dla przełomu XX/XXI wieku charakterystyczne jest skupienie się na specyficznych do osiągnięcia celach. Na początku XX stulecia, zgodnie ze starymi, uniwersyteckimi ideałami, naukowcy prowadzili badania głównie dla zaspokojenia własnych aspiracji. Na początku lat dwudziestych rząd Stanów Zjednoczonych AP opracował i zaczął odpowiednio finansować podstawowe i strategiczne kierunki badawcze, niezbędne dla rozwiązania narodowych problemów gospodarczych. W związku z tym, że rządy różnych krajów wspierały na ogół krótkoterminowe projekty badawcze o charakterze utylitarnym, w latach 1925–30 na podtrzymanie upadających wówczas badań podstawowych przeznaczono część funduszy publicznych. Na całym świecie wywołało to współzawodnictwo w ubieganiu się o coraz bardziej ograniczone fundusze, przeznaczane na realizację badań naukowych. Rosła także konkurencja we wdrażaniu wyników naukowych do praktyki i zwiększały się naciski na przyspieszenie zwrotu nakładów poniesionych na naukę. Sprzyjało to również utajnianiu w coraz większym stopniu prowadzonych badań. System przedmiotowego finansowania badań naukowych zaczęto coraz częściej upowszechniać w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych minionego stulecia, z tym że o kierunkach badawczych, bez względu czy dotyczyły one archeologii czy astronautyki, decydowali nadal naukowcy. Jeżeli takie tendencje będą się nadal utrzymywać, to istnieje realne niebezpieczeństwo, że w sytuacji ograniczonych możliwości badawczych nie będzie można osiągać postępu naukowego, niezbędnego dla rozwoju nowych technologii. Ponadto zawężony zakres celów badawczych może doprowadzić w rozpoczynającym się stuleciu do katastrofy w wyżywieniu ludzkości [52].

Globalne wyzwania — regionalne rozwiązania

Nauki drobiarskie i metody oraz technologie produkcji drobiarskiej nie działają w odosobnieniu. Według Sheldona [51], dyskutującego podstawowe problemy społeczno-ekonomiczne warunkujące pokrycie w 2060 r. zapotrzebowania na żywność ośmiomiliardowej światowej populacji ludzkiej, sytuację komplikuje fakt, że w 2/3 krajów świata produkt narodowy brutto na 1 mieszkańca jest o wiele niższy niż w krajach najbogatszych. Należy zatem dążyć do szybkiego zmniejszenia tych różnic, poprzez edukację, poprawę warunków utrzymania, zapewnienie tanich źródeł energii, zastosowanie efektywnych i coraz doskonalszych technologii, wprowadzenie ochrony zdrowia, rozwój łączności, handlu oraz rozwój różnych gałęzi wytwórczości. Dużą w tym rolę powinni także odegrać pracownicy naukowcy, zajmujący się zagadnieniami drobiarskimi, tym bardziej że w XXI wieku zrównoważona produkcja drobiarska powinna się rozwijać w różnych warunkach środowiskowych i gospodarczych, a jaja i mięso drobiowe powinny być dla wszystkich dostępne po możliwie jak najniższych cenach. Pod tym względem Sheldon [51] dzieli kraje świata następująco:

1. 20 krajów zamieszkałych przez 15% ludności świata, w których w pełni wykorzystano w praktyce wyniki naukowych badań nad drobiem i zastosowano nowoczesne technologie.
2. Około 30 krajów, zamieszkałych przez 15% ludności świata i o dobrze zaawansowanych przemianach technologicznych w produkcji drobiarskiej, ale o spożyciu produktów drobiowych o 50% niższym niż w krajach grupy 1.
3. Chiny i Indie zamieszkałe przez ok. 30% ludności świata.
4. Około 100 różnych krajów zamieszkałych przez pozostałe 40% ludności świata.

Troska o poprawę jakości żywności w krajach grupy 1, wywołana aferą BSE czy skandalem dioksynowym, wpływa stymulująco na zwiększenie zainteresowania konsumentów drobiem żywionym mieszankami bez udziału mączek pochodzenia zwierzęcego [60].

W krajach grupy 2 postęp w produkcji drobiarskiej, jak i zwiększanie spożycia produktów drobiowych powinno nastąpić bez istotnego wzrostu zapotrzebowania na paszę. Przewiduje się, że mięso drobiowe w dużym stopniu zastąpi mięso innych gatunków zwierząt gospodarskich, a na wzrost produkcji jaj w większym stopniu wpłynie poprawa jakości paszy niż genotypu kur.

Chiny (grupa 3), charakteryzujące się stosunkowo wysokim średnim spożyciem jaj, ale niskim mięsa w ogóle, w tym drobiowego zaledwie 8 kg na 1 mieszkańca, zbliżone są pod tym względem do krajów grupy 2. Należy zatem oczekiwać, że wzrost podaży jaj oraz ich spożycia nastąpi na skutek poprawy wartości genetycznej kur, przy nieznacznym wzroście zapotrzebowania na paszę. Z kolei oczekiwany wzrost średniego spożycia mięsa drobiowego do 15 kg na głowę spowoduje zwiększenie zapotrzebowania na paszę o dodatkowe 20 ml t mieszanek drobiowych.

W Indiach (grupa 3), zamieszkałych przez 13% ludności świata, oraz innych 100 krajach, obejmujących łącznie 40% ludności świata, podobnie niskie jest spożycie produktów drobiowych, przy dużych różnicach między poszczególnymi krajami. Według Indyjskiej Rady Medycznych Badań Naukowych w krajach tych średnie spożycie winno przekroczyć 160 jaj i 10 kg mięsa drobiowego na osobę rocznie. W związku z tym zapotrzebowanie na pasze drobiowe w Indiach zwiększy się o 70–90 mln t · rok⁻¹, a w pozostałych 100 krajach o dodatkowe 210 mln t · rok⁻¹. Szacuje się, że ogólny wzrost zapotrzebowania na paszę w krajach grupy 2 będzie wynosił 300–320 mln t · rok⁻¹.

Ocenia się, że w następnych 15–30 latach ogólna światowa produkcja jaj i mięsa drobiowego, w porównaniu z 2000 r., wzrośnie odpowiednio o 25 i 100%, w tym w Chinach odpowiednio o 300 i 900%, Indiach o 300 i 1000% i 100 do 900% w pozostałych 100 krajach.

Zanim określi się przydatność nauki i nowoczesnych technologii w osiągnięciu wyżej podanego celu, należy się zastanowić, gdzie i czy można liczyć na podwojenie obecnych zasobów paszy. By osiągnąć odpowiedni standard w żywieniu ludzi, produkcja zbóż chlebowych i paszowych, nasion oleistych i innych roślin przeznaczonych do żywienia człowieka i zwierząt powinna wzrosnąć o co najmniej 50%. Wzrost światowego popytu na żywność spowoduje 2–3-krotne zwiększenie zapotrzebowania na mięso drobiowe. By ten cel osiągnąć, Sheldon [51] proponuje zintegrowanie działań w 7 podstawowych obszarach. Trzy z nich są w rękach hodowców i producentów roślin (zakłada się wzrost areału upraw wysokoplonujących odmian roślin paszowych). Dwa następne pozostają w gestii naukowców — drobiarzy, kontynuujących badania nad metodami doskonalenia i tworzenia bardziej efektywnych rodów drobiu oraz nad wykorzystaniem alternatywnych składników w mieszankach paszowych. Pozostałe, prawdopodobnie najważniejsze dwa obszary, dotyczą zakreślonych na światową skalę rozwiązań ekonomicznych i politycznych. W pierwszym z nich zmierzają do liberalizacji światowego handlu, a przede wszystkim do usunięcia barier w produkcji żywności dla ludzi i pasz dla zwierząt, natomiast w drugim — do zaktywizowania pomocy technicznej dla rozwijających się krajów, ze szczególnym uwzględnieniem wdrożenia nowoczesnej i efektywnej organizacji wielkotowarowej produkcji drobiu, przy równoczesnym doskonaleniu systemu drobotowarowego chowu drobiu.

Tempo postępu naukowego i technicznego osiągnięte w minionym półwieczu, w tych samych lub podobnych obszarach, wskazuje, że nakreślone wyżej cele są realne do osiągnięcia.

Postęp w nowoczesnych technologiach drobiarskich XXI wieku

Jak już wspomniano, pełne wdrożenie w ostatnim półwieczu postępu naukowego i technicznego w produkcji drobiarskiej dotyczy zaledwie 15% do 20% ludności świata. Nie ma natomiast żadnych przeciwwskazań, by postęp ten nie rozszerzył się na kraje grupy 2, a częściowo i Chiny, przy pełnym pokryciu zapotrzebowania na jaja i 50% na mięso drobiowe oraz odpowiednio w 75 i 40% na Indie i pozostałe 100 krajów. Można zatem sądzić, że w następnych 20–30 latach postęp technologiczny w produkcji drobiarskiej obejmie połowę światowej ludności. Dla osiągnięcia tego celu niezbędne jest pełne zaangażowanie tak krajowych, jak i międzynarodowych środowisk badawczych. Powinny one ocenić, czy struktura zintegrowanych firm hodowlanych oraz przemysłu drobiarskiego, rozwinięta w ostatnich 40 latach, nie wpływa ujemnie na kształtowanie się globalnego rynku drobiarskiego. Istnieje obawa, że rosnąca rywalizacja między dostawcami materiału hodowlanego jak i urządzeniami technicznymi wpływa na ograniczenie badań innowacyjnych. Równocześnie, w ostatnich 50 latach, w niebezpiecznie szybkim tempie nastąpiła eliminacja setek użytkowych ras i odmian drobiu [16]. Podjęte w wielu krajach próby zahamowania tego procesu zakończyły się fiaskiem. Brak powszechnie uznanych i skutecznych procedur ochrony przed zagładą rodzimych ras drobiu i spowodowane tym straty w bioróżnorodności nie wyrównują zyski przynoszone przez wysoko produkcyjne, komercyjne populacje. W wyniku przejścia w ostatnim dwudziestolecu kontroli nad hodowlą drobiu przez kilka ponadnarodowych firm hodowlanych, duża część unikalnych genotypów, utrzymywanych w instytutach badawczych i wyższych uczelniach, prowadzących badania przyszłościowe — została bezpowrotnie utracona lub jest zagrożona wyginięciem [16].

