

# **Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce**

## **Nauki przyrodnicze – fauna i flora**

Część II



[www.mlodzinaukowcy.com](http://www.mlodzinaukowcy.com)

Poznań 2021

**Redakcja naukowa**

dr Jędrzej Nyćkowiak

dr hab. Jacek Leśny, prof. UPWR

**Wydawca**

Młodzi Naukowcy

[www.mlodzinaukowcy.com](http://www.mlodzinaukowcy.com)

[wydawnictwo@mlodzinaukowcy.com](mailto:wydawnictwo@mlodzinaukowcy.com)

**ISBN (całość 978-83-66743-20-5)**

**ISBN (wydanie online 978-83-66743-52-6)**

**ISBN (wydanie drukowane 978-83-66743-51-9)**

Ilość znaków w książce: 321 tys.

Ilość arkuszy wydawniczych: 8.0

Data wydania: sierpień 2021

Niniejsza pozycja jest monografią naukową. Jej rozdziały zostały wydrukowane zgodnie z przesłanymi tekstami po ich zaakceptowaniu przez recenzentów. Odpowiedzialność za zgodne z prawem wykorzystanie użytych materiałów ponoszą autorzy poszczególnych rozdziałów.

**Spis treści**

<b>1. Dyskopatia jako jedno z najczęściej występujących schorzeń u małych zwierząt</b>	<b>7</b>
<i>Kania Maciej, Głuc Adrianna, Spyra Natalia</i>	
<b>2. Żebro szyjne u psów - etiologia, objawy, diagnostyka oraz leczenie – przegląd literatury</b>	<b>14</b>
<i>Aleksandra Kimicka</i>	
<b>3. Zoonozy przenoszone przez ptaki</b>	<b>20</b>
<i>Marta Kosińska, Łukasz Czerniawski, Jakub Łukaszczyk, Remigiusz Bagrowski, Karolina Makowska, Justyna Batkowska</i>	
<b>4. Skutki niedoboru witamin u drobiu</b>	<b>26</b>
<i>Marta Kosińska, Łukasz Czerniawski, Remigiusz Bagrowski, Karolina Makowska, Justyna Batkowska</i>	
<b>5. Ćma bukszpanowa <i>Cydalima perspectalis</i> Walker - nowy szkodnik zieleni miejskiej</b>	<b>32</b>
<i>Kruk Katarzyna</i>	
<b>6. Wykorzystanie przepiórki japońskiej (<i>Coturnix japonica</i>) w badaniach naukowych</b>	<b>38</b>
<i>Anastasiya Ramankevich, Oleksandra Khotska, Dawid Ziobro, Adrian Pluta, Kamil Drabik, Justyna Batkowska</i>	
<b>7. Substancje pochodzenia roślinnego w leczeniu i profilaktyce chorób cieląt</b>	<b>44</b>
<i>Kinga Szczepanik</i>	
<b>8. Alternatywy dla antybiotyków jonoforowych w zwalczaniu pasożytów <i>Eimeria</i> spp.</b>	<b>51</b>
<i>Dawid Ziobro, Karolina Wengerska, Kinga Rokicka, Kostiantyn Vasiukov, Remigiusz Bagrowski, Justyna Batkowska</i>	
<b>9. Kura domowa (<i>Gallus gallus</i>) w badaniach naukowych</b>	<b>57</b>
<i>Karolina Wengerska, Dawid Ziobro, Kinga Rokicka, Damian Spustek, Paweł Kawałko, Justyna Batkowska</i>	
<b>10. Czynniki warunkujące jakość ziarna pszenicy oraz podstawowe wyróżniki wartości technologicznej ziarna</b>	<b>63</b>
<i>Marta Wysińska, Marcin Różewicz</i>	
<b>11. Charakterystyka prosa (<i>Panicum miliaceum</i> L.) oraz potencjał uprawy i kierunki zagospodarowania jego ziarna pochodzącego z produkcji krajowej</b>	<b>71</b>
<i>Wysińska Marta, Różewicz Marcin, Grabiński Jerzy</i>	
<b>12. Charakterystyka kaktusów z rodzaju <i>Astrophytum</i> oraz perspektywa ich mikrorozmnażania</b>	<b>77</b>
<i>Licznarski Piotr, Lema-Rumińska Justyna</i>	
<b>13. Kierunki i metody hodowli kaktusów z rodzaju <i>Astrophytum</i></b>	<b>85</b>
<i>Licznarski Piotr, Lema-Rumińska Justyna</i>	



Przedmowa

Szanowni Państwo, wydawnictwo „Młodzi Naukowcy” oddaje do rąk czytelnika kolekcję monografii naukowych dotyczących szerokiego spektrum nauk. Znajdują się tutaj pozycje dotyczące nauk medycznych i nauk o zdrowiu, nauk przyrodniczych, nauk technicznych i inżynierskich oraz szeroko pojętych nauk humanistycznych i społecznych.

W prezentowanych monografiach poruszany jest bardzo szeroki przekrój zagadnień, jednak każda z osobna składa się z kilkunastu rozdziałów, spójnych tematycznie, dających jednocześnie bardzo dobry przegląd tematyki naukowej jaką zajmują się studenci studiów doktoranckich lub ich najmłodszy absolwenci, którzy uzyskali już stopień doktora.

Czytelnikom życzymy wielu przemyśleń związanych z tematyką zaprezentowanych prac. Uważamy, że doktoranci i młodzi badacze z pasją i bardzo profesjonalnie podchodzą do swojej pracy, a doświadczenie jakie nabierają publikując prace w monografiach wydawnictwa „Młodzi Naukowcy”, pozwoli im udoskonalać swój warsztat pracy. Dzięki temu, z pewnością wielu autorów niniejszych prac, z czasem zaczną publikować prace naukowe w prestiżowych czasopismach. Przyczyni się to zarówno do rozwoju nauki, jak i każdego autora, budując jego potencjał naukowy i osobisty.

*Redakcja*



# 1. Dyskopatia jako jedno z najczęściej występujących schorzeń u małych zwierząt

Discopathy as one of the most common conditions in small animals

Kania Maciej<sup>(1)</sup>, Głuc Adrianna<sup>(2)</sup>, Spyra Natalia<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Institut Zoologii i Badań Biomedycznych, Wydział Biologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

<sup>(2)</sup>Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Kania Maciej: mac.kania@student.uj.edu.pl

Słowa kluczowe: neurorehabilitacja, zwyrodnienie krążka międzykręgowego, diagnostyka obrazowa

## Streszczenie

Obecnie jednymi z najczęściej diagnozowanych schorzeń neurologicznych u małych zwierząt są dyskopatie. Ze względu na rasę oraz tryb życia zwierząt uszkodzenie krążka międzykręgowego może nastąpić w wyniku urazu lub zwyrodnienia. Leczenie tego schorzenia rozpoczyna się od postawienia właściwej diagnozy popartej diagnostyką obrazową, zwykle rezonansem magnetycznym oraz badaniem neurologicznym. Najczęściej tacy pacjenci poddawani są leczeniu operacyjnemu, mimo to można uniknąć zabiegu chirurgicznego poprzez leczenie zachowawcze. Opieka pooperacyjna opiera się na wdrożeniu natychmiastowej i intensywnej rehabilitacji, wspomaganiej farmakologią.

