

Precyzyjny chów drobiu w służbie konsumenta, producenta i środowiska *

Justyna Batkowska

Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Precyzyjny chów drobiu to podejście zintegrowane, holistyczne, wykorzystujące nowoczesne technologie oraz zaawansowane systemy zarządzania w celu optymalizacji procesów produkcji drobiarskiej. Celem jest oczywiście maksymalizacja efektywności produkcji, ale także poprawa dobrostanu zwierząt oraz minimalizacja negatywnego wpływu na środowisko.

Zanim konsument, producent i środowisko należy zacząć od samych ptaków. Czym dysponujemy? Pomijając krajowe rasy i odmiany drobiu objęte ochroną zasobów genetycznych [22, 35] na rynku dostępne są wysoko wyspecjalizowane zestawy genetyczne ptaków, których proces hodowlany poprzez selekcję dążył dotychczas do zmaksymalizowania ich potencjału genetycznego. Najważniejsze cechy to tempo przyrostu masy ciała, efektywność wykorzystania paszy, ale także wydajność mięśnia piersiowego wyrażona jego udziałem w tuszce [29]. Efekty pracy hodowlanej to przede wszystkim zwiększenie masy ciała, które w trakcie prac w latach 1960-1980 szacowano na ok. 50 g/pokolenie [6]. Przełożyło się to na radykalne skrócenie czasu chowu (z nawet 85 do 38-42 dni i mniej), ponad 3-krotna poprawa wykorzystania paszy na kilogram przyrostu masy ciała ptaków, co wynika między innymi z tempa wzrostu układu pokarmowego [26], i finalnie zwiększona (o ponad 12%) wydajność rzeźna tuszek [34].

Jednak sam genotyp nie warunkuje jeszcze uzyskania zadowalających wyników produkcyjnych, wysoko wyspecjalizowane ptaki wymagają zapewnienia optymalnych warunków żywieniowych i środowiskowych [13, 14] by w pełni móc zrealizować swoje założenia genetyczne. Dodatkowo skala produkcji drobiarskiej wymusza konieczność bardzo precyzyjnego zarządzania chowem ptaków poczynając od wielofazowego żywienia zbilansowanymi mieszankami pełnoporcjowymi, dostosowanymi pod względem wartości pokarmowej do zapotrzebowania danej grupy produkcyjnej, poprzez komputerowo sterowane warunki środowiskowe od etapu inkubacji przez budynki inwentarskie do ubojni, bioasekurację dającą gwarancję bezpieczeństwa zdrowot-

nego zarówno ptakom, jak i obsłudze, po zapewnienie transparentności w łańcuchu dostaw, która gwarantuje pewność surowca i rzetelność jego wytworzenia konsumentowi końcowemu.

W korzyści dla **KONSUMENTA** wynikające z precyzyjnego zarządzania produkcją drobiarską wpisuje się technologia *blockchain* (łańcuch bloków). Jest to zdecentralizowany i rozproszony rejestr danych, który pozwala na bezpieczne, niezmiennie i przejrzyste zapisywanie informacji. Dane są przechowywane w blokach, które są połączone ze sobą w chronologicznym łańcuchu i zabezpieczone kryptograficznie. Każda zmiana jest natychmiast widoczna i musi być zatwierdzona przez uczestników sieci, co eliminuje możliwość manipulacji. Istnieje kilka możliwości wykorzystania tej technologii. Pierwsza, i chyba najważniejsza to śledzenie łańcucha dostaw. Pozwala to na weryfikację drogi pojedynczej tuszki kurczęcia lub jaja „od pola do stołu” dzięki rejestracji historii na wszystkich etapach produkcji (np. wylęgarnia, zdrowotność, żywienie, transport, ubojnia) w czasie rzeczywistym. Możliwość dostępu do takiej wiedzy zwiększa zaufanie konsumentów do branży, a także jej transparentność (*traceability*). Może też być przydatna w certyfikacji jakości (np. „chów ekologiczny” lub „wolnowybieg”). Inny aspekt wykorzystania *blockchain* to zarządzanie jakością i bezpieczeństwem żywności. Taki przepływ danych umożliwia szybkie reagowanie w razie wykrycia choroby lub skażenia partii mięsa, ułatwia identyfikację źródła problemu (np. konkretnej fermy czy dostawcy paszy). Dane te mogą być udostępniane inspekcjom sanitarnym, weterynaryjnym itp., co ułatwia audyty. Dużą zaletą jest automatyzacja raportowania dzięki (tzw. *smart contracts* – inteligentne kontrakty), które wykonują się automatycznie, gdy spełnione są określone warunki (np. data szczepienia, kontrola warunków przechowywania etc.). Technologia *blockchain* może przyczynić się do ograniczenia ryzyka fałszowania produktów drobiarskich np. sprzedaży mięsa z nielegalnych źródeł jako ekologiczne bądź halal [28]. W praktyce można wykorzystać na przykład QR kod na opakowaniu mięsa drobiowego lub jaj – po zeskanowaniu konsument widzi historię produktu. Dodatkowo kooperujące ze sobą fermy, przetwórnice i sieci handlowe mogą korzystać z jednej wspólnej bazy danych. Ponadto technologia pozwala na monitorowanie warunków chowu, dzięki systemowi czujników, które zbierają dane o mikroklimacie zapisując je w *blockchain*ie.