Na uwagę zasługuje polska inicjatywa objęcia od początku lat siedemdziesiątych programem zachowania bioróżnorodności drobiu rodzimych 7 ras kur [16] oraz 12 gęsi [40] i 11 kaczek [35]. Barej [3] zalicza utworzenie przez Instytut Zootechniki unikatowych w skali światowej kolekcji zasobów genowych drobiu i udział polskich badaczy w międzynarodowym zespole rozpoznawania genomu kury do spektakularnych przykładów osiągnięć naukowych w zakresie nauki o zwierzętach.

Niepokoje postępujące zawężanie genetycznej różnorodności różnych gatunków i typów użytkowych drobiu. W ciągu ostatnich 15 lat wyeliminowano 200 zmutowanych, zimbredowanych i wyselekcjonowanych populacji ptaków, a ponad 1/3 grozi wyginięciem w najbliższym czasie. Wiele z tych populacji ma unikalne cechy warunkowane genetycznie, mające duże znaczenie dla przyszłościowych badań genetycznych, biologicznych, biomedycznych i rolniczych. Istnieje zatem konieczność prowadzenia badań nad ochroną tych populacji w postaci żywych ptaków (metodą *in situ*) lub plazmy zarodkowej, przechowywanej w niskich temperaturach, a szczególnie komórek zarodkowych, nasienia lub zarodków (metodą *ex situ*). Wadą tej ostatniej meto-

dy, mimo stosunkowo niskich kosztów, jest to, że odtworzenie ptaka z przechowywanego w niskich temperaturach nasienia może okazać się trudne. Należy zdawać sobie sprawę, że w konserwowanym nasieniu zachowujemy jedynie męski genom (ZZ). Obiecujące są natomiast badania prowadzone w Kanadzie, Japonii i USA nad metodami przechowywania w ciekłym azocie diploidalnej plazmy zarodkowej oraz zróżnicowanych wczesnych tarczki i zawiązkowych komórek zarodkowych ptaków, co pozwala odtworzyć nienaruszone genomy.

Rewolucja w technologiach produkcji drobiarskiej była zatem wynikiem genetycznej poprawy stad drobiu, zastosowania w żywieniu pasz lepszej jakości, poprawy zdrowotności i metod chowu, a także dzięki wykorzystaniu w praktyce wyników badań naukowych z zakresu genetyki, biochemii, immunologii, fizjologii czy mikrobiologii. Metody genetycznego doskonalenia produktywności drobiu będą kontynuowane także w przyszłości.

Metody genetycznego doskonalenia

Należy oczekiwać, że tempo postępu hodowlanego w nieśności, uzyskiwanego w przyszłości w stadach kur selekcyjowanych konwencjonalnymi metodami, będzie wolniejsze. W ciągu najbliższych 20–40 lat nieśność wzrośnie do 320–325 jaj od kury, w porównaniu z obecną, wynoszącą średnio 300 jaj od 1 nioski. Okazuje się, że selekcja kur w kierunku skrócenia odstępów między seriami jaj [53], utrzymywanych przy 24-godzinnym na dobę oświetleniu wnętrza kurnika, może przyczynić się do istotnego zwiększenia reakcji stada na zastosowaną konwencjonalną metodę selekcji i osiągnięcia w następnych 20–30 latach nieśności na poziomie 380–400 jaj od kury. Jak dotąd nie znaleziono w literaturze potwierdzenia szerszego wykorzystania wyników tych badań w praktyce. Prawdopodobnie na wdrożenia z tego zakresu będzie trzeba poczekać następnych 10–50 lat.

Również w stosunkowo niewielkim stopniu wykorzystywane są wyniki badań, prowadzone na wysokoprodukcyjnych rodach kur, nad genetyczną zmiennością krzywej masy jaja w zależności od wieku nioski. Yoo i in. [63] wskazują na nieopłacalność produkcji zbyt ciężkich jaj, znoszonych pod koniec okresu nieśności. Autorzy ci wykazali także, że w zmniejszaniu zmienności masy jaja można z powodzeniem wykorzystać genetyczną korelację tej cechy z wysoką nieśnością. W małym natomiast stopniu wykorzystuje się gen karłowatości, warunkujący zmienność wysokiego tempa nieśności w liniach kur, przy zastosowaniu w kurniku programu całodobowego oświetlenia [64].

Korzystniej przedstawia się sytuacja w wypadku drobiu mięsnego, gdzie w ostatnich 20 latach wiele wyników badań naukowych bardzo szybko wdrożono do praktyki. W programie genetycznego doskonalenia tempa wzrostu młodego drobiu selekcja powinna także dotyczyć wykorzystania paszy oraz cech poprawnej budowy kośćca ptaka (brak wad), otłuszczenia tuszki i przeżywalności w okresie odchowu.

Z przeglądu literatury wynika, że podstawowe badania prowadzone z zakresu biochemii żywienia, fizjologii wzrostu i reprodukcji w stosunkowo małym stopniu uwzględniają wyniki uzyskane w badaniach stosowanych. O szerokim zakresie prowadzonych żywieniowych badań aplikacyjnych świadczą materiały XI Europejskiego Sympozjum Żywienia Drobiu (1997), obejmujące 115 prac i doniesień, na których wyniki oczekuje praktyka. Znaczny postęp osiągnięto szczególnie w metodach opracowywania receptur paszowych według najniższych ich kosztów lub największej opłacalności, optymalnego wykorzystania aminokwasów, stosowania żywienia fazowego lub swobodnego wykorzystania paszy [29], wykorzystania enzymów wspomagających trawienie nieskrobiowych wielocukrów zawartych w ziarnach niektórych zbóż [13], wykorzystania w mieszankach paszowych probiotyków zamiast antybiotyków i wykorzystania symulacji komputerowej do prognozowania poziomu produkcji drobiu [25].

Z kolei ciągle nie znajdują uznania praktyków prace badawcze, których wyniki wybiegają już w XXI wiek. Dopiero w ostatniej dekadzie wdrożono, jednak w niewystarczającym zakresie, wyniki badań nad oceną nowych, alternatywnych i tańszych składników pasz drobiowych. Oczekuje się, by pracownicy naukowci określili zapotrzebowanie poszczególnych, genetycznie różniących się, komercyjnych rodów drobiu na specyficzne składniki pokarmowe [37]. Wydaje się, że te ww. dwa kierunki badawcze powinny być uznane za priorytetowe w badaniach nad żywieniem drobiu.

Wspomniane już wcześniej „afery” prionowe i dioksynowe zmuszają żywieniowców do prowadzenia badań na żywieniem drobiu mieszankami niezawierającymi antybiotykowych stymulatorów wzrostu, mączek pochodzenia zwierzęcego oraz syntetycznych barwników. Biorąc pod uwagę znaczący wpływ paszy na jakość jaj i mięsa drobiowego, przewiduje się w najbliższych latach duży rozwój badań nad opracowaniem receptur drobiowych mieszanek paszowych, w maksymalnym stopniu zawierających naturalne surowce paszowe, odpowiadające danemu gatunkowi i typowi użytkowemu drobiu.

Poprawa zdrowotności

Ze względu na problemy związane z pojawianiem się coraz to nowych jednostek chorobowych, czas od ich rozpoznania do opracowania skutecznej szczepionki (rozpoznanie, szczepionka, metoda chowu i selekcja na odporność) jest prawie tak krótki jak w wypadku stosowanych badań nad żywieniem drobiu. Był on charakterystyczny dla całego XX wieku, mimo bardzo często skomplikowanych sytuacji, jak np. w wypadku przejścia od zdiagnozowania białaczki do wykrycia wirusa choroby Mareka i

białaczki limfoidalnej, a następnie do wyprodukowania na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych zapobiegawczo działających szczepionek. Dużym postępem było wykorzystanie metod genetyki molekularnej do diagnozowania chorób drobiu jak i produkowania specjalnych zestawów szczepionek [27]. Te stosunkowo niedawno opanowane techniki badawcze są obecnie rutynowo stosowane w badaniach nad zdrowotnością ptaków i innych dziedzinach produkcji drobiarskiej [12].