## 1. Wstęp

Dyskopatia oznacza uszkodzenie dysku i jest zbiorczym określeniem zmian patologicznych w obrębie krążków międzykręgowych (Disci intervertebrales). Elastyczna struktura krążka międzykręgowego, składająca się z pierścienia włóknistego (annulus fibrosus) i jądra miażdżystego (nucleus pulposus), umożliwia ograniczoną ruchomość poszczególnych trzonów kręgowych względem siebie, a jednocześnie pełni ważną funkcję amortyzującą. Galaretowate jądro miażdżyste (nucleus pulposus), które zawiera tylko kilka komórek mezenchymalnych i włókien, jest osadzone w pierścieniu włóknistym (annulus fibrosus), który jest mocno połączony z płytami końcowymi kręgow i składa się z tkanki włóknistej. W szczególności w wyniku zwyrodnienia krążka międzykręgowego, znacznie rzadziej w wyniku urazu, może dojść do wypadnięcia jądra miażdżystego w wyniku rozerwania pierścienia włóknistego.

Według klasyfikacji Hansena wyróżnia się dwa typy zwyrodnienia dysku. Metaplazja chondroidalna jądra miażdżystego (zwyrodnienie Hansena typu I) rozpoczyna się niekiedy w pierwszych latach życia wysuszeniem i utratą elastyczności pierścienia włóknistego oraz zwyrodnieniem, martwicą i zwapnieniem jądra miażdżystego i prowadzi do klinicznych dolegliwości kręgosłupa w wieku 4-6 lat, głównie u psów ras chondrodystroficznych (np. jamnik, pekińczyk, spaniel, pudel).

Metaplazja włóknista (zwyrodnienie Hansena typu II) jest obserwowana u wszystkich ras, ale głównie u większych, w trakcie starzenia się. Następuje stopniowe przekształcenie materiału jądra w tkankę włóknistą, która ze względu na swoją konsystencję ma znacznie mniejszą tendencję do wypadania. Przepukliny dysku z wybrzuszeniem do kanału kręgowego są rzadsze i należy się ich spodziewać dopiero w starszym wieku (6-10 lat).

Incydenty międzykręgowe występują najczęściej: między drugim kręgiem szyjnym a pierwszym kręgiem piersiowym, w tym 50% wszystkich przypadków między C2 i C3, pomiędzy 10. kręgiem piersiowym a 6. kręgiem lędźwiowym, w tym 70% między Th1-L2 oraz pomiędzy L7-S1 jako jedna z przyczyn zespołu cauda equina (tzw. końskiego ogona) (Kohn i Schwarz 2017).

## 2. Opis zagadnienia i przegląd literatury

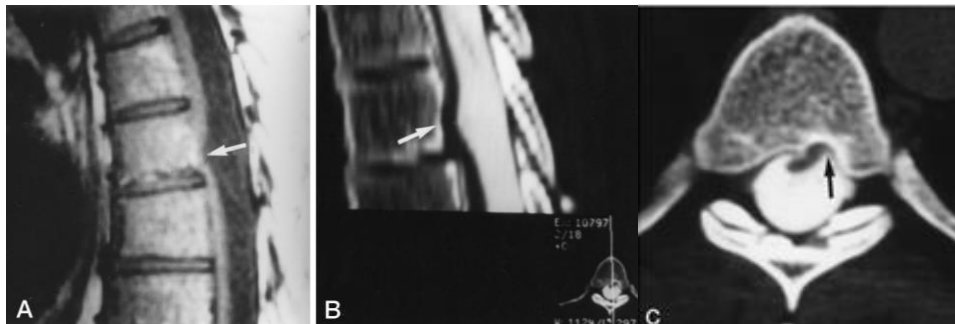
### 2.1 Diagnostyka

Pierwszym etapem leczenia danego schorzenia jest poprawna i jak najbardziej dokładna diagnoza pacjenta. W przypadku dyskopatii diagnozę rozpoczyna się od wywiadu oraz kontroli

neurologicznej. Specjalista sprawdza sposób poruszania się zwierzęcia, ruchy zamierzone kończyn oraz ewentualne niedowłady lub paraliż. Należy również skontrolować reakcje posturalne oraz czucie głębokie zwierzęcia. Równie ważne są odruchy: kolanowy, piszczelowy przedni, zginania i kroczywo itp. Warto poddać próbie czucie bólu, poprzez uciskanie palcami danych miejsc na ciele zwierzęcia.

Kolejnym krokiem podczas podejrzenia dyskopatii jest wykonanie obrazowania, mającego na celu potwierdzenie urazu w obrębie kręgosłupa. Jedną z najpowszechniejszych metod, używanych w medycynie weterynaryjnej, jest mielografia oraz tomografia komputerowa. Mielografia jest metodą radiologiczną, przy pomocy której obrazuje się rdzeń kręgowy oraz przestrzeń kanału kręgowego. Aby wykonać takie badanie należy podać do przestrzeni podpajęczynówkowej lub zbiornika wielkiego (cisterna magna) środek kontrastowy. Technika ta pozwala uwidocznic tkanki miękkie, a tym samym deformacje rdzenia czy opon. Podczas wykonywania diagnoz stosuje się również mielotomografię – kombinację dwóch technik obrazowania – mielografii i tomografii komputerowej (Lim i in. 2010). Sama tomografia komputerowa skupia się na obrazowaniu tkanek twardych (np. kości) z dość wysoką precyzją, co pozwala na zobrazowanie kręgosłupa. Połączenie obu tych technik daje jeszcze większą pewność, co do istoty schorzenia. Podczas wykonywania wszystkich trzech typów obrazowania zwierzę należy poddać znieczuleniu ogólnemu.