A co zyska **PRODUCENT**? Na co pozwala technologia *blockchain* w aspekcie fermy drobiu? Przede wszystkim na precyzyjne żywienie i dobór pasz. Kurczęta broilery rosną bardzo szybko, ich zapotrzebowanie zmienia się każdego dnia. Oczywiście pasza jest dostosowywana w dłuższych okresach, w cyklu podaje się od 3 do 5 mieszanek w zależności od fazy rozwojowej ptaków i są one na ogół poddawane granulacji, co zapewnia większą dostępność ziaren skrobi oraz jednakową wartość pokarmową każdej granulki ograniczając jednocześnie rozwarstwianie partii, zapylenie w kurniku, ale także skłonność ptaków do wybiórczego żerowania. Za pełną kontrolą ilości i jakości zadawanej pasz przemawia-

ją także względy ekonomiczne, gdyż koszt żywienia to prawie 70% nakładu na cykl produkcyjny [1]. Dość oczywiste są skutki stosowania mieszanek o zbyt małej zawartości lub dostępności substancji odżywczych. Warto jednak zwrócić uwagę na ich nadmiarowe ilości. Przykładowo nadmiar energii w paszy będzie odkładany w postaci tkanki tłuszczowej [5] i, o ile u kurcząt mięsnych zwiększy ogólne otluszczenie tuszki, to u niosek nadmierne spożycie energii może prowadzić do śmierci z powodu krwotocznego stłuszczenia wątroby [31]. Niedobór białka w paszy na pewno ogranicza wzrost ptaków, ale jego nadmiar niepotrzebnie podnosi koszt paszy, ale co gorsze zwiększa pobranie wody, czym przyczynia się do rozrzedzenia pomiotu (często błędnie identyfikowane jako biegunka), a dalej podnosi wilgotność ściółki i powoduje stany zapalne na podszewkach stóp ptaków (*foot pad dermatitis*) i odleżyny na klatce piersiowej. Finalnie obniża to cenę żywca i zwiększa liczbę skonfiskowanych w zakładzie ubojowym tuszek. Odnotowuje się także wzrost wilgotności powietrza i zwiększoną emisję gazów w budynku inwentarskim. Brak pokrycia zapotrzebowania na aminokwasy może skutkować spowolnieniem wzrostu brojlerów, ale bez pojawienia się jakichkolwiek konkretnych zmian chorobowych. U kur niosek niedobór białka lub aminokwasów powoduje zmniejszenie masy jaj, a w dalszej konsekwencji także obniżenie produkcji jaj [31]. Analizując obieg materii należy pamiętać, że substancje odżywcze nie są przez zwierzęta w pełni przyswajane, a część z nich wydalana z pomiotem, co w sytuacji jego nieprawidłowego składowania lub wykorzystania jako naturalnego nawozu może przyczyniać się do zanieczyszczenia **ŚRODOWISKA** [23]. Zmniejszenie zawartości białka surowego w paszy kurcząt brojlerów o niecałe 2 jednostki procentowe zmniejszyło zawartość azotu w pomocie o 18% [10].