Metody chowu drobiu

Często niedocenione są badania nad poprawą warunków utrzymania drobiu w celu zwiększenia produktywności ptaków, jak i zapewnienia im optymalnego samopoczucia (welfare). Zastosowanie istotnych udoskonaleń, tak na etapie opracowania projektu, jak i w technice budowy pomieszczeń drobiarskich, stało się możliwe dzięki stosowaniu coraz lepszych materiałów budowlanych, skuteczniejszych urządzeń grzewczo-wentylacyjnych oraz komputerowego monitoringu procesów produkcyjnych i warunków środowiskowych w kurniku. Dobrze zaprojektowane innowacje poprawiają organizację pracy fermy oraz opłacalność produkcji. Umiejętne kontrolowanie warunków środowiskowych w kurniku, a szczególnie wahań temperatury, ma istotny wpływ na wykorzystanie paszy na jednostkę produkcji i poprawę zdrowotności ptaków. Elektronicznie sterowane oświetlenie umożliwia zastosowanie programu świetlnego, odpowiedniego dla danego typu użytkowego drobiu, wieku ptaków, stanu fizjologicznego i hormonalnego. Przeprowadzone w ostatnich 20–30 latach badania wykazały zasadność stosowania w niektórych wypadkach ahemeralnej doby świetlnej [38].

Istnieje również możliwość obniżenia kosztów produkcji dzięki zastosowaniu sprawnie działających urządzeń do zadawania paszy i wody, automatycznego zbioru jaj, łapania kurcząt brojlerów oraz mechanicznego usuwania pomiotu lub ściółki. Oczekuje się, że w tym wypadku czas od dokonania odkrycia naukowego do wdrożenia go do praktyki może być stosunkowo krótki. Mogą jednak pojawić się dwa czynniki, zakłócające te oczekiwania. Po pierwsze — nakłady na wdrożenie tych wyników do praktyki mogą być stosunkowo wysokie, a po drugie — czas zwrotu nakładów poniesionych na wdrożenie innowacji musi być krótki. Należy także zaznaczyć, że najczęściej tempo wdrażania do produkcji drobiarskiej procedur zaliczanych do tzw. high-tech jest bardzo powolne. Można zakładać, że wiele z dotychczasowych osiągnięć nowatorskich w zakresie metod utrzymania drobiu zostanie wykorzystanych w praktyce dopiero w następnych dekadach.

Nie wydaje się natomiast, by bardzo upowszechniane obecnie w Europie, wymogi w odniesieniu do komfortowego chowu drobiu mogły mieć pozytywny wpływ na efektywność światowej produkcji drobiarskiej. Ludzie, starając się nadal zachować w swej diecie minimum białka zwierzęcego, będą zwracali coraz większą uwagę, by było ono pozyskiwane przy zachowaniu humanitarnych, nie stresogennych metod

chowu zwierząt. W minionych dziesięcioleciach temu zagadnieniu poświęcono zbyt mało badań, by dać jednoznaczną i nieobarczoną subiektywnymi doznaniem odpowiedź na temat optymalnych warunków utrzymania zwierząt. Dlatego też badania nad zachowaniem w chowie drobiu tzw. komfortu (welfare) będą miały w najbliższej przyszłości charakter priorytetowy.

Możliwości wykorzystania w praktyce wyników badań naukowych

Biotechnologia molekularna

Trudno obecnie prognozować, w jakim stopniu będą w bieżącym stuleciu wdrażane wyniki burzliwie się rozwijającej biologii molekularnej drobiu. Niewiarygodne wprost możliwości praktycznego wykorzystania wyników tej dziedziny nauki obserwuje się obecnie w genetyce człowieka, hodowli roślin, badaniach genetycznych prowadzonych na muszkach owocowych, zebrowatych rybach i niektórych mikroorganizmach. Niewątpliwie to właśnie biotechnologia wprowadzi intensywną produkcję drobiu w nowy okres rozwoju. Już dzisiaj tradycyjnymi i nowymi metodami uzyskuje się z 1 m² powierzchni użytkowej kurnika 6 razy więcej mięsa drobiowego niż przed 40 laty, przy równocześnie znacznym zmniejszeniu ilości wydalanego przez 1 kurczaka pomiotu. W ostatnich 10 latach osiągnięto ogromny postęp w realizacji międzynarodowego programu badawczego, obejmującego mapowanie i sekwencjonowanie ludzkiego genomu. Od 1990 r. wielokrotnie wzrosła liczba 3000 markerów, naniesionych na tworzonej mapie sprzężeń [59]. O ile przed 10 laty, posługując się w diagnostyce molekularnej sprzętem laboratoryjnym, można było określić zaledwie kilka genów determinujących choroby u ludzi, to obecnie rysują się ogromne możliwości przed nowoczesnymi metodami diagnostycznymi oraz technologią produkcji szczepionek przeciw chorobom drobiu.

Mimo że pierwsze doniesienia o opracowaniu mapy genomu człowieka pochodzą z połowy 2000 r., to projekt ten, obejmujący ponad 70 tys. genów, będzie nadal realizowany, z poszerzeniem o opracowanie skutecznych metod genowej terapii. Osiągnięcie sukcesu w tych badaniach zależy od współpracy wielu dużych laboratoriów, zatrudniających setki pracowników naukowych, i od budżetu liczonego w setki milionów USD. Jak na razie badacze zajmujący się genetyką molekularną drobiu takimi możliwościami technicznymi i finansowymi nie dysponują.

Kolejnym znakomitym przykładem wykorzystania możliwości genetyki molekularnej jest jej zastosowanie w transgenezie roślin. Komercyjne konsorcja przeznaczają obecnie co roku miliony USD na wytworzenie genetycznie zmienionych roślin (GMO), odpornych na herbicydy lub pestycydy. Szereg tych genetycznie zmienionych organizmów znajduje się już na rynku. Wystarczy powiedzieć, że ponad 50%

importowanej z USA do Niemiec soi to odmiany genetycznie zmodyfikowane. Należy zdać sobie sprawę, że jesteśmy na progu kolejnej, nowej naukowej i technicznej rewolucji. Na podstawie burzliwie rozwijającej się rewolucji komputerowej można stwierdzić, że obszary badawcze biologii molekularnej zwierząt gospodarskich są — jak dotąd — w niewielkim stopniu wykorzystywane. Mimo że na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych powstało tylko kilka większych laboratoriów, zajmujących się tymi badaniami u różnych gatunków zwierząt, to w wypadku drobiu nastąpił stosunkowo duży postęp. Według Groenen i in. [30], ogólna liczba loci sprzężonych molekularnych markerów, zlokalizowanych na mapach genomu drobiu, opracowanych w Compton, East Lansing i Wageningen, przekroczyła już 2000. Uzyskane wyniki wskazują, że uzyskano także duży postęp w zintegrowaniu ww. map pod względem 1400 loci. Średnia wielkość odstępów między markerami na mapie sprzężeń wynosi 2 centyMorgany (cM), co odpowiada początkowej lokalizacji znanych genów funkcjonalnych lub potencjalnemu loci cechy ilościowej (QTL — quantitative trait loci). Opracowanie takiej minimalnej mapy genomu warunkuje wykorzystanie selekcji QTL na podstawie markerów [61] lub znanych funkcjonalnych genów w dalszych manipulacjach. Mimo że w najbliższych 10 latach mapa genomu kury będzie kompletna [23], to jednak mapowanie genów nie wyjaśni interakcji występujących pomiędzy różnymi allelami, związanymi z wieloma loci. „Polowanie” zatem na gen będzie kontynuowane z wykorzystaniem mikrotechnologicznych procedur identyfikacji genu i mapowanie loci QTL. Odnotowano także osiągnięcia w szeregowaniu grup sprzężonych z makrosomami oraz w genetycznym mapowaniu mikrosomów [52]. Poza ww. laboratoriami także inne pracownie zajmują się mapowaniem genomu drobiu, jak np. grupa prof. Jaszczaka w Instytucie Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu k. Warszawy [65].

Wiele badań poświęca się obecnie zintegrowaniu metod selekcyjnych, optymalnie wykorzystujących markery w połączeniu z konwencjonalnymi metodami genetyki cech ilościowych zwierząt [59]. Uzyskane wyniki stanowią istotny pomost między starymi a nowymi osiągnięciami naukowców i hodowców, poprawiających metody genetycznego doskonalenia drobiu.

Daval i in. [17] przedstawiają wyniki badań nad identyfikowaniem QTL nowymi metodami biotechnologicznymi lub oznaczaniem genów, przydatnych do manipulacji.

W lokalizowaniu genu na chromosomie oraz klonowaniu genów kandydujących, przydatnych do manipulowania w procedurach MAS albo w transgenezie, bardzo pomocne jest zadziwiające podobieństwo między osobnikami kolejnych pokoleń, ukształtowanych w ciągu 400 milionów lat ewolucji. Informacje na ten temat zebrano w ostatnich 20 latach w licznych tomach prac dotyczących badań molekularnych nad genetyką rozwojową mikroorganizmów, muszki owocowej, zebrowatej rybki, myszy i człowieka. Każdy prawie miesiąc przynosi nowe doniesienia, że któryś z głównych genów rozwojowych drozofili ma swego bardzo podobnego homologa o zbliżonych funkcjach w genomie człowieka, myszy, nicieni, a także i kury.

Pierwszy z dwóch genów determinujących rytm okołodobowy odkryto u muszki owocowej i grzybów *Neurospora* ok. 30 lat temu [24]. Prowadzone przez 20 następnych lat badania nad tymi genami nie przyniosły ważnych odkryć. Dopiero ostatnio na podstawie badań molekularnych uzyskano informacje o nowych genach, odpowiedzialnych za rytm okołodobowy u *Neurospora*, muszki owocowej i roślin [20]. Niektóre z tych genów występują u drozofili, ssaków i innych kręgowców łącznie z kurami. Z ostatnich badań wynika, że cytochrom, białko absorbujące światło, odgrywa podobną rolę w regulacji rytmu okołodobowego u roślin, muszki owocowej i myszy [4]. Badania nad skróceniem poprzez selekcję przerw w nieśności kur, utrzymywanych w warunkach ciągłego oświetlenia [53] wykazały, że poszczególne linie kur charakteryzuje odmienny, własny rytm owulacji, co umożliwi z kolei identyfikację i klonowanie genu odpowiedzialnego za to zjawisko. Gen ten można także przenieść z jednego rodu kur do drugiego lub do innych gatunków drobiu, które go nie mają. Problem polega głównie na tym, by nim dysponować wówczas, gdy jest potrzebny.