W ostatnich latach coraz częściej stosuje się także tomografię rezonansu magnetycznego w skrócie MRI. Jest to metoda nieinwazyjna, wykorzystująca fizyczne właściwości protonu, co w porównaniu z tomografią komputerową (wykorzystującą promieniowanie X) czy mielografią (podawanie środka kontrastowego) bardzo wyróżnia tę metodę. Obraz powstaje na podstawie zbieranych przez program różnych czasów relaksacji protonu w danej tkance, co pozwala na bardzo dokładne zobrazowanie interesującego nas odcinka kręgosłupa czy innych części ciała zwierzęcia. Badania potwierdzają również, że MRI jest techniką, która z większą precyzją wskazuje stronę ciała, po której nastąpiło schorzenie, a także pokazuje jej większą czułość w obrazowaniu w porównaniu z niekontrastową tomografią komputerową (Cooper i in. 2014).



**Rys. 1.** Techniki obrazowania w odcinku Th6 u psa. A: przekrój strzałkowy technika MRI. B: przekrój strzałkowy wykonany mielotomografią. C: przekrój osiowy w tomografii komputerowej (Watters i in. 1998)

## 2.2 Leczenie

Podjęcie decyzji, czy dyskopatia musi być leczona operacyjnie czy zachowawczo, poprzedzone powinno być wcześniejszym, dokładnym rozpoznaniem. W celu wsparcia i osiągnięcia idei, jaką jest odzyskanie normalnego wzorca chodu i dobrej jakości życia pacjenta, mamy do dyspozycji wiele opcji terapeutycznych. Ponieważ często połączenie zarówno leczenia zachowawczego jak i operacyjnego przynosi najlepsze efekty, należy dążyć do interdyscyplinarnej współpracy w ścisłej koordynacji z lekarzem weterynarii i zoofizjoterapeutami. Pacjentów z chorobą krążka międzykręgowego (IVDD) dzieli się na 5 kategorii w zależności od stopnia deficytów neurologicznych:

Stopień 1: bolesność

Stopień 2: niedowład ambulatoryjny/ ataksja

Stopień 3: niedowład nieambulatoryjny

Stopień 4: paraplegia z wrażliwością na głębokość

Stopień 5: paraplegia bez wrażliwości na głębokość



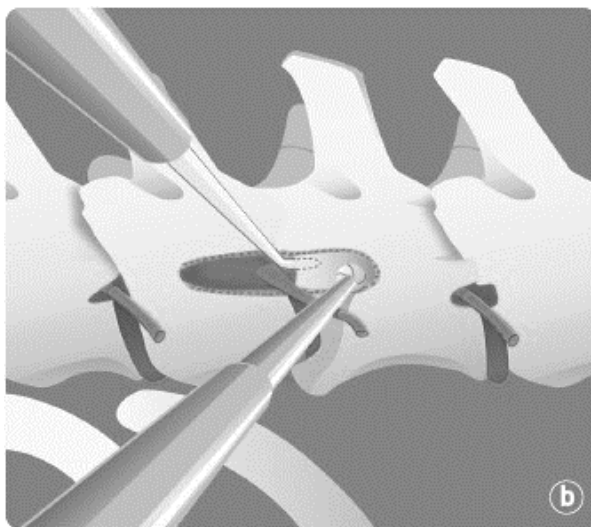
Paresis = lekki paraliż, funkcje motoryczne obecne

Plegie = ciężki paraliż, brak funkcji

W szczególności podczas badania odruchu zginania ważne jest, aby pacjent wykazywał reakcję na ból w postaci zachowania obronnego, wykraczającego poza reakcję odciągania kończyny (odruch rdzeniowy). W przypadku stopnia 5 zwykle zalecana jest natychmiastowa operacja (w ciągu 48 godzin). Zdiagnozowanie i zlokalizowanie przepukliny wymaga dokładnego badania neurologicznego, a następnie badań obrazowych. Jeśli mamy do czynienia z deficytami neurologicznymi stopnia 1 lub 2, psy możemy leczyć zachowawczo. Tym samym wprowadzamy zmniejszony ruch, aby uniknąć dalszego rozprzestrzeniania się choroby i umożliwić pacjentowi bezpieczną rekonwalescencję. Dodatkowo, jeśli lekarz zaleci, wprowadza się terapię farmakologiczną, obejmującą przyjmowanie leków przeciwbólowych oraz przeciwzapalnych, np. niesteroidowe leki zapalne (NLPZ) (Düver i in. 2020).

Zwierzęta wykazujące poważniejsze objawy neurologiczne powinny być leczone chirurgicznie. Ze względu na dobre rokowanie u pacjentów z chirurgiczną dekompresją dysku, leczenie operacyjne zaleca się zarówno pacjentom z nawrotami stopnia 1 oraz 2, u których leczenie zachowawcze nie przyniosło zadowalających rezultatów, jak i wszystkim chorym z niedowładem nieambulatoryjnym oraz paraplegią. Właściciele psów, u których stwierdzono paraplegię stopnia 5., powinni być również edukowani na temat ryzyka, jakie niesie za sobą wykonanie zabiegu oraz odpowiedzialności za pacjenta, który może w przyszłości wymagać stałej opieki. Wczesne usunięcie materiału z wypadniętego jądra miążdżystego znacznie skraca czas powrotu do sprawności ruchowej. Chirurgia kręgosłupa należy do rąk wyspecjalizowanych i odpowiednio przeszkolonych lekarzy weterynarii, gdyż nie należy lekceważyć ryzyka uszkodzeń jatrogennych, wynikających z błędnej techniki operacyjnej i znieczulenia, które ze względu na niedokrwienie wcześniej uszkodzonej tkanki nerwowej jest niezwykle wymagające.

W przypadku kręgów szyjnych lekarze wykonują tzw. spondylektomię brzusznią, gdzie występuje dostęp do kanału kręgowego od strony brzusznej poprzez wytworzenie otworu w kształcie szczeliny przez krążek międzykręgowy i trzony sąsiednich kręgów. Metoda ta jest zwykle stosowana w celu usunięcia centralnie położonych mas wypadniętych. Do technik odbarczających w odcinku piersiowo-lędźwiowym należą: hemilaminektomia, czyli jednostronne usunięcie łuku kręgowego wraz z wyrostkiem stawowym, pedikulektomia, inaczej zwana mini-hemilaminektomią, polegającą na częściowym usunięciu łuku kręgowego wraz z wyrostkiem robaczkowym, ale z pozostawieniem nienaruszonego wyrostka stawowego oraz laminektomia, czyli usunięcie grzbietowej części obu łuków kręgowych.