Odpowiednie żywienie ptaków nie ma na celu wyłączenie ograniczenia wydalania substancji odżywczych, ale przede wszystkim ich deponowania w mięsie i jajach, niejednokrotnie dla zaspokojenia potrzeb konsumentów. Tu można wspomnieć jaja wzbogacone w nienasycone kwasy tłuszczowe grupy n3, w szczególności kwas alfa-linolenowy (ALA) i dokozaheksaenowy (DHA), których zawartość zależy od rodzaju tłuszczów, w tym olejów roślinnych, dodawanych do pasz dla niosek [16]. Dodatek barwników rozpuszczalnych w tłuszczach, naturalnych bądź syntetycznych, wpływa na intensywność wybarwienia żółtka, która, wg twórców 16-stopniowej skali do jej oceny (YolkFan, DSM®), preferowana jest nawet ciemno pomarańczowa. Upodobania konsumentów w tym zakresie zależą od regionu prowadzenia badań [4, 30], jednak nie tu precyzja dawkowania barwników ma szczególne znaczenie. Substancje naturalne w większości nie stanowią ryzyka dla zdrowia konsumenta, ale wykazano, że codzienne podawanie *per os* np. kantaksantyny wiązało się z odkładaniem się kryształków w siatkówce oka [20]. Niektóre syntetyczne dodatki barwiące, spożywane zbyt długo lub w zbyt dużej ilości, mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia **KONSUMENTÓW**. Stwierdzono możliwe działanie alergenowe, wywołujące nadpobudliwość u dzieci, a nawet patologie mutagen-

ne i/lub rakotwórcze. Dlatego też ustalono maksymalne dawki danych substancji np. wspomnianą kantaksantynę można dodawać w maksymalnej dawce 8 mg/kg, zaś ester etylowy kwasu β -apo-8'-karotenowego wycofano z wykazów dozwolonych w Unii Europejskiej dodatków do żywności [17]. W aspekcie precyzyjnego żywienia największy udział ma mieszalnia pasz dostarczająca odpowiedniej jakości pasze do ferm.

Należy też pamiętać, że przewód pokarmowy to swoiste przedłużenie środowiska bytowania ptaków, które ma wiele funkcji obejmujących transport pokarmu i treści pokarmowej wzdłuż przewodu pokarmowego, trawienie i wchłanianie składników odżywczych i energii, wydzielanie substancji endogennych, utrzymywanie mikroflory jelitowej oraz wydalanie niestrawionej części spożytego pokarmu i produktów przemiany materii, ale przede wszystkim ochronę przed infekcjami (zakaźnymi i niezakaźnymi). Właśnie z uwagi na działanie immunomodulacyjne istotne jest zapewnienie prawidłowego rozwoju jelit, na jak najwcześniejszym etapie życia zwierząt [2].

Wracając do wsparcia technologicznego, jakie może wykorzystać **PRODUCENT** w budynku inwentarskim należy wskazać na rozwiązania, które pozwoliły na ograniczenie pracochłonności do niezbędnego minimum czyniąc intensywny chów drobiu niemal bezobsługowym. Przede wszystkim systemy zadawania paszy, dostosowane kształtem i wielkością do gatunku ptaków i kierunku ich użytkowania. Wyróżnić można kilka rodzajów systemów, m.in. łańcuchowe (zamknięty układ, w którym nośnikiem jest gruby płaski łańcuch podzielony na ogniwa montowany na dnie koryt paszowych, pasza jest zadawana na całej długości koryt), czy spiralne (składa się z rur paszowych ze spiralami i karmidłami, rur spustowych, jednostki kontrolnej oraz szafy sterującej, efektywność zależy od średnicy spirali). Same karmidła też często są swoistymi automatami paszowymi, z możliwością regulacji ilości zadawanej paszy. Kluczowym elementem infrastruktury kurnika są też poidła automatyczne, których podstawą działania automatycznych poidel jest system zaworów, które umożliwiają dostęp do wody tylko wtedy, gdy ptak je aktywuje (np. dziobem). Ponieważ ptaki pobierają dwukrotnie więcej wody niż paszy i to od wody zależy m.in. tempo przesuwania się treści w przewodzie pokarmowym oraz przyswajanie zwartych w paszy substancji pokarmowych, ptaki muszą mieć zapewniony stały dostęp do wody pitnej. Dostępnych jest kilka rodzajów systemów pojenia, które różnią się głównie typem i budową poidel, najpopularniejsze są poidła kropelkowe (smoczkowe), kubeczkowe i dzwonowe. Niezależnie od konstrukcji system taki powinien być szczelny i zapobiegać rozchłapywaniu wody, co wpływa na wilgotność ściółki, ale także musi być łatwy w utrzymaniu czystości eliminując np. powstawanie biofilmu. Jest to też szczególnie ważne ze względu na wykorzystanie systemu pojenia do podawania leków i/lub szczepień.