Identyfikacja, lokalizacja i klonowanie przydatnych genów kandydujących powinno poprzedzać czynności związane z manipulowaniem genami, przy zastosowaniu nowych technologii rekombinacji DNA, stosowanych w produkcji transgenicznych kurcząt. Badania nad technikami pozyskiwania transgenicznych kur prowadzono z powodzeniem przed przystąpieniem do nowoczesnych sposobów mapowania genomu drobiu [54]. Mimo połączonych wysiłków kilku pracowni, w ciągu 15 lat wyprodukowano stosunkowo niewielką liczbę zarodków transgenicznych kurcząt. Jak na razie, wolne tempo postępu tych badań nie sprzyja wdrożeniu ich wyników do skutecznego wykorzystania w genetycznym doskonaleniu drobiu [22]. Niemniej jednak osiągnięto ogromny postęp w udoskonaleniu podstawowych technik, niezbędnych do hodowli *in vitro* kurzego zarodka [43], przechowywania i wykorzystania komórek blastodermalnych lub pierwotnych komórek zarodka oraz innych metodycznych i technicznych rozwiązań, niezbędnych dla przenoszenia obcych genów. Można sądzić, że długi okres od dokonania w 1982 r. pierwszego transferu u myszy do skutecznych tego typu zabiegów u kur będzie trwał krócej niż 40 lat, stanowiąc istotny postęp w produkcji jaj i mięsa drobiowego, w zwiększeniu odporności na choroby oraz w wykorzystaniu kur jako biogeneratorów do produkcji obcych, pożądanых białek w kurzym jaju. Pod koniec 2000 r. w Roslin (Szkocja), w tym samym instytucie, w którym w 1997 r. urodziła się sławna sklonowana owca Dolly, uzyskano kurę „Britney” o tak zmienionym genotypie, że w treści zniesionych przez nią 250 jaj znajdowały się białka o przeciwnowotworowym działaniu. Już obecnie takie firmy jak Aviagenics, CIMA, Gene Works, Origin Therapeutics, Ovobiosciences, Transinogen czy Vivalis są zainteresowane genetycznie zmodyfikowanymi kurami, które będą znosiły jaja o właściwościach farmaceutyków lub przydatnych do produkcji poliklonalnych przeciwciał.

Tempo postępu naukowego w badaniach molekularnych zależy, podobnie jak i w innych obszarach działalności naukowej, od zasobów badawczych i rozwojowych,

które w wypadku drobiu są bardzo ograniczone. Jeżeli jednak w wyniku rewolucji technologicznej biotechnologia stanie się jednym z podstawowych narzędzi wykorzystywanych do zaspokojenia potrzeb ludności świata na białko zwierzęce, wówczas biotechnologii drobiu trzeba będzie poświęcić wielokrotnie więcej uwagi i zasobów finansowych. Oczywiście, należy się tu liczyć z pewnymi negatywnymi opiniami społeczeństwa dotyczącymi stosowania w produkcji żywności GMO. Na tle obserwowanej ostatnio paniki prionowej można sądzić, że wykorzystanie genetycznie zmierzonych organizmów zapewni w przyszłości pozyskiwanie produktów żywnościowych, bezpiecznych dla zdrowia.

Chociaż jesteśmy jeszcze daleko od uzyskania doskonałej kury w wyniku zastosowania techniki komórkowej i biologii molekularnej, to — badając jej genom — powinno się znaleźć gen odpowiedzialny za odporność na chorobę Mareka, a inny — za zwiększenie wykorzystania fitazy.

W zależności od stopnia postępu w zakresie biotechnologii molekularnej będzie zależał zakres wdrożeń uzyskanych wyników. Jakkolwiek jest to przyszłościowy problem bytu wszystkich nauk biologicznych, które obecnie coraz bardziej muszą łączyć wiedzę z dziedziny biochemii, genetyki, mikrobiologii, fizjologii i najnowszych osiągnięć biologii molekularnej.

Cytogenetyka

Mimo złożoności kariotypu kury (78 chromosomów, z których większość stanowią małe mikrosomy) jest on dobrym cytogenetycznym modelem zwierząt kręgowych i dlatego jest wykorzystywany w badaniach nad zmianami w budowie chromosomów. W grupie wyższych kręgowców kury wyróżniają się kilkoma rodzajami, wykazującymi wyraźne skutki aneuploidalności, poliploidalności i dużych delecji chromosomowych, z których wiele występuje w mikrosomach.

Sprzężenia i lokalizację MHC na chromosomie, w pojedynczym obszarze jąderkotwórczym, określono w linii kur Trisomic [6], posiadającej dwie (normalne lub disomiczne), trzy (trisomiczne) lub cztery (tetrasomiczne) kopie chromosomu 16 (mikrosomu). Linia ta okazała się szczególnie przydatna w badaniach efektu dawki chromosomów na regulację ekspresji MHC [32]. Z kolei okazało się, że w linii kur mPNU następuje segregacja dużej delecji w obszarze jąderkotwórczym chromosomu 16, co prowadzi do zmniejszenia genów rRNA [18]. W tej linii, po raz pierwszy u kręgowców, określono próg rozwojowy, tj. granice letalności dla liczby kopii genów rRNA. Linia Trisomic i mPNU odegrały istotną rolę w zlokalizowaniu na tym chromosomie nowego locus Rfp-Y [46].

Linia kur CSIRO Triploid (Australia) stanowi ważny poliploidalny model wyższych kręgowców, dostarczając informacji o zaburzeniach w mejozie i genetycznych podstawach ich dziedziczenia, determinacji płci, zróżnicowaniu gruczołów płciowych, zmianie płci i wpływie poliploidalności na wzrost i rozwój ptaka [57].

Genomika

Badania z dziedziny genomiki drobiu, zajmującej się badaniami kompletnych genomów i chromosomów, są bardzo zaawansowane, przy czym genomicy przenieśli swoje zainteresowania z ogólnej organizacji genomu na identyfikację i lokalizację funkcjonalnych genów. Opracowanie mapy genomu wymaga:

- rozszerzenia i korekty mapy sprzężeń genetycznych drobiu, w tym kur;
- wykorzystania takich pożytecznych markerów, jak mikrosatelity do korygowania cytogenetycznych map ptaków;
- wznowienia wysiłków na rzecz stworzenia zintegrowanych map fizycznych, opartych na klonowaniu rekombinantów DNA.

Badania genów kandydujących uwzględniają wiele genów, w tym geny kodujące MHC, geny odpowiedzialne za reakcję odpornościową, geny rybosomalne RNA i inne geny kodujące hormony, geny związane z budową mięśni. Prowadzone są także badania nad identyfikacją i mapowaniem anonimowych genów warunkujących odporność na choroby, wzrost, reprodukcję i ogólną zdrowotność drobiu.

Jednym z dalekosiężnych celów genomiki drobiu jest poznanie mechanizmu działania genów znanych jako locus cech ilościowych (QTL) lub locus cech ważnych z ekonomicznego punktu widzenia (ETL). W niektórych wypadkach poznano już produkt białkowy tych genów, a w innych — badacze próbują zidentyfikować i dokładniej opisać nieznanne locusy genów anonimowych ETL.

Żywnienie

Jak wynika z przeglądu aktualnie realizowanych badań z dziedziny żywienia drobiu należy:

1. Nasilić podstawowe badania z zakresu biochemii żywienia i fizjologii [62], tak by w przyszłości technologię żywienia można było w większym stopniu oprzeć na wynikach badań podstawowych niż stosowanych.
2. Nasilić prace badawcze nad znalezieniem alternatywnych i tańszych składników mieszanek paszowych dla drobiu; wiele z tych badań powinno być realizowane lokalnie, w krajach rozwijających się, gdzie jest na nie największe zapotrzebowanie; badania te powinny przyczynić się do rozwoju metod pozyskiwania transgenicznych roślin, o wyższej wartości odżywczej dla drobiu, np. roślin o większej zawartości aminokwasów siarkowych, determinowanych genem przeniesionym ze słonecznika do łubinu; zgodnie z aktualnymi trendami należy prowadzić dalsze badania nad naturalnymi surowcami paszowymi stosowanymi w miejsce syntetycznych aminokwasów, antybiotyków, barwników czy witamin i innych substancji chemicznych oraz mączek pochodzenia zwierzęcego.
3. Istnieje konieczność realizowania badań nad określeniem szczególnego zapotrzebowania pokarmowego przez osobniki pochodzące ze specyficznych rodów drobiu, co praktycznie było pomijane w ostatnich 50 latach.

4. Należy rozwijać badania nad żywieniowymi metodami modyfikowania składu jaj i mięsa drobiowego, zmierzające do pozyskania tzw. nutraceutyków.