**Rys. 2.** Zabieg hemilaminektomii (Méheust 2007).

W usuwaniu przewlekłych wypadnięć typu II, które często mają bardzo twardą konsystencję z towarzyszącymi zrostami do opony twardej, skuteczną okazała się korpektomia boczna, która pozwala na "wydrążenie" wypadnięcia od strony brzusznej. Fenestracja może być wykonywana jako technika profilaktyczna w połączeniu z hemilaminectomią, pedikulektomią, korpektomią lub techniką "szczeliny brzusznej". Stosuje się ją w celu wyeliminowania utajonego ryzyka wypadania materiału sąsiednich dysków w przyszłości. Operacja ma na celu usunięcie materiału wypadniętego dysku, ale przede wszystkim odbarczenie rdzenia kręgowego. W okresie pooperacyjnym pacjent powinien otrzymywać leki przeciwbólowe i przeciwzapalne. Ponadto, pies powinien być utrzymywany w spokoju i poddawany fizjoterapii, aby wspomóc okres rekonwalescencji pooperacyjnej. W zależności od umiejscowienia i nasilenia objawów należy również kontrolować ilość oddawanego moczu, a w razie potrzeby regularnie opróżniać pęcherz moczowy.

Rokowanie dla pacjentów z przepukliną krążka międzykręgowego jest różne w poszczególnych przypadkach. Brak wrażliwości na głębokość jest negatywnym czynnikiem prognostycznym, zmniejszającym szanse na życie bez objawów po terapii (Kohn i Schwarz 2017).

### 2.3 Fizjoterapia

Podczas opieki pooperacyjnej u pacjentów podstawą jest natychmiastowa, intensywne rehabilitacja. Zwlekanie z rozpoczęciem wprowadzania pacjenta w ruch skutkuje atrofią mięśniową spowodowaną brakiem inicjowania skurczów agonistów i antagonistów poprzez krok, stopniowym znoszeniem odruchów rdzeniowych oraz odczuwania bólu głębokiego. Protokół, który stosuje się podczas takiej rehabilitacji określa się nazwą neurorehabilitacji funkcjonalnej (FNR) (Gonçalves i in. 2016) Jej celem jest ukształtowanie prawidłowego wzorca chodu, wraz ze wzmocnieniem odruchu kroczonego oraz wypracowaniem niezależności ruchowej u pacjenta. Opiera się ona głównie na właściwościach centralnego układu nerwowego, którymi są między innymi neuroplastyczność i neuromodulacja. Niewątpliwą zaletą układu nerwowego jest jego zdolność do wytwarzania nowych szlaków neurologicznych z udziałem FNR, dzięki którym osiąga się jej główny cel (Thomas i in. 2014)

Podstawową metodą rehabilitacyjną stosowaną u pacjentów pooperacyjnych jest trening lokomotoryczny. Polega on na motywowaniu zwierzęcia do wyprowadzania samodzielnego kroku, jego wzmocnienia i utrwalania. Taki trening może odbywać się przy użyciu różnych sprzętów, powierzchni oraz ćwiczeń aktywnych. W przypadku pacjentów z brakiem czucia głębokiego w oparciu o właściwości centralnego układu nerwowego, podczas rehabilitacji wytwarza się łuk odruchowy pozwalający pacjentowi na samodzielne poruszanie się. Odbywa się on bez udziału mózgu, tzn. bodziec oddziałujący na nocyceptory symuluje mięsień do skurczu, bez informacji czuciowej, która dociera do mózgu. Poruszanie się zwierzęcia opiera się tylko i wyłącznie na dobrze wykształconych odruchach skrzyżno-wyprostnych (Harkema i in. 2012)

W początkowym etapie neurorehabilitacji duże znaczenie ma uruchamianie pacjenta na bieżniach - suchej (zwłaszcza w momencie, kiedy nie zostały ściągnięte szwy) oraz wodnej. Praca z takim zwierzęciem opiera się na wykonywaniu ruchu kroczonego za pacjenta. Należy również zwrócić uwagę, czy w badaniu neurologicznym przeprowadzanym podczas konsultacji zoofizjoterapeutycznej u pacjenta jest obecne nadmierne napięcie mięśniowe (spastyczne) czy zniesione napięcie (wiotkie). W przypadku zwierzęcia spastycznego bardzo ważne jest unikanie nadmiernego stymulowania mięśni do wzmocnienia napięcia. Rozciąganie mięśni oraz intensyfikowanie percepcji nocyceptorów, czyli receptorów czucia głębokiego prowadzi do wzmocnienia spastyczności i wydłużania czasu jej ustępowania (możliwe jest również przewlekłe utrzymanie spastyczności). U takiego pacjenta wyprowadza się krok delikatny, bez nadmiernego uderzenia w taśmę bieżni, a amplituda kroku powinna być na poziomie połowy wykroku i zakroku. Podczas napięcia wiotkiego inicjowanie wzrostu napięcia mięśni jest niezbędne do utrwalenia kroku. Jest on mocny, z uwidocznionym stąpnieniem o taśmę, a ruch kończyną powinien być wyprowadzony maksymalnie do przodu. Pacjent na bieżni powinien być spionizowany oraz ustabilizowany w takim stopniu, aby kończyny były wyprostowane, a linia kręgosłupa utrzymana równolegle do podłoża. Taki trening na bieżni suchej rozpoczyna się od krótkiego czasu na prędkości komfortowej dla pacjenta, jednak na tyle szybkiej, aby była ona wystarczająca do utrzymania ruchu w miarę możliwości

samodzielnego. Wraz z postępem rehabilitacji zmniejsza się ilość przyrządów potrzebnych do stabilizowania, zmuszając pacjenta do przejmowania na siebie własnego ciężaru ciała oraz zwiększa się prędkość i wydłuża czas treningu. W bieżni wodnej zmienia się również zanurzenie pacjenta, rozpoczynając od zanurzenia powyżej ramienia, aby stawy i mięśnie były jak najbardziej odciążone, a ciężar ciała całkowicie przejęty przez wodę, kończąc na zanurzeniu poniżej łokcia oraz nadgarstka, aby wypracować stabilizację mięśni naokoło kręgosłupa oraz równowagę (Levine i in. 2014)



**Rys. 3.** Hydroterapia. (Martins 2017).

W miarę jak pacjent jest w stanie samodzielnie utrzymywać spionizowaną postawę rozpoczyna się z nim ćwiczenia aktywne w celu wzmacniania równowagi, prawidłowego wzorca chodu oraz percepcji czuciowej przy udziale powierzchni o różnej strukturze. Duże znaczenie mają tory cavaletti, które inicjują zginanie kończyn w stawach oraz propriocepcję. Ćwiczenia siad-wstań wzmacniają mięśnie uda kończyn miednicznych, dzięki czemu pacjent ma większą możliwość, aby utrzymywać samodzielnie pozycję spionizowaną.