Ptaki, zwłaszcza szybko rosnące i utrzymywane w dużym zagęszczeniu, są emiterami ogromnych ilości ciepła i wilgoci. W zamkniętym budynku prowadziłoby to do wzrostu temperatury, zwiększonej wilgotności oraz stę-

żenia gazów szkodliwych nie tylko ptaków, ale również dla obsługi stada. Stąd konieczność zapewnienia skutecznego systemu wentylacyjnego. Zaawansowane niedobory w zakresie efektywnej wymiany powietrza mogą prowadzić m.in. do podrażnień skóry i błon śluzowych, demineralizacji kości oraz zaburzeń neurologicznych. Wilgotne i ciepłe środowisko sprzyja rozwojowi mikroorganizmów, w tym chorobotwórczych bakterii, które łatwo rozprzestrzeniają się w stadzie o relatywnie dużej obsadzie. Również systemy wentylacyjne są zróżnicowane konstrukcyjnie. Najczęściej spotykane są odporne na amoniak i wilgoć wentylatory kominowe, ale odpowiedni przepływ powietrza zapewniają też wentylatory szczytowe. W skład systemu wchodzi także wloty powietrza umożliwiające precyzyjne i równomierne kierowanie powietrza oraz systemy schładzania i zamgławiania, które pozwalają na skuteczne obniżenie temperatury i ograniczenie stresu cieplnego. Dopelnieniem wentylacji w kurniku są czujniki kontroli temperatury, wilgotności, gazów szkodliwych głównie dwutlenku węgla i amoniaku, które pozwalają ocenić jej efektywność i skorygować działanie w przypadku stwierdzenia nieprawidłowości.

Ostatnim elementem mikroklimatu, jednak najważniejszym z punktu widzenia produkcji jest światło. Jest ono czynnikiem regulacyjnym dla dojrzałości płciowej ptaków, ich aktywności w zakresie eksplorowania środowiska czy żerowania. Jego nieprawidłowe zastosowanie może stanowić potężny stresor dla ptaków i wywołać u nich niepożądane zachowania rzutujące na dobrostan. Obecnie wiele ferm korzysta z fotowoltaicznych źródeł energii elektrycznej, a tradycyjne punkty świetlne zamieniono na LED-owe zaopatrzone dodatkowo w możliwość zmiany barwy i natężenia światła. Sama wymiana oświetlenia pozwala na ograniczenie nakładów na energię elektryczną o 32% [12].

Należy podkreślić ogromne zróżnicowanie rynku i bardzo szeroki asortyment dostępnego wyposażenia. Jego wybór zależy niejednokrotnie od indywidualnych preferencji hodowcy, możliwości finansowych, skali prowadzonej produkcji, czy możliwości budynku gospodarskiego. Nie ma standardu co do wyposażenia, narzucone normy dotyczą obsady ptaków, a także zapewnienia im dostępu do odpowiedniej długości brzegu karmidła/poidła lub liczby poidel. Zalecenia te są zmienne w zależności od gatunku, płci, czy wieku ptaków. W budynkach dla ptaków nieśnych montowane są gniazda, z których jaja na taśmie transportowane są na sortownik i do pakowania. W brojlerniach automatyczne wagi platformowe pozwalają na dzienną kontrolę zmian masy ciała ptaków [33]. Oczywiście wszystkie wspomniane udogodnienia łączy jednostka sterująca, która powinna umożliwiać dokładne kontrolowanie mikroklimatu poprzez sterowanie pracą wentylatorów kominowych i szczytowych oraz odpowiednim otwarciem wlotów powietrza. W zależności od potrzeb sterownik automatycznie podnosi temperaturę poprzez uruchomienie źródła ciepła (nagrzewnice) lub ją obniża uruchamiając system schładzania. Kurniki są też często wyposażone są w tzw. mieszacze powietrza, zapewniające równomierność wentylacji. Nowoczesne sterowniki łączą w sobie

kontrolę nad wszystkimi automatycznymi systemami w budynku, od wentylacji w rygorze podciśnienia, poprzez sterowanie paszociągami czy oświetleniem po odczyty z wag platformowych. Są one również zintegrowane z systemami alarmowymi oraz oferują możliwość zarządzania zdalnego (aplikacja), co pozwala na szybką reakcję na zmieniające się warunki mikroklimatyczne.