W związku z tym, że oczekiwane tempo doskonalenia genotypów drobiu w następnym półwieczu będzie nieco wolniejsze, można się spodziewać osłabienia tempa postępu produkcyjnego. Aby zapobiec temu zjawisku, należy nasilić badania nad transgenezą drobiu tak, by przy jej pomocy uzyskać rasy mające obce geny, determinujące lepsze wykorzystanie paszy, np. gen odpowiedzialny za trawienie włókna lub za syntezę aminokwasów siarkowych. W tym przypadku widzi się konieczność realizowania interdyscyplinarnych badań, łączących wysiłki specjalistów z zakresu genetyki, biotechnologii, żywienia oraz środowiska. Należy się spodziewać pozytywnych rezultatów tych badań w pierwszej połowie XXI wieku.

Poprawa zdrowotności

Na podstawie zakończonych badań można sądzić, że w przemyśle farmaceutycznym, tak obecnie jak i w przyszłości, będą wykorzystywane metody biotechnologii molekularnej do produkcji diagnostycznych zestawów i szczepionek. Zapobieganie i zwalczanie chorób drobiu będzie się bardziej rozwijało na podstawie osiągnięć biologii. Mimo że już minęło prawie 50 lat od wykrycia systemu grupowego krwi B i prawie 40 od czasu ustalenia jej częściowej zależności od głównego kompleksu zgodności tkankowej (MHC — major histocompatibility complex) i systemu immunologicznego, to nasilać się będzie stopień wykorzystywania mechanizmów działania MHC oraz innych składników systemu odpornościowego do wykrywania genów odpowiedzialnych za odporność lub wrażliwość na choroby. Wyjaśnienie podłoża genetycznego i immunologicznego tych obydwu systemów pochłonęło już wiele czasu.

Wady genetyczne drobiu od dawna są wykorzystywane jako modele do badań chorób u ludzi. Szczególnym zainteresowaniem biomedyków cieszą się mutacje wywołujące u kur stany chorobowe, przypominające takie zaburzenia genetyczne u ludzi, jak autosomalną recesywną formę dystrofii mięśni [34], skoliozę, twardzinę skóry [1], autoimmunizacyjne formy bielactwa nabytego [2], zapalenie tarczycy, poligeniczną skoliozę ptaków, poligeniczną wadę mięśni u kurcząt brojlerów. Inne znane u ptaków mutacje, podobne do zaburzeń występujących u ludzi, to autosomalna karłowatość sprzężona z płcią, rogowacenie blaszek, nadliczbowość lub niedobór palców, mocznica dnawa, genetycznie uwarunkowana otyłość, kilka rodzajów mikromegalii, jaskra, nieautoimmunizacyjna forma bielactwa nabytego [7], szereg zaburzeń neurologicznych [14] oraz wiele innych wpływających na rozwój twarzy, kończyn, powłok ciała i organów wewnętrznych.

W Uniwersytecie British Columbia przepiórki służą jako model w badaniach nad miażdżycą tętnic i starczym zwyrodnieniem plamki żółtej, która jest najczęstszą przyczyną ślepoty u ludzi powyżej 65 roku życia.

Biomedycy zaczynają zdawać sobie coraz bardziej sprawę z wartości zasobów genetycznych tkwiących w starych, rodzimych lub amatorskich rasach. Zwykle poszukują ras o określonym standardzie fenotypowym lub wzorcu upierzenia, które mogą być wykorzystane w badaniu problemów biologicznych lub związanych z zaburzeniami zdrowia u ludzi, np. formami bielactwa nabytego u kur o jastrzębiowatym upierzeniu.

Znaczny postęp osiągany w technikach biologii molekularnej [28] wskazuje na duże możliwości wdrożenia w następnych 20 lub 30 latach uzyskanych wyników tych badań do hodowli i produkcji drobiu, a szczególnie do prac zmierzających do tworzenia rodów odpornych na określone choroby.

Należy dodać, że przedstawiony wyżej istotny postęp dotyczy także innych aspektów systemu immunologicznego kur [8]. Naturalna różnorodność MHC była przedmiotem wielu badań prowadzonych w aspekcie odporności na choroby. Poszczególne haplotypy MHC wprowadzono kolejno do wysoko zinbredowanych populacji, by kontrolować i eliminować skomplikowane reakcje odpornościowe, wynikające z drobnych różnic genetycznych. Poznano dzięki temu lepiej złożoność układu odpornościowego kręgowców oraz uzyskano informacje wykorzystywane w metodach doskonalenia odporności selekcyonowanych populacji drobiu. Wyjaśniono także przyczyny różnic w skuteczności niektórych szczepionek stosowanych w rodach kur, o różnych haplotypach.

Badania nad odpornością komórkową i funkcją makrofagów wykazały, że różnice genetyczne między selekcyonowanymi rodami ptaków mogą wpływać na zdolność osobniczą do hamowania lub stymulowania rozwoju mięsaka Rousa [47].

Branża drobiarska coraz bardziej interesuje się zależnością między haplotypem MHC a immunokompetencją, determinującą występowanie ujemnej korelacji między cechami związanymi z funkcją MHC, tj. wykorzystaniem paszy i tempem wzrostu a słabszą reakcją przeciwciał na działanie specyficznych antygenów i osłabioną odpornością komórkową [26].

W miarę poszerzania wiedzy o genetycznych mechanizmach warunkujących odporność i wrażliwość na choroby drobiu badacze będą mogli zawęzić badania do określonych genów, z których kilka już poznano.

Dalsze kontynuowanie podstawowych badań nad systemem odporności ptaków zapewni wdrożenie wyników do szerokiej praktyki w najbliższej przyszłości.

Drób jest coraz częściej wykorzystywany w badaniach o podstawowym charakterze ze względu na:

- łatwą dostępność i stosunkowo niskie koszty utrzymania drobiu jako zwierząt doświadczalnych;
- wysoki udział zarodków ptasich — inkubowany *in vitro* zarodek jest szczególnie przydatny w badaniach nad rozwojem zarodkowym;
- doskonały model dla wyższych kręgowców;

- łatwość przeprowadzania zabiegów chirurgicznych (rzadsze zakażenia ze względu na wyższą temperaturę ciała);
- ponad 100-letnie doświadczenie w wykorzystaniu drobiu jako zwierząt doświadczalnych;
- mniejsza wrażliwość ptaków na niekorzystne warunki środowiskowe.

Badania nad różnymi populacjami drobiu doprowadziły do wielu ważnych odkryć w dziedzinie genetyki, wirusologii, immunologii, biologii rozwojowej i produkcji zwierzęcej. Do nich można zaliczyć pionierskie badania [5] nad genetyką mendelowską i determinacją płci. Kura była pierwszym gatunkiem zwierząt, dla którego opracowano mapę sprzężeń [33], natomiast indyk był pierwszym modelem wśród zwierząt kręgowych wykorzystanym w badaniach nad dziedziczeniem. Dzięki różnym mutacjom metabolicznym i rozwojowym kury i przepiórki posłużyły do badań molekularnych nad przyczynami tych wad i określeniem normalnych funkcji zmutowanych genów. Wirusolog Rous [49] wykorzystał kury jako gospodarza do identyfikacji pierwszego poznanego wirusa nowotworu, znanego jako wirus mięsaka Rousa. Późniejsze badania wyjaśniły mechanizm dziedziczenia odporności na wirusy RNA [15], a wirus opryszczki, przypominający chorobę Mareka, stwierdzony u indyków, wykorzystano w pierwszym skutecznym programie szczepień przeciw nowotworowemu wirusowi kur [44]. W ostatniej dekadzie XX wieku [9], posługując się markerami DNA (FFLP), opisali jedną z pierwszych i najlepiej opracowanych dla zwierząt gospodarskich molekularnych map genetycznych kury. Obok biblioteki genowej człowieka, za najlepiej opracowaną dla kręgowców uważa się mapę genową kury [19]. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku badano strukturę, organizację i ekspresję genów, m.in. genów owoalbuminy, globuliny [19], histonu [21], insuliny [46] i lizozymu [58].

Embriologia i reprodukcja

Zarodki ptasie są tradycyjnie wykorzystywane jako model w badaniach nad rozwojem zwierząt kręgowych [48]. Począwszy od Arystotelesa (384–332 p.n.e.), który w swej „Historii Animalium” pierwszy opisał zarodek kurzy, badacze i historycy nauk przyrodniczych traktują drób jako dostępne i pewne źródło zarodków, które można łatwo obserwować i nimi manipulować poza organizmem matki. Niskie koszty pozyskania zarodka, łatwa obserwacja procesu tworzenia się narządów i możliwość stosowania zabiegów mikrochirurgicznych uczyniły z zarodka ptaka najlepiej opisany model zarodka kręgowców zarówno w ujęciu tradycyjnym, jak i molekularnym [39]. Zarodki ptasie są również interesujące ze względu na pokaźny katalog występujących mutacji [14]. Zarodki kury i przepiórki japońskiej są bardzo dobrze przystosowane do międzygatunkowych przeszczepów tkanek ze względu na wyraźne różnice w wyglądzie jąder komórkowych. Wykorzystywane są również w badaniach teratologicznych, obejmujących reakcje zarodków na czynniki chemiczne, żywieniowe, hormo-

nalne i środowiskowe, służących do opracowania metod identyfikacji pozagenetycznych przyczyn wad rozwojowych [36] oraz zaburzeń mechanizmów biochemicznych. Są również cennym materiałem w badaniach nad proliferacją komórek nowotworowych lub zaprogramowanym programem obumierania komórek w stadiach rozwoju zarodkowego.