Zabiegi fizyioterapeutyczne są zabiegami wspomagającymi podczas neurorehabilitacji. Jednym z najczęściej stosowanych zabiegów jest elektrostymulacja mięśniowa, poprzez którą jednocześnie zwiększa się bodźcowanie mięśni oraz biernie zwiększa się ich przyrost. W porównaniu z ruchem aktywnym jest to przyrastanie mało trwałe i efektywne, jednakże niezbędne, aby utrzymać masę mięśniową u pacjentów niechodzących. Jedną z elektrod umieszcza się na wyjściu nerwu rdzeniowego, a drugą na punkcie motorycznym mięśnia, który dany nerw rdzeniowy unerwia. Podczas elektrostymulacji impulsy nerwowe biorą udział w budowaniu nowych połączeń neurologicznych, a tym samym tworzeniu się nowych sieci neuronowych.

Dodatkowo podczas neurorehabilitacji stosuje się także laser wysokoenergetyczny klasy IV. Ze względu na efekt termiczny, jaki wytwarza się podczas działania wiązką laserową zabieg ten wspomaga rozszerzenie naczyń krwionośnych. Działanie biostymulacyjne laseroterapii indukuje wytwarzanie substancji przeciwzapalnych, takich jak interleukiny i podtlenki azotu, które zmniejszają obszar objęty stanem zapalnym oraz działają analgetycznie (Kirkby 2014). Korzyścią laseroterapii jest również przyspieszenie regeneracji tkanek po operacji oraz gojenie się cięcia chirurgicznego, dzięki czemu czas, jaki musi upłynąć do zdjęcia szwów znacznie się skraca. Parametry zabiegu dobiera się w oparciu o stan pacjenta, jego reakcję na zabieg oraz umaszczenie (czarna sierść zwiększa ryzyko poparzeń).

Neurorehabilitacja funkcjonalna ma również duże znaczenie podczas fizjoterapii zachowawczej u pacjentów objętych ryzykiem dyskopatii, zwłaszcza u ras chondrodystroficznych. W przypadku zauważalnego postępowania niedowładu, dolegliwości bólowych lub wyniku diagnostyki obrazowej, która ukazuje potencjalne miejsca objęte zmianą chorobową, wprowadza się protokół mający na celu wzmacnianie mięśni okołokręgosłupowych oraz zmniejszanie stanu zapalnego w kręgosłupie. Bardzo ważne jest wprowadzanie takiego pacjenta w tzw. „zdrowy ruch”.

Nie zaleca się maksymalnego ograniczania ruchu, gdyż skutkuje to spadkiem masy mięśniowej, osłabieniem odruchów rdzeniowych oraz zaburzeniami priopriocepcji. Utrzymywanie treningów na bieżniach, wzmacnianie kroku i ćwiczenia aktywne pozwalają na utrzymanie pacjenta w sprawności fizycznej, polepszającej komfort życia i funkcjonowania, a także prawdopodobne zapobiegnięcie dyskopatii. Mięśnie, które podczas badania palpacyjnego wykazywały atrofię mogą być stymulowane i wzmacniane dodatkowo elektrostymulacją.



**Rys. 4.** Ćwiczenia aktywne. (Martins 2017).

### **3. Podsumowanie i wnioski**

Jak wykazano powyżej, diagnostyka, leczenie oraz rehabilitacja w przypadku dyskopatii u psów intensywnie się rozwija i proponuje wiele rozwiązań mających na celu zmniejszenie dyskomfortu zwierząt, podniesienie komfortu terapii oraz skrócenie czasu leczenia. Jednakże działania te prowadzą ściśle do ograniczenia degeneracji kręgow oraz łagodzenia i zwalczania bólu, a także do przywrócenia swobody ruchowej zwierzęcia.

Innowacją w terapiach dyskopatii może być próba przywrócenia zdegenerowanego dysku do jego właściwej formy. W ostatnim czasie pojawia się coraz więcej badań celujących w regenerację kręgosłupa poprzez różnego typu techniki z użyciem komórek czy terapie genowe. Implikacja komórek (chondrocytów, mezychymalnych komórek macierzystych lub komórek notochondralnych) w miejsce zwyrodnienia krążka międzykręgowego pozwalają potencjalnie zregenerować część krążka. Dobrym pomysłem wydaje się być również podawanie czynników wzrostu w miejsce schorzenia, a także stosowanie terapii genowej, powodującej ekspresję czynników wzrostu. Poważnym ograniczeniem jest tutaj jednak długofalowa kontrola nad genami oraz trwałość czynników wzrostu (Bach i in. 2014).

### **4. Literatura**

- Bach FC, Willems N, Penning LC i in. (2014). Potential regenerative treatment strategies for intervertebral disc degeneration in dogs. *BMC veterinary research*, 10, 3.
- Cooper JJ, Young BD, Griffin JF i in. (2014). Comparison between noncontrast computed tomography and magnetic resonance imaging for detection and characterization of thoracolumbar myelopathy caused by intervertebral disk herniation in dogs. *Veterinary radiology & ultrasound : the official journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association*, 55(2), 182–189.
- Düver P, Challande-Kathmann I, Börner D i in. (2020) Hands on - Manuelle und Physikalische Therapien in der Tiermedizin; 2(03): 40 - 43
- Gonçalves F, Martins A, Alves M i in. (2016) Functional Neurorehabilitation in Dogs with Cervical Neurologic Lesion. *J Veterinar Sci Technol*, 7:2

- Harkema SJ, Schmidt-Read M, Lorenz DJ i in. (2012) Balance and Ambulation Improvements in Individuals with Chronic Incomplete Spinal Cord Injury Using Locomotor Training-Based Rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 93: 1508-1516.
- Kirkb WB, Olby N, Sharon L (2014) Neurologic Conditions and Physical Rehabilitation of the Neurologic Patient. In Millis DL, Levine D, *Canine Rehabilitation and Physical Therapy*
- Kirkby K (2014) Lasertherapy: 8th International Symposium on Veterinary Rehabilitation / Physical Therapy and Sports Medicine - American College of Veterinary Sports Medicine and Rehabilitation.
- Kohn B, Schwarz G (2017) Hrsg. *Praktikum der Hundeklinik*. 12.
- Levine D, Millis DL, Flocker J i in. (2014) Aquatic therapy. *Canine Rehabilitation and Physical therapy*
- Lim C, Kweon OK, Choi MC i in. (2010). Computed tomographic characteristics of acute thoracolumbar intervertebral disc disease in dogs. *Journal of veterinary science*, 11(1), 73–79.
- Martins A (2017) Functional Neurorehabilitation - The Locomotor Quadrupedal Animal Training Adapted to the Bipedal Human. *International Archives of Medicine*, [S.l.], v. 8
- Méheust P (2007) Bandscheibenchirurgie. *Veterinary Focus*; 17(03): 24 - 31.
- Watters MR, Stears JC, Osborn AG i in. (1998). Transdural spinal cord herniation: imaging and clinical spectra. *AJNR. American journal of neuroradiology*, 19(7), 1337–1344.