Z czego jeszcze może skorzystać **PRODUCENT** w nowoczesnym kurniku? Precyzyjny chów bardzo często opiera się na analizie danych zbieranych w czasie rzeczywistym za pomocą sensorów, kamer i czujników *IoT* (*Internet of Things*). *IoT* to sieć połączonych urządzeń i systemów, które za pomocą czujników, oprogramowania i łączności internetowej umożliwiają gromadzenie i wymianę danych, prowadząc do inteligentnej automatyzacji procesów i podejmowania decyzji. Kluczowe cechy tej technologii to zbieranie danych z otoczenia (np. temperatura, wilgotność, położenie, ruch), połączenie z siecią (urządzenia komunikują się między sobą i/lub z systemami centralnymi) oraz automatyzacja i analiza danych, które mogą być analizowane lokalnie lub w chmurze, umożliwiając podejmowanie decyzji bez ingerencji człowieka.

Integracja tej technologii z chowem drobiu może zrewolucjonizować sposób monitorowania i zarządzania zdrowiem drobiu. Typowe elementy etogramu ptaków to żerowanie, czyszczenie piór i kąpiele piaskowe. Prawidłowy schemat zachowań jest pośrednim wskaźnikiem dobrostanu, który z kolei przekłada się na dobrą jakość pozyskiwanych surowców drobiarskich. Jednocześnie duże skupiska ptaków na relatywnie niewielkiej powierzchni to idealna sytuacja do rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych prowadząca do znacznych strat ekonomicznych [3]. U dużych zwierząt taki monitoring jest prowadzony indywidualnie. U drobiu, utrzymywanego w wielotysięcznych stadach nie ma takiej możliwości, zatem konieczne są inne rozwiązania. Obserwacja behawioru, rejestracja ruchu poszczególnych ptaków za pomocą systemu identyfikacji radiowej (*RFID*), pozwala m.in. na ich sklasyfikowanie jako aktywne, o normalnym behawiorze i nieaktywne, osowiałe, być może chore [9].

Wokalizacje zwierząt zawierają bogactwo informacji biologicznych (np. dotyczące ich interakcji społecznych, sygnałów alarmowych i potrzeb behawioralnych) i mogą być wykorzystywane jako wskaźnik dobrostanu. Drób ma bogaty repertuar dźwięków, opisano około 30 różnych odgłosów wydawanych przez dorosłe i młode kurczęta. Ich intensywność wzrasta w sytuacjach stresowych, a w zależności od czasu działania stresora zwiększa się częstotliwość odgłosów wyrażających zaniepokojenie [19]. W przypadku chowu drobiu mikrofon jest zawsze umieszczany nisko w pobliżu zwierząt i może rejestrować dźwięki w sposób ciągły i nieinwazyjny, w tym dziobanie, wokalizacje i odgłosy otoczenia. Techniki analizy dźwięku zazwyczaj wykorzystują czas trwania, rozkład energii, częstotliwość i amplitudę jako parametry charakterystyczne do oceny zachowania i stanu zdrowia ptaków. Proces ten może być zautomatyzowany, odbywa się w czasie rzeczywistym i umożliwia długoterminowe monitorowanie bez zakłócania spokoju ptaków [18].

Wraz z rozwojem technologii rozpoznawania głosu i sztucznej inteligencji (AI), analiza odgłosów zwierząt ma ogromny potencjał jako metoda online służąca poprawie zdrowia i dobrostanu u drobiu.