W przeciwieństwie do różnego rodzaju badań stosowanych nad drobiem, prace naukowe z zakresu fizjologii reprodukcji i endokrynologii ptaków, prowadzone w ostatnich 30 latach, nie obfitowały w dużą liczbę wdrożeń do wielkotowarowej produkcji drobiarskiej. Dopiero ostatnie lata przyniosły więcej wyników badań z zakresu neurologii, endokrynologii oraz oddziaływania czynników środowiskowych na wzrost ptaków, wiek osiągnięcia dojrzałości płciowej oraz zdolności reprodukcyjnej dorosłych samców i samic różnych gatunków drobiu [50]. Poszerzenie wiedzy o kluczowych zagadnieniach determinujących mechanizmy nieśności mogłoby ułatwić selekcjonerom osiągnięcie pożądaných wyników hodowlanych i produkcyjnych.

Problemem ciągle oczekującym na rozwiązanie jest słaba rozrodczość drobiu mięsnego, wyrażająca się stosunkowo niską nieśnością. Prowadzone w ostatnich latach badania, koncentrujące się głównie nad poprawą tego wskaźnika poprzez stosowanie odpowiednich metod żywienia i poprawę jakości paszy lub stosowanie efektywnych programów świetlnych, nie przyniosły oczekiwanych rezultatów. Mimo stosunkowo dużego postępu hodowlanego w wypadku przyrostów masy ciała i poprawy wydajności rzeźnej drobiu, nieśność kur mięsnych w stadach rodzicielskich jest nadal prawie o połowę niższa niż w wypadku kur typu nieśnego [42]. Pogłębienie badań nad systemami neurohormonalnymi drobiu powinno przyczynić się do poprawy tej cechy. Dotychczasowe tempo uzyskiwania i wdrażania wyników badań naukowych do praktyki wskazuje, że zasadniczy postęp w rozrodzie drobiu nastąpi dopiero za ok. 20 lat. Oczywiście pod warunkiem, że komercyjna hodowla drobiu zaakceptuje i sfinansuje wdrożenie wyników badań naukowych do praktyki.

Na wykorzystanie w praktyce oczekują również wyniki badań nad genetyczną determinacją płci, możliwością regulowania stosunku płci męskiej do żeńskiej lęzonych piskląt, tak by w stadach towarowych kurcząt brojlerów uzyskiwać więcej kogutków, a w liniach żeńskich — kurek. Te nowe możliwości ujawniły się wraz z wykryciem u człowieka [55] i myszy [31] na chromosomie Y genu SRY, determinującego wykształcanie się jąder. Podjęto równocześnie badania nad kompleksową funkcjonalnością genu SRY i interakcją tego genu z innymi genami na determinację płci [10]. Nie należy się dziwić, że genów SRY nie zidentyfikowano u ptaków, u których samce mają chromosomy płci ZZ, a samice ZW, tj. odwrotnie niż u ssaków, gdzie samce są heterozygotami XY, a samice homozygotami XX. Niektóre z genów występujące u ssaków sklonowano i zbadano również u drobiu, jak np. gen SOX9 (Kent i in., 1996), gen hormonu anty-Mullerian [11] czy gen aromatazy [45]. Thorne i Sheldon [57], w serii badań przeprowadzonych nad triploidalnymi i interseksualnymi kurczętami (3A.ZZW), wykazali prymat chromosomu „W” w determinowaniu płci żeńskiej i

stwierdzili równocześnie, że jego wpływ może być we wczesnym okresie inkubacji hamowany lub częściowo odwrócony, na skutek obecności więcej niż jednego chromosomu „Z”, jak w wypadku osobnika o genotypie 3A.ZZW lub chimery o genotypie 2AZW/3AZZZ. Sinclair i in. [56] opisali nieznaną dotychczas ekspresję genów w narządach rodnych kurzych zarodków, umożliwiającą identyfikację genu ASW na chromosomie W. Działanie tego genu ujawnia się tylko w narządach rodnych kurek i jest sprzężone z chromosomem W u 17 gatunków ptaków z rodziny *Aves*, jednakże nie występuje u bezgrzebieniowców (emu i strus), które nie mają chromosomów Z i W. Stwierdzono także, że hybrydyzacja cDNA genu ASW płci męskiej i żeńskiej ptaków, metodą Southerna, ujawniła podobny gen na chromosomie Z lub na autosomie. Unieumożliwia to wyróżnienie na chromosomie W lub Z modelu dominującego genu, determinującego płęć żeńską. Wskazuje jednak na możliwość wpływania na ilościowy stosunek płci metodami transgenicznymi, chromosomowymi czy też biochemicznymi.

Tak w zakresie reprodukcji drobiu, jak i w innych dziedzinach nadal będą dokonywane dalsze odkrycia naukowe oraz wdrożenia do praktyki, z tym że coraz więcej z nich będzie miało charakter intradyscyplinarny. Nowoczesna cytogenetyka drobiu miała swe największe osiągnięcia w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX wieku, mimo że stosunkowo niewielka liczba pracowni badawczych zajmowała się badaniem kariotypu drobiu. Chociaż znaczenie roślin tetraploidalnych ($4n$) i heksaploidalnych ($6n$) jest powszechnie znane w ewolucji oraz pracach doświadczalnych, to w świecie zwierząt kręgowych (z wyjątkiem ryb) osobniki takie występują niezmiernie rzadko. Shoffner i in. (za Sheldon [52]), stosując na początku lat osiemdziesiątych w badaniu podziału mejotycznego u drobiu metody chemiczne wykorzystywane u roślin, osiągnęli sukces, produkując diploidalne ($2n$) nasienie koguta. W przeprowadzonych tą samą techniką badaniach pilotowych nie udało się jednak uzyskać diploidalnej komórki jajowej. W wielu rodach kur typu nieśnego pojawiały się z małą częstotliwością ($<1\%$) triploidalne, interseksualne kurczęta o genotypie 3A.ZZW. Thorne i Sheldon [57] wyselekcjonowali linię triploidalnych niosek, produkującą 15–20% diploidalnych komórek jajowych, co w konsekwencji pozwoliło uzyskać 15–20% triploidalnych zarodków i 8 do 14% żywo wylęzonych piskląt. Przy okazji uzyskiwano również żywe, płodne chimery o genotypie 1A.Z/2A.Zw, 1A.Z/2A.ZZ. Ptaki tej linii nie wykazywały się zdolnością produkowania diploidalnego nasienia, to znaczy, że gen lub geny odpowiedzialne za nieprawidłowe rozdzielenie się chromosomów w stadium mejozy wpływają tylko na płęć żeńską. Obecnie uzyskuje się tetraploidalne kurczęta, unasienniając diploidalnym nasieniem — kury z triploidalnej linii, o ile takowa zachowała się przy życiu. Tak jak w wypadku większości kierunków badawczych, trudno jest przewidzieć możliwość wykorzystania tych wyników naukowych w praktyce. W wypadku drobiu badania nad tymi wszystkimi ploidami mają większą szansę powodzenia niż u ssaków, gdzie takie zjawiska mają z reguły charakter letalny i są przyczyną zamarcia zarodka.

Przyzagrodowa, ekstensywna produkcja drobiarska

Problem rozwoju badań nad zwiększeniem efektywności drobnotowarowej produkcji drobiarskiej dotyczy głównie krajów grupy 1 i 2, zamieszkałej przez 30% światowej populacji ludzkiej. W Chinach i Indiach, jak i w pozostałych 100 krajach, spożycie jaj i mięsa drobiowego jest o wiele niższe niż w krajach zaliczonych przez Sheldona [52] do pierwszych dwóch grup. Oznacza to, że produkty o wysokich kosztach wytworzenia nowoczesnymi technologiami wymagają bardzo długiego czasu, zanim zostaną powszechnie zaakceptowane przez większość mieszkańców krajów grupy 3 i 4. Wskazuje to, jak duże znaczenie w krajach słabszych ekonomicznie ma wielkość produktu krajowego na 1 mieszkańca i dochody ludności na rozwój branży drobiarskiej. Można zatem sądzić, że w połowie rozpoczynającego się wieku nie mniej niż 25% ludności świata nie będzie zdolna uczestniczyć w zysku, wytworzonego przez nowoczesną, intensywną produkcję drobiarską.

Jedynym sposobem umożliwiającym rozwiązanie tego problemu jest rozwinięcie na szeroką skalę bardziej efektywnej produkcji drobiarskiej, opartej na tradycyjnych, drobnotowarowych metodach wytwarzania jaj i mięsa. Potrzeby prowadzenia badań naukowych, działalności służby doradczej i edukacji w tej dziedzinie są porównywalne ze wsparciem, jakie mają dotychczas prace badawcze i rozwojowe, ukierunkowane na rozwój zaawansowanych technologii drobiarskich.

Obecnie można wyróżnić następujące priorytety:

- skuteczne zwalczanie chorób w małych stadkach drobiu, głównie poprzez stosowanie efektywnych, termostabilnych i tanich szczepionek;
- stosowanie wielu kryteriów w wyborze genotypów drobiu, najbardziej przydatnych do utrzymania w specyficznych warunkach środowiskowych; wybór ten powinien obejmować tak dzikie rasy drobiu, jak i mieszańce różnych typów, nie wykluczając jako komponentów do krzyżowania udoskonalonych genetycznie rodów, użytkowanych w nowoczesnych technologiach wielkotowarowej produkcji;
- stosowanie tanich dodatków paszowych, wyprodukowanych z lokalnych surowców, a niewykorzystywanych w żywieniu człowieka;
- doskonalenie czynników socjalno-ekonomicznych wsi, promujących skuteczny rozwój drobnotowarowej produkcji, które są równoważne trzem ww. priorytetom;
- prowadzenie działań na wszystkich poziomach; należy nimi objąć edukację i ćwiczenia praktyczne, doradztwo rolnicze, pełne zaangażowanie kobiet, dostęp do tanich kredytów i przyjaznego rynku łącznie z tworzeniem spółek i zespołów producentów.