## **2. Żebro szyjne u psów - etiologia, objawy, diagnostyka oraz leczenie – przegląd literatury**

Cervical rib in dogs – etiology, clinical signs, diagnostic and treatment – literature review

Aleksandra Kimicka

Katedra Fizjologii Zwierząt, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekun naukowy: dr hab. Marek Bienko

Aleksandra Kimicka: aleksandra.kimicka@gmail.com

Słowa kluczowe: geny Hox, nadliczbowe żebro

### **Streszczenie**

Żebro szyjne to występowanie dodatkowego, nadliczbowego żebra lub pary żeber, na ostatnim kręgu odcinka szyjnego kręgosłupa. Sporadycznie żebra szyjne obserwowane są na szóstym, piątym lub ekstremalnie rzadko czwartym kręgu szyjnym. Jest to wada o charakterze wrodzonym, występująca zarówno u ludzi, jak i u zwierząt. Obecność nadliczbowych żeber szyjnych może przebiegać zupełnie bezobjawowo lub powodować objawy od umiarkowanych do ciężkich, które mogą pojawiać się pod wpływem określonych czynników predysponujących, takich jak uraz czy wady postawy. Dlatego też żebro szyjne, jako wada wrodzona, nie powinno być eliminowane z listy diagnoz różnicowych u dorosłych pacjentów. W porównaniu z ludźmi, żebra szyjne u zwierząt występują zdecydowanie rzadziej oraz znacznie częściej nie powodują objawów chorobowych. Większość przypadków obecności żebra szyjnego diagnozowana jest incydentalnie i nie powoduje objawów klinicznych. Symptomy związane z nadliczbowymi żebrami mogą dotyczyć zaburzeń neurologicznych, krążeniowych oraz oddechowych. Postępowanie terapeutyczne obejmuje leczenie zachowawcze lub chirurgiczną resekcję nadliczbowych żeber.

### **1. Wstęp**

U psów i kotów kręgosłup zbudowany jest z siedmiu kręgów szyjnych, trzynastu kręgów piersiowych, siedmiu kręgów lędźwiowych, trzech kręgów krzyżowych oraz różnej liczby kręgów ogonowych. Fizjologicznie pierwsza para żeber wywodzi się z pierwszego kręgu piersiowego. Żebro szyjne to anomalia dotycząca odcinka szyjnego kręgosłupa. Polega ona na obecności dodatkowego żebra lub pary żeber, wywodzących się z kręgów odcinka szyjnego kręgosłupa. Zmiana najczęściej dotyczy ostatniego, siódmego, kręgu szyjnego, rzadziej szóstego i niezwykle rzadko piątego kręgu szyjnego kręgosłupa (Adson i Coffey 1927). Opisany został również przypadek żebra szyjnego zlokalizowanego na czwartym kręgu szyjnym (Spadliński i in 2016). W ponad 50% przypadków żebro szyjne jest obustronne (Ricciardi i in. 2015). Zazwyczaj obecność żebra szyjnego nie powoduje objawów klinicznych, a jego obecność stwierdzana jest przypadkowo. Niemniej jednak wiadomo obecnie, że żebro szyjne może wywoływać zespół objawów oraz stanowić marker genotypu choroby podstawowej.

### **2. Opis zagadnienia**

Układ kostny psów i kotów wywodzi się z mezodermy przyosiowej. Tkanka kostna, wywodząca się z komórek menezchymalnych, rozwija się na podłożu tkanki łącznej błoniastej (kostnienie na podłożu błoniastym), bądź na podłożu tkanki chrzęstnej szklistej (kostnienie na podłożu chrzęstnym). W rozwoju embrionalnym somity powstałe z komórek mezodermalnych dzielą się, tworząc: sklerotom, część grzbietową oraz część brzuszną. Następnie sklerotomy przekształcają się w komórki mezenchymalne z których rozwijają się żebra.

### 3. Przegląd literatury

Geny homeotyczne (Hox) to czynniki transkrypcyjne zawierające homeodomenę. Pełnią zasadniczą rolę w ustalaniu morfologii szkieletu osiowego i mają kluczowe znaczenie w rozwoju kręgosłupa oraz żeber. Po raz pierwszy zostały opisane u *Drosophila melanogaster*, z powodu ich zdolności do segmentalnych homeotycznych przemian w planie ciała (Lewis 1963). Geny Hox zlokalizowane są w czterech skupiskach, powstałych na skutek duplikacji i rozbieżności z pierwotnego genu Hox (Duboule 1992). Mutanty, u których doszło do utraty funkcji w wyniku mutacji genomu, doświadczyły transformacji homeotycznych. Obecność transformacji homeotycznych skutkowała wykształceniem ektopowego żebra w siódmym kręgu szyjnym u mutantów Hoxa5 oraz Hoxa6 (Wellik 2007). Podejrzewa się również, iż geny Hox odrywają także rolę w onkogenezie (Grier i in. 2005). Mogą odpowiadać za wystąpienie nowotworów u dzieci, między innymi ostrej białaczki limfoblastycznej czy gwiaździaka. Brak jest dostępnych danych, odnośnie korelacji pomiędzy obecnością nadliczbowych żeber a predyspozycją do chorób nowotworowych u psów.

Inny istotny gen odpowiedzialny za rozwój szkieletu to czynnik różnicowania wzrostu 11 (GDF 11, ang. Growth differentiation factor 11). Zahamowanie funkcji GDF 11 prowadzi do zaburzeń we wzroście szkieletu osiowego. Aktywność GDF 11 może być antagonizowana poprzez propeptyd GDF 11, powstały w wyniku rozszczepienia proteolitycznego białka prekursorowego. Kawasumi i in. (rok) w swoich badaniach stworzyli myszy transgeniczne, aby zbadać wpływ propeptydu GDF 11 na poziom GDF 11. Ich badania wykazały, że u myszy transgenicznych z dużą częstością dochodziło do wykształcenia żeber szyjnych na siódmym kręgu szyjnym. Co więcej zaobserwowano u nich przesunięcie położenia genów Hoxa4 i Hoxa5 (Li i in. 2010).