Zaprojektowano inteligentną skrzynkę gniazdową, która wykrywa zachowania poszczególnych kur związane z znoszeniem jaj. Do wykrywania obecności kur w gnieździe wykorzystano system RFID o niskiej częstotliwości i dwa rodzaje komunikujących się czujników, jeden montowany w gnieździe, drugi na obręczce na założonej na skok ptaka [7]. Czujnik wykrywa, czy kury złożyły jajo, a następnie je waży. IoT umożliwił jednocześnie rejestrowanie wszystkich danych w chmurze i na lokalnym nośniku. Przypisanie każdego jaja do konkretnego osobnika pozwala na identyfikowalność produktu i analizę wydajności nieśnej poszczególnych niosek. Ustalenie częstotliwości odwiedzin kur w gnieździe może poprawić projekt gniazda. Stwierdzono, że na wybór gniazda większy wpływ miała jego pozycja, obecność innych ptaków w środku i wiek kur niż wygląd zasłon gniazdowych [25]. Wykrywanie zachowań związanych z nieśnością może również pomóc w analizie jej związku z częstotliwością występowania złamań mostka [11]. Dzięki połączeniu systemu wizji komputerowej z nowatorską konwolucyjną siecią neuronową (CNN) zachowanie stada może być automatycznie monitorowane przy pomocy kamer. Metoda ta pozwala na określenie np. słoczenia się ptaków wokół karmideł, kategorizując je wg stopnia słoczenia (niezałoczone, lekko załoczone i dość załoczone) z dokładnością ponad 99% [24].

Jednym z rozwiązań, które też znajduje zastosowanie w produkcji drobiu jest system termowizyjny. Można go wykorzystać w wielu aspektach, najbardziej aktualny to wczesna detekcja gorączki wywołanej u ptaków przez wirus ptasiej grypy [21], ale pozwala on też na fermie na ocenę stanu upierzenia ptaków, jako pośredniego wskaźnika dobrostanu [32]. Braki w upierzeniu mogą wynikać ze zbyt wysokiej temperatury odchowu lub z pojawienia się w stadzie pterofagii. Niestety obie sytuacje mogą finalnie prowadzić do kanibalizmu. Prowadzone są też badania nad termowizyjnym monitorowaniem oddziaływania stresu cieplnego na ptaki, oceniające ich stan na podstawie temperatury poszczególnych części ciała [15]. Kamery termowizyjne używane są też w zakładach ubojowych, ich obrazowanie pozwala, na wychwycenie tuszek, które powinny być przeznaczone do utylizacji np. ptaków padłych w transporcie [8]. To oczywiście tylko przykłady wskaźników, które mogą być rejestrowane, rozpoznawane przez AI i wykorzystywane m.in. w ocenie dobrostanu ptaków. Wspomniane rozwiązania technologiczne oferują jeszcze wiele innych, ale też nie zbadanych możliwości.

Jak precyzyjny chów drobiu przekłada się na **ŚRODOWISKO**? Dzięki opisanym uprzednio rozwiązaniom technicznym w zakresie zadawania paszy i wody pozwala na właściwe dawkowanie, zmniejszenie ilości niedojadów oraz ograniczenie strat. Optymalizacja warunków utrzymania sprzyja poprawie zdrowotności stad, a w połączeniu z profilaktyką w formie szczepień lub dodatków do pasz (np. probiotyki) i przy ścisłym przestrzeganiu

zachowaniu zasad bioasekuracji, zdecydowanie obniża potencjalne koszty leczenia, zwiększa przeżywalność ptaków i ich wyniki produkcyjne. Zaangażowanie AI do analizy ogromnej liczby odczytów pozwoli na przewidywanie optymalnego momentu zakończenia cyklu produkcyjnego i uboju ptaków, co także ograniczy nakłady finansowe.

Wśród zwierząt gospodarskich ptaki emitują najmniej ślad węglowy. Jednak skala produkcji jest tak duża, że nie można zbagatelizować jej wpływu na środowisko. Emisja metanu z produkcji drobiarskiej jest uzależniona od warunków panujących w budynku inwentarskim i parametrów ściółki (wilgotność, temperatura, pH). Krótkie cykle produkcyjne i ilość stosowanej ściółki sprawia jednak, że jego emisja z ferm drobiu jest stosunkowo niewielka. Problematiczne jest późniejsze zagospodarowanie obornika, gdyż warunki w przymie mogą sprzyjać powstawaniu metanu oraz procesom nityfikacji i denityfikacji związanym z dostępnością azotu. Skutkiem tego do atmosfery może być uwalniany podtlenek azotu [27]. Zastosowanie nowoczesnych systemów wentylacji i ogrzewania minimalizuje zużycie energii oraz emisję CO₂. Odpady organiczne z produkcji mogą być wykorzystywane jako nawóz lub do produkcji biogazu.