Mimo postępującej szybko rewolucji naukowej i technicznej nie powinno dziwić, że wyjście naprzeciw szczególnym potrzebom ekstensywnej, drobnotowarowej produkcji drobiu, której problemy dotyczą prawie połowy ludności świata, jest wyzwaniem dla światowej nauki drobiarskiej w pierwszej połowie XXI wieku. Nie oznacza to wcale, że wielu naukowców nie zaspokaja tych potrzeb. Już obecnie widoczne są pewne oznaki nasilenia badań i wdrożeń wyników naukowych.

Z powyższej analizy wynika, że polskie nauki drobiarskie mogą realizować priorytetowe kierunki badawcze na światowym poziomie. Liczna i dobrze przygotowana kadra pracowników naukowych, skupiona w 9 akademickich placówkach, 4 JBR-ach i 2 instytutach PAN, dysponująca nowoczesnym zapleczem badawczym, powinna odpowiadać na wyzwania konsumentów, żądających nie tylko dużych ilości tanich produktów drobiarskich, ale przede wszystkim o wysokiej jakości dietetycznej i kulinarnej.

Podsumowanie

Wzrost zapotrzebowania na świecie na produkty drobiarskie stawia przed nauką nowe cele i wyzwania. Zwiększony popyt na przemysłowe mieszanki paszowe, produkowane bez udziału antybiotykowych i hormonalnych stymulatorów wzrostu oraz białka zwierzęcego, spowoduje wzrost zapotrzebowania na zboża i nasiona roślin oleistych oraz na produkty żywnościowe drobiarskiego pochodzenia. Tak jak w minionych 50 latach, poprawa efektywności produkcji drobiarskiej będzie polegała na kontynuowaniu w szerszym zakresie rewolucyjnych przemian w technologiach produkcji, które powinny objąć 50% ludności świata, a nie jak dotychczas 20–25%. Przewiduje się skuteczniejsze wdrażanie do praktyki postępu naukowego z zakresu genetyki, biotechnologii molekularnej, żywienia, ochrony zdrowia, rozrodu i metod chowu drobiu. Zwiększyć się powinna efektywność ekstensywnej produkcji drobiarskiej, prowadzonej na małą skalę, szczególnie w rejonach zamieszkiwanych przez 25% ludności świata, która w minionym półwieczu nie była w stanie, zgodnie ze swymi potrzebami, zaopatrzyć się w jaja i mięso drobiowe, pozyskiwane nowoczesnymi technologiami.

W celu wykorzystania potencjału dziedzicznego różnych gatunków i kierunków użytkowania drobiu nasilą się badania z jednej strony nad metodami jego genetycznego doskonalenia, z drugiej — nad zachowaniem bioróżnorodności genetycznych rodzimych zasobów. W coraz większym stopniu drób będzie wykorzystywany jako modelowe zwierzęta do badania zaburzeń genetycznych, fizjologicznych i zdrowotnych u ludzi oraz jako biogeneratory do produkcji specyficznych białek, enzymów itp. Stawiane naukom drobiarskim cele i wyzwania będą mogły być zrealizowane, o ile wielko- i drobnotowarowa produkcja drobiarska zacznie skutecznie wdrażać postęp naukowy i część osiągniętych zysków przeznaczać na badania.

Literatura

- [1] Abplanalp H., Gershwin M.E., Johnston E., Reid J. 1990. Genetic control of ovarian scleroderma. *Immunogenetics* 31: 291–295.
- [2] Austin L.M., Boissy R.E. 1995. Mammalian tyrosinase-related protein-1 is recognised by autoantibodies from vitiliginous Smyth chickens — an ovarian model for human vitiligo. *Am. J. Pathol.* 146: 1529–1541.
- [3] Barej W. 2000. Nauki rolnicze w Polsce w ostatnim dziesięcioleciu. *Nauka* 3: 33–43.

- [4] Barinaga M. 1998. Clock receptor shared by plants and animals. *Science* (Washington DC) 282: 1628–1630.
- [5] Bateson W., Punnett R.G. 1906. Experimental studies in the physiology heredity. *Poultry Repts. Evol. Comn. Royal Sco.* 3: 11–30.
- [6] Bloom S.E., Bacon L.D. 1985. Linkage of the major histocompatibility (B) complex and the nucleolar organizer. Assignment to a microsome. *J. Hered.* 76: 146–154.
- [7] Bowers R.R., Luljan J., Biboso A., Kridel S., Varkey C. 1994. Premature avian melanocyte death due to low antioxidant levels of protection: Fowl model for vitiligo. *Pigment Cell Res.* 7: 409–418.
- [8] Boyd R., Siatskas C. 1997. Improvement of chicken disease resistance by haemopoietic cytokines. W: „Perspectives of Avian Endocrinology”, Harvey S., Etches R.J. wyd. J. Endocrinol. Ltd., Bristol, UK: 463–474.
- [9] Bumstead N., Palyga J. 1992. A preliminary linkage map of the chicken genome. *Genomics* 13: 690–697.
- [10] Capel B. 1998. Sex in 90s: SRY and the switch to the male pathway. *Ann. Rev. Physiol.* 60: 497–523.
- [11] Carre-Eusebe D.E., Oreal E., di Clemente N., Rey R., Josso N., Picard J.Y. 1997. The chick anti-Mullerian hormone gene. W: „Perspectives of Avian Endocrinology”, Harvey S., Etches R.J. wyd. J. Endocrinol. Ltd., Bristol, UK: 15–26.
- [12] Cavanagh D.M., Mawditt K., Britton P., Naylor C.J. 1998. Future trends in the diagnosis of poultry disease. Proc. 10th European Poultry Conf., WPSA, Jerusalem, Israel 1: 23–27.
- [13] Choct M. 1999. Effects of commercial enzymes on wet droppings in four strains of layers fed barley-based diet. Proc. Aust. Poult. Symp. Univ. Sydney, Sydney, Australia 11: 89–92.
- [14] Crawford R.D. 1990. Poultry genetic resources, evolution, diversity, and conservation. *Poultry Breeding & Genetic.* Elsevier. NY: 43–60.
- [15] Crittenden L.R., Provenchar L., Santangelo L., Levin I., Aplanalp H., Briles R.W., Briles W.E., Dogson J.B. 1993. Characterization of a Red Jungle Fowl by White Leghorn backcross reference population for molecular mapping of the chicken genome. *Poult. Si.* 72: 334–348.
- [16] Cywa-Benko K. 2000. Native breeds of layers suitable for organic farming. *World Poultry* 16(10): 38–39.
- [17] Daval S., Lagarrigue S., Caffin C.P., Leclerq B., Douarie M. 1998. Lipogenesis gene expression in divergently selected lean and fat chickens. Proc. 10th Europ. Poult. Conf., WPSA, Jerusalem, Israel 1: 197–202.
- [18] Delany M.E., Taylor Jr. R.L., Bloom S.E. 1995. Teratogenic development in chicken embryos associated with a major deletion in the rRNA gene cluster. *Dev. Growth. Difer.* 37: 403–412.
- [19] Dogson J.B., Strommer J., Engel J.D. 1979. The isolation of the chicken B-like globin gene and a linked embryonic B-like globin gene from a chicken DNA recombinant library. *Cell* 17: 879–887.
- [20] Dunlap J.C. 1998. Molecular bases for circadian clocks. *Cell* 96: 271–290.
- [21] Engel J.D., Dogson J.B. 1981. Histone genes are clustered but not tandemly repeated in the chicken genome. *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)* 78: 2856–2860.