Na podstawie aktualnego stanu wiedzy można wyodrębnić cztery typy żeber szyjnych:

- a) duży, przerostowy wyrostek poprzeczny w obrębie siódmego kręgu szyjnego.
- b) szczątkowe żebro szyjne z wolnym końcem i nie połączone z pierwszym żebrem.
- c) niekompletne żebro szyjne połączone z pierwszym żebrem tkanką włóknistą.
- d) kompletne żebro szyjne połączone z pierwszym żebrem za pomocą chrzęstnego stawu rzekomego (Sanders, Hammond 2002).

#### 3.1 Objawy

Obecność nadliczbowego żebra lub pary żeber, może przebiegać zupełnie bezobjawowo. Objawy towarzyszące żebróm szyjnym u psów nie są specyficzne i w diagnostyce różnicowej należy wziąć pod uwagę między innymi inne wady rozwojowe oraz zmiany o charakterze rozrostowym. Objawy pochodzą głównie z układu oddechowego, układu nerwowego lub układu krążenia. Żebro szyjne jako rozpoznanie, może być uwzględnione u psów w każdym wieku, ponieważ określone czynniki mogą doprowadzić do pojawienia się symptomów.

Z obserwacji własnych autorki wynika, że obecność żebra szyjnego może prowadzić do zaburzeń motoryki kończyn piersiowych na skutek deficytów neurologicznych spowodowanym uciskiem w obrębie splotu barkowego. Może dojść do zaburzenia lub zniesienia reakcji propriocepcji oraz reakcji skakania i hemiwalkingu, występuje monoplegia lub paraplegia. Możliwe jest osłabienie odruchów rdzeniowych, takich jak odruch z mięśnia prostownika nadgarstka promieniowego, odruch mięśnia trójgłowego, odruch mięśnia dwugłowego oraz odruchów z mięśni zginaczy w kończynach piersiowych. Opisane zaburzenia neurologiczne są spowodowane uciskiem nadliczbowych żeber na splot barkowy. Wśród zaburzeń neurologicznych obserwowane są także przypadki przebiegające z tetraparezą, zaburzonymi reakcjami postawy oraz dyskomfortem bólowym w obrębie szyi (Ricciardi i in. 2015). Wśród innych poznanych zaburzeń neurologicznych towarzyszących obecności żeber szyjnych wyróżnia się atrofię mięśni kończyny piersiowej, parestezje i zaburzenia czucia oraz bolesność kończyn piersiowych (Higashihara i in. 2016).

Cantalamessa i in. W 2017 roku opisali przypadek psa, u którego żebro szyjne wywołało objawy z dróg oddechowych. Doszło wtedy do zasinienia błon śluzowych oraz pojawiła się duszność po intensywnym wysiłku fizycznym. W wywiadzie klinicznym uzyskano informację o przewlekłym kaszlu, który pojawił się w pierwszym roku życia zwierzęcia. Badanie radiologiczne wykazało zapad

tchawicy w odcinku szyjnym bezpośrednio związany z nadliczbowymi żebrami w obrębie siódmego kręgu szyjnego oraz zaburzeniami w obrębie pierwszej pary żeber (Cantalamesa i in. 2017).

Nieprawidłowości w obrębie układu krążenia i naczyń krwionośnych są częściej opisywane u ludzi, niż u zwierząt. U ludzi obecność żebra szyjnego może prowadzić do wystąpienia zespołu górnego otworu klatki piersiowej (Klaassen i in. 2013). W zależności od typu naczynia krwionośnego, które jest poddane uciskowi przez żebro szyjne wyróżnia się tętniczy zespół górnego otworu klatki piersiowej oraz żylny zespół górnego otworu klatki piersiowej (Sanders i in. 2008). Tętniczy zespół górnego otworu klatki piersiowej charakteryzuje się niedokrwieniem kończyn górnych, owrzodzeniami palców, embolizacją obwodową oraz różnicą ciśnienia krwi na poziomie powyżej 20 mmHg (Povlsen i Povlsen 2018). Ponadto występuje zjawisko Raynauda, czyli drętwienie palców rąk i stóp, oraz dodatni test Adsona. Postać żylna objawia się natomiast obrzękiem kończyn piersiowych, rozszerzeniem naczyń żylnych oraz bólem dłoni i przedramienia (Klaassen i in. 2013).

### 3.2 Diagnostyka

Żebra szyjne nie pełnią żadnej funkcji w organizmie (Mota i in. 2021). W większości przypadków zarówno u ludzi, jak i u zwierząt, żebro szyjne zazwyczaj jest wykrywane incydentalnie w trakcie badania radiologicznego (Sanders i Hammond 2002). W większości przypadków obecność żebra szyjnego u psów nie powoduje żadnych objawów klinicznych (Cantalamesa i in. 2017). Jednakże możliwe jest ich wystąpienie zarówno w młodym wieku, jak i u dorosłych osobników. Uraz, wady postawy oraz zmiany degeneracyjne związane z wiekiem mogą zwiększyć ryzyko wystąpienia objawów klinicznych związanych z obecnością żebra szyjnego. Zespół symptomów może nasunąć podejrzenie, jakim jest obecność dodatkowego żebra lub pary żeber, jednak do postawienia ostatecznego rozpoznania powinna zostać przeprowadzona diagnostyka obrazowa.

Wykonane standardowych projekcji radiologicznych w większości przypadków jest dostateczną metodą do wykazania obecności żebra szyjnego (Sanders i Hammond 2008). W medycynie weterynaryjnej badanie radiologiczne jest badaniem małoinwazyjnym, niedrogim oraz niewymagającym znieczulenia pacjenta. Niemniej jednak należy uwzględnić możliwe przyczyny błędów podczas rozpoznawania obecności dodatkowych żeber przy pomocy obrazowania radiologicznego. Pierwsza z przyczyn to zaburzenie w rozwoju pierwszego żebra lub pary żeber. Druga przyczyna dotyczy obecności dodatkowego kręgu szyjnego lub lędźwiowego przy współistnieniu trzynastu par żeber. Wymieniona anomalia występuje rzadko, jednak jej obecność może powodować trudności w interpretacji obrazu radiologicznego (Keating i Amberg 1954)

W diagnostyce żebra szyjnego wykorzystuje się również badanie ultrasonograficzne. Badanie USG w diagnostyce żebra szyjnego może okazać się szczególnie przydatne, ponieważ ultrasonografia lepiej obrazuje struktury chrzęstne niż badanie radiologiczne. Co więcej badanie ultrasonograficzne umożliwia nie tylko wykazanie obecności żebra szyjnego, lecz także zobrazowanie uciśniętych naczyń krwionośnych i prześledzenie nieprawidłowości w przepływie krwi (Blankstein, Ganel, Diamant i in. 2006). Badanie ultrasonograficzne jest dobrą metodą diagnostyczną, która umożliwia szybkie postawienie wstępnej diagnozy i różnicowanie schorzeń przebiegających z uciskiem naczyń krwionośnych. Badanie ultrasonograficzne jest powszechnie wykorzystywaną metodą diagnostyczną w medycynie weterynaryjnej.