W kontekście zrównoważonej produkcji zwierzęcej, precyzyjne żywienie drobiu stanowi kluczową strategię minimalizacji negatywnego wpływu na **ŚRODOWISKO**, ze szczególnym uwzględnieniem śladu węglowego. Fundamentem tego podejścia jest dostosowanie składu, ilości i czasu podawania paszy do aktualnych potrzeb pokarmowych ptaków, z uwzględnieniem fazy produkcyjnej, genotypu, stanu zdrowia i warunków mikroklimatycznych. Optymalizacja wykorzystania białka jest tu szczególnie istotna; poprzez precyzyjne zbilansowanie aminokwasów egzogennych (zwłaszcza lizyny, metioniny, treoniny) oraz uwzględnienie ich wzajemnych proporcji (koncepcja białka idealnego) możliwe jest znaczące obniżenie całkowitego poziomu surowego białka w dawce pokarmowej bez uszczerbku dla wyników produkcyjnych czy dobrostanu. Ta redukcja bezpośrednio przekłada się na mniejsze zapotrzebowanie na komponenty paszowe o wysokiej koncentracji białka, wśród których śruta sojowa odgrywa rolę dominującą w skali globalnej. Zmniejszenie udziału soi w paszach dla drobiu implikuje redukcję arealu upraw monokulturowych niezbędnego do jej wyprodukowania. Monokultury soi wiążą się zaś z wysokimi kosztami środowiskowymi: bezpośrednią emisją gazów cieplarnianych pochodzącą z produkcji i stosowania nawozów azotowych (głównie podtlenku azotu N₂O o bardzo wysokim potencjale cieplarnianym), emisjami z procesów konwersji gruntów (często wylesiania obszarów o wysokiej sekwestracji węgla, jak lasy tropikalne czy sawanny), emisjami z transportu międzykontynentalnego oraz utratą bioróżnorodności i zwiększonym ryzykiem erozji gleb. W konsekwencji precyzyjne żywienie drobiu staje się efektywnym narzędziem obniżania całkowitego śladu węglowego sektora drobiarskiego, przyczyniając się istotnie do łagodzenia jego wpływu na zmiany klimatu i zachowanie zasobów naturalnych.

Od 2014 roku Polska jest liderem w produkcji mię-

sa drobiowego w UE. Krajowi liderzy to tzw. integracje drobiarskie. Są to przedsiębiorstwa obejmujące nie tylko odchów kurcząt brojlerów, ale też utrzymanie stad reprodukcyjnych i wyląg piskląt, mieszalnię pasz, ubojnię drobiu czy zakłady przetwórcze. W każdej z tych jednostek specjalistycznych przez lata rozwijano i unowocześniano technologie produkcji, jednak wciąż w układzie wyspowym. Rolnictwo precyzyjne w oparciu o rozwój sztucznej inteligencji jest w stanie faktycznie połączyć je w jeden łańcuch przyczynowo-skutkowy ułatwiając efektywne zarządzanie, ale też skuteczną interwencję w przypadku nieprawidłowości. Big Data oraz sztuczna inteligencja są wykorzystywane do analizy zebranych informacji, co pozwala na podejmowanie decyzji opartych na danych i prognozowanie przyszłych potrzeb w zakresie żywienia, zdrowia czy optymalizacji przestrzeni

hodowlanej. Precyzyjny chów drobiu wpływa również na zrównoważony rozwój, zmniejszając zużycie zasobów naturalnych (woda, pasze) oraz minimalizując emisję zanieczyszczeń do atmosfery i gleby, a także redukując produkcję odpadów organicznych. Produkcja drobiarska to jedna z gałęzi współczesnego rolnictwa, która nie mogłaby się rozwinąć na taką skalę bez nowoczesnej techniki i technologii.

(Piśmiennictwo dostępne on-line: <http://ph.ptz.icm.edu.pl/index.php/strona-glowna/>)

* Referat plenarny wygłoszony 17 września 2025 roku w Bydgoszczy podczas LXXXIX Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego pt. "Rolnictwo precyzyjne i chów przyjazny środowisku"

Chów trzody chlewnej przyjazny środowisku – utopia czy konieczność?