- [22] Etches R.J. 1998. Transgenic chickens. Proc. 10th Europ. Poult. Conf., WPSA, Jerusalem, Israel 1: 3–6.
- [23] Etches R.J. 2000. From chicken coops to genome maps; generating phenotype from molecular blueprint. Proc. XXI World's Poult. Congr. Montreal, Canada, 20–24.08.2000.
- [24] Feldman J.F., Hoyle M. 1973. Isolation of circadian clock mutants of *Neurospora crassa*. *Genetics* 75: 605–613.
- [25] Fisher C., Gous R.M. 1998. Evaluating broiler growth model. Proc. Aust. Poult. Sc. Symp., Univ. Sidney, Sidney, Australia 10: 1–11.
- [26] Gavora J.S. 1990. Disease genetics. Poultry Breeding & Genetics. Elsevier. NY: 805–846.
- [27] Gavora J.S. 1992. Application of molecular biology in disease prevention. Proc. XIX World's Poultry Congr., WPSA, Amsterdam, The Netherlands 1: 484–490.
- [28] Gavora J.S. 1998. Progress and prospects in resistance to disease. Proc. 6th World Congr. Genetic Applied Livest. Prod. Armidale, NSW, Australia 24: 253–258.
- [29] Gous R.M., Swatson H. 1998. Mixture experiments: A severe test of ability of a broiler chicken to make the right choice. Proc. 10th Europ. Poult. Conf., WPSA, Jerusalem, Israel 1: 403–406.
- [30] Groenen M.A.M., Herbergs J., Veenendaal A., Crooijmans R.P.M.A., Dijkhof R.J.M., Van der Poel J.J. 1998. An integrated AFLP microsatellite linkage map of the chicken. Proc. XXVI Int. Conf. Anim. Genet. Int. Soc. Anim. Genet., Auckland, New Zealand: 70–71.
- [31] Gubbay J., Collignon J., Koopman P., Capel B., Economou A., Munsterberg A., Vivian N., Goodfellow P., Lovell-Badge 1990. A gene mapping to the sex-determining region of the mouse Y chromosome is a member of a novel family of embryonically expressed genes. *Nature* (Lond.) 346: 245–250.
- [32] Hemendinger R.A., Miller M.M., Bloom S.E. 1995. Selective expression of major histocompatibility complex (MHC) antigens and modulation of T-cell differentiation in chickens with increased MHC-chromosome dosages. *Vet. Immunol. Pathol.* 46: 303–316.
- [33] Hutt F.B. 1936. Genetic of the fowl. VI. A tentative chromosome map. *Neue Forschungen Tierzucht und Abstammungslehre*: 105–112.
- [34] Iannaccone S., Quattrini A., Smirne S., Sessa M., de Rimo F., Ferini-Strambi L., Nemni R. 1995. Connective tissue proliferation and growth factors in animal models of Duchenne muscular dystrophy. *J. Neurol. Sci.* 128: 36–44.
- [35] Książkiewicz J. 1984. Charakterystyka cech mięsnych kaczek z grup zachowawczych. *Rocz. Nauk. Zoot.* 11(2): 49–62.
- [36] Landauer W. 1973. The hatchability of chicken eggs as influenced by environment and heredity. Storrs Agr. Exp. Sta. Monogr. Supl.
- [37] Leclercq B. 1999. Nutritional requirements of genetically selected lean chickens. Proc. Aust. Poult. Sci. Symp. Univ. Sidney, Sidney, Australia 11: 1–7.
- [38] Lewis P.S., Morris T.R. 1998. A comparison of the effect of age at photostimulation on sexual maturity and egg production in domestic fowl, turkeys, partridges and quail. *World's Poultry Sci. J.* 54: 119–128.
- [39] MacCabe J.A., Neveroske J.K. 1997. The control of cell death in the early chick embryo wing. *Poultry Sci.* 76: 105–110.
- [40] Mazanowski A. 1986. Rezerwa genetyczna gęsi w Polsce. Mat. konf. „Hodowla, chów i patologia gęsi”, Kraków: 15–29.

- [41] Miller M.M., Goto R.M., Taylor Jr.R.L., Zoorob R., Auffray C., Briles R.W., Brilles W.E., Bloom S.E. 1996. Assignment of Rpf-Y to the chicken major histocompatibility complex/NOR macrosome and evidence for high-frequency recombination associated with the nucleolar organizer region. *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)* 93: 3958–3962.
- [42] Morley P., Mealing G.A.R., Whitefield J.F. 1997. Ion channel activities underlying avian granulosa cell excitability and secretion. W: „Perspectives in Avian Endocrinology”, Harvey S., Etches R.J., J. Endocrinol. Ltd., Bristol, UK: 201–211.
- [43] Naito M. 1996. Genetic improvement of chicken by direct gene transfer. Proc. XX World’s Poultry Congr., WPSA, New Delhi, India 1: 341–353.
- [44] Okazaki W., Purchase H.G., Burmester B.R. 1970. Protection against Marek’s disease by vaccination with a herpes virus of turkeys. *Avian Dis.* 14: 413–429.
- [45] Ono H., Iwasaki M., Sakamoto N., Mizuno S. 1998. cDNA cloning and sequence analysis of a chicken gene expressed during the gonadal development and homologous to mammalian cytochrome P.-450c17. *Gene* 66: 77–85.
- [46] Perler F., Efstratiadis A., Lomedico P., Gilbert W., Kolonder R., Dogson J.B. 1980. The evolution of genes: The chicken preproinsulin gene. *Cell* 20: 555–556.
- [47] Quereshi M.A., Taylor Jr. R.L. 1993. Analysis of macrophage function in *Rous sarcoma* induced tumor regressor and proregressor 6.B congenic chickens. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 37: 285–294.
- [48] Romanoff A.L. 1960. The avian embryo. McMillan Co., NY.
- [49] Rous P. 1911. A sarcoma of the fowl transmissible by an agent separable from the tumor cells. *J. Exp. Med.* 13: 397–411.
- [50] Sechman A., Rzaša J., Paczowska-Eliasiewicz H. 2000. Thyroid hormones (T₃, T₄, T₃) concentration in chicken ovarian follicles during sexual maturation and egg-lay. Proc. XXI World’s Poultry Congr., WPSA, Montreal, Canada.
- [51] Sheldon B.L. 1998. Poultry and poultry products as resources for human health and food in the 21st century. Proc. 6th Asian Pacific Poultry Congr., WPSA, Nagoya, Japan.: 1–8.
- [52] Sheldon B.L. 2000. Research and development in 2000: directions and priorities for the World’s Poultry. Sci. Community. *Poultry Sc.* 79: 147–158.
- [53] Sheldon B.L., Yoo B.H. 1993. Egg Genetics: Future Prospects. Proc. 10th Int. Symp. Current Problems of Avian Genetics. Nitra, Slovakia: 49–54.
- [54] Shuman R., Shoffner R.N. 1982. Potential genetic modifications in the chickens, *Gallus domesticus*. Proc. 2nd World Congr. on Genet. Applied to Livest. Prod., Madrid, Spain. VI: 157–163.
- [55] Sinclair A.H., Berta P., Palmer M.S., Hawkins J.R., Griffiths B.L., Smith M.J., Foster J.W., Frischauf A.M., Lovell-Badge R., Goodfellow P.P. 1990. A gene from human sex-determining region encoding a protein with homology to conserved DNA-binding motif. *Nature (Lond.)* 346: 240–244.
- [56] Sinclair A.H., O’Neil M.J., Binder M.D. 1997. Genes with sex-specific expression isolated by differential display and representational difference analysis. Proc. 9th Aust. Poultry Sci. Symp. Univ., Sydney, Sydney, Australia: 8–14.
- [57] Thorne M.H., Sheldon B.L. 1993. Triploid intersex and chimeric in chickens: Useful models for studies of ovarian sex determination. W: „Sex Chromosomes and Sex-Determining Genes”. Reed K.C., Marshall Graves J.A. Wyd. Harwood Academic, Thodbo, NSW, Australia.

- [58] Steiner C., Muller M., Baniahmad A., Renkowitz R. 1987. Lysozyme gene activity in chicken macrophages is controlled by positive and negative regulatory elements. *Ncl. Acid Res.* 15: 4163–4178.
- [59] Węzyk S., Cywa-Benko K., Bednarczyk M., Siwek M., Krawczyk J. 1999. Biotechnologia w hodowli drobiu. *Post. Nauk Rol.* 1: 81–93.
- [60] Węzyk S., Połtowicz K. 2001. Implikacje prionowej paniki na krajowym rynku żywca drobiowego i pasz. *Polskie Drobiarstwo* 2: 16–17.
- [61] Weissman S., Carmon T., Douarie M., Cahaner A., Zeitlin G., Lavi U., Avidan N., Leclercq B., Hillel J. 1998. Marker gene frequencies within and between divergently selected lines for high and low abdominal fat in chickens. Proc. 10th Europ. Poult. Conf., WPSA, Jerusalem, Israel 1: 280–283.
- [62] Wiseman J. 1997. The influence of dietary factors on fat and fatty acid digestibility and utilisation. 11th Eurp.Symp.Poult. Nutr., WPSA, Faaborg, Denmark.
- [63] Yoo B., Sheldon B.L., Podger R.N. 1983. Genetic parameters for egg weight-age curve, and other egg production and egg weight traits in synthetic lines in chicken. *Aust. J. Agric. Res.* 34: 85–97.
- [64] Yoo B., Sheldon B.L., Podger 1984. The increase of oviposition interval due to the sex-linked dwarf gene in White Leghorn and Australorp populations. *Br. Poult.Sci.* 25: 119–126.
- [65] Zawadzka M., Jaszczak K. 2000. DNA fingerprinting w genetycznej analizie populacji gęsi. *Przegl. Hod.* 8: 27–28.

Poultry science at the beginning of the 21st century: the closing and opening balance

Key words: science, progress, poultry, genetics, biotechnology, nutrition, production, XXI century

Summary

Poultry scientists are faced with new goals and challenges as a result of increased worldwide demand for poultry products. Increased demand for commercial feeds which contain no antibiotics, hormone growth stimulators or animal protein will increase the demand for cereals, seeds of oil-nutrition plants and poultry products for human. Similar to the 50 years, improvements in poultry production efficiency will entail further radical changes in poultry production technologies, which should encompass 50% of the world population instead of 20–25% so far. It is expected that the advances in poultry genetics, molecular biotechnology, nutrition, health, reproduction and keeping methods will be more efficiently implemented in practical breeding. The efficiency of extensive, small-scale poultry production should improve especially in the area inhabited by 25% of the world population, in the past century unable to realize the need for eggs and poultry meat obtained with the use of advanced technologies.

Research into methods of genetic improvement of the poultry on one hand and into conserving the biodiversity of native genetic stocks on the other, will be intensified to take full advantage of the genetic potential of various poultry species and types of utilization. Poultry will increasingly serve as animal models to study genetic, physiological and health disorders in human and as bio-generators for production of specific protein, enzymes etc. The goals and challenges facing poultry scientists will be met if large- and small-scale commercial poultry producers will apply the latest advances in practice and assign a part of their profits to research.