Dorota Bugnacka

**Katedra Hodowli Trzody Chlewnej, Wydział Bioinżynierii Zwierząt,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**

Zwierzęta od początku istnienia gatunku ludzkiego imponowały człowiekowi sprawnością, szybkością i siłą. Były dla człowieka wzorcami umiejętności łowieckich. Zwłaszcza w okresie dolnego paleolitu, kiedy to człowiek polował tylko na niewielkie zwierzęta, a sam bardzo często też był przedmiotem polowań dużych drapieżników. W środkowym paleolicie nastąpił postęp techniki łowieckiej, jako że z tego okresu mamy już ślady polowań na duże zwierzęta. W paleolicie górnym techniki polowania wzbogacono o użycie łuku i strzał. Mezolit, kolejna epoka, był okresem dziejów zainicjowanym wielkimi zmianami klimatycznymi, w którym to istniało już intensywne myślistwo i rybołówstwo, co było skutkiem kolejnego postępu w technikach łowieckich. A potem nastąpiła epoka neolitu, gdy to około 10-11 tysięcy lat temu, z końcem epoki plejstocenu, nastąpiły niezwykle znaczące zmiany. Rewolucja neolityczna zmieniła radykalnie sposób życia naszych przodków, zmieniając także ich stosunek do zwierząt i sposób ich traktowania. Zmiana trybu życia z koczowniczego na osiadły, zakładanie trwałych domostw, było możliwe tylko pod warunkiem dobrego dostępu do zasobów żywności. Stąd, konieczne było udomowienie roślin i zwierząt. A proces ten wiązał się

z porzuceniem (choć nie całkowitym) łowiectwa. Udomowienie polegało na modyfikacji gatunku tak, aby móc sprawować nad nim kontrolę. Wywołało to największą jakościową zmianę w życiu człowieka i pozwoliło pozyskiwać wystarczającą ilość pożywienia, aby generować ciągły przyrost populacji i stworzyć warunki do dalszego rozwoju naszego gatunku.

Stosunek człowieka dawnych czasów do zwierząt był inny, niż nasz. Przez cały okres paleolitu, polując na zwierzęta, zabijając je i zjadając ich mięso, człowiek nie przestawał być integralnym uczestnikiem ich świata. Można powiedzieć, że w paleolicie – epoce myśliwych i zbieraczy – człowiek, pomimo stosunkowo rozwiniętej i wydzielającej go ze świata zwierząt kultury, tkwił mocno w świecie przyrody. Zwierzęta stanowiły dla niego przedmiot podziwu i czci. Człowiek uważał zwierzęta, szczególnie te o potężnej budowie i drapieżniki, za swoich mitycznych przodków i pierwszych bogów. W mezolicie stosunek człowieka do zwierząt był podobny, jak w okresie paleolitu. W neolicie rozpoczęła się droga, która doprowadziła nasz gatunek do niemal całkowitego wyalienowania ze świata przyrody. Zwierzęta udomowione stały się własnością człowieka. Tym sposobem, zmienił się też stosunek człowieka do całego świata przyrody, którą zaczął dostosowywać do własnych potrzeb, i z czasem traktować jako poddaną sobie [1]. Jak pisze Dominika Dzwonkowska [2] w studium „O kłopotliwej relacji *Homo sapiens* z resztą królestwa *Animalia*”: Podstawowy problem, który pojawia się przy próbach uznania zwierząt za przedmioty troski moralnej, łączy się z antropocentrycznym charakterem tych uzasadnień i z nieuchronnym antropomorfizowaniem zwierząt. Nie uznajemy ich wewnętrznej wartości, lecz dostrzegamy ją w wykazywaniu przez nie ludzkich cech bądź zdolności. Taki typ myślenia nie pozwala człowiekowi wyjść poza szowinizm gatunkowy, gdyż implicite zakłada, że wartościowe są jedynie cechy, które posiada człowiek.”

W naszym chrześcijańskim świecie od dawna ściera się dwa sposoby widzenia relacji człowiek – zwierzę. Są to poglądy wywodzące się od św. Tomasza i św. Au-