Zobrazowanie żebra szyjnego jest także możliwe z wykorzystaniem tomografii komputerowej (TK, CT ang. Computed Tomography). Co więcej, metoda ta, umożliwia rekonstrukcję 3D uzyskanego obrazu, co jest szczególnie istotne przy dokładnym obrazowaniu miejsca ucisku oraz przy planowanym postępowaniu chirurgicznym (Chandak i Kumar 2014). Do diagnostyki żebra szyjnego oraz do zobrazowania objętych tą anomalią struktur można także wykorzystać badanie rezonansem magnetycznym (Saxton i in. 1999). Dzięki badaniu rezonansem magnetycznym, można potwierdzić diagnozę i wykluczyć inne potencjalne schorzenia. Przeprowadzenie badania zarówno tomografem komputerowym, jak i rezonansem magnetycznym, wiąże się z koniecznością poddania pacjenta premedykacji (w przypadku tomografii komputerowej) lub znieczuleniu ogólnemu (w przypadku rezonansu magnetycznego). Ponad to obydwie metody diagnozowania obrazowego wiążą się z wysokim kosztem badania.



Dzięki rozwojowi technologii wykorzystywanej w diagnostyce ultrasonograficznej, obecnie możliwe stało się wykazanie nadliczbowych żeber w okresie prenatalnym dzięki badaniu 3D USG. Hershkovitz (numer pozycji) zbadał 167 ciężarnych kobiet, a u 23 płodów (6,3 %) wykazał nieprawidłową liczbę żeber. W dwóch przypadkach (0,54 %) zaobserwowano obustronną obecność żebra szyjnego, natomiast w trzech przypadkach stwierdzono jednostronne żebro szyjne. Reasumując 1,4 % badanych płodów miała dodatkowe żebro szyjne (Hershkovitz 2008). W medycynie weterynaryjnej badanie ultrasonograficzne 3D nie jest jeszcze powszechnie stosowaną techniką obrazowania.

### 3.3 Leczenie

Jeżeli obecność żebra szyjnego nie powoduje objawów u pacjenta, leczenie nie jest konieczne. Natomiast objawy kliniczne, które mogą wahać się od łagodnych poprzez umiarkowane do ciężkich, spowodowane obecnością żebra lub pary żeber wymagających interwencji lekarskiej. Jako postępowanie pierwszego rzutu przy żebrach szyjnych można zastosować leczenie zachowawcze obejmujące: fizjoterapię, leczenie glikokortykosteroidami, podawanie niesterydowych leków przeciwzapalnych i przeciwbólowych oraz wstrzykiwanie toksyny botulinowej (Li i in. 2021). Jeżeli leczenie zachowawcze nie przyniosło oczekiwanego rezultatu lub stan pacjenta tego wymaga należy przeprowadzić zabieg resekcji nadliczbowych żeber. Leczenie ma na celu uwolnienie pacjenta od bólu, zlikwidowanie osłabienia mięśni, dysfunkcji motorycznych, parestezji oraz zaburzeń krążeniowych. Priorytetem jest uniknięcie atrofii mięśni spowodowanej uciskiem nerwów oraz utraty funkcji motorycznej kończyn, jak również zapobieganie powstania zakrzepicy lub tętniaków tętnic podobojczykowych z powodu ucisku na naczynia krwionośne.

Postępowanie chirurgiczne i resekcja żebra szyjnego, często jednocześnie z pierwszym żebrzem, jest obecnie procedurą standardową. Umożliwia ono uwolnienie pacjenta od bólu oraz deficytów wywołanych obecnością żebra szyjnego. Uważa się także, iż resekcja zarówno żebra szyjnego, jak i pierwszego żebra, skutkuje mniejszym odsetkiem nawrotu objawów w odniesieniu do resekcji jedynie żebra szyjnego (Povlsen, Povlsen 2021). Resekcja nadliczbowych żeber u większości pacjentów powoduje ustąpienie symptomów choroby i pełny powrót do sprawności ruchowej. Rozpoznanie żebra szyjnego wiąże się z rokowaniem dobrym i szansą na pełne wyleczenie. Wyjątek stanowią przypadki, u których obecność nadliczbowych żeber doprowadziła do wystąpienia choroby zatorowej, między innymi w obrębie mózdzku.

Jedną z poznanych metod leczenia objawów towarzyszących obecności żeber szyjnych jest iniekcja domięśniowa toksyny botulinowej. Randomizowane badania przeprowadzone w roku 2011 przez Finlayson i in. polegały na podawaniu jednej grupie pacjentów toksyny botulinowej w iniekcji w mięśnie pochyłe oraz soli fizjologicznej jako placebo w drugiej grupie. W trakcie badań nie zaobserwowano znaczących różnic w redukcji bólu oraz poprawie sprawności fizycznej u obydwu grup. Jednakże pacjenci, którzy otrzymywali toksynę botulinową, deklarowali poprawę w zakresie odczuwanych parestezji (Finalyson, O'Connor, Brasher i in. 2011).

Nieodłącznym elementem postępowania przy objawowym żebrze szyjnym jest fizjoterapia. Jest ona wykorzystywana jako leczenie zachowawcze, oraz terapia wspomagająca po zabiegach chirurgicznych resekcji dodatkowego żebra. Zabiegi fizjoterapeutyczne u pacjentów po chirurgicznym usunięciu żeber szyjnych umożliwiają szybszy powrót do pełnej sprawności, niwelują dolegliwości bólowe oraz usprawniają odbudowę masy mięśniowej. W ostatnim czasie fizjoterapia weterynaryjna intensywnie rozwija się, oferując zwierzętom dostęp do najnowszych metod leczniczych oraz nowoczesnych aparatów. Dzięki temu możliwe jest prowadzenie terapii zachowawczej, wspomagającej oraz leczenie bólu u zwierząt.

## 4. Podsumowanie

Znaczenie kliniczne żeber szyjnych u psów nie jest do końca wyjaśnione. Dlatego też istnieć konieczność dokładnej diagnostyki pacjentów oraz zebranie szczegółowych danych. Znaczącym utrudnieniem jest incydentalne diagnozowanie nadliczbowych żeber, o ile nie wskazują na nią objawy kliniczne. Z powodu niedostatecznych danych, obecnie nie jest możliwe stworzenie precyzyjnego protokołu diagnostycznego oraz terapeutycznego. Zbyt mała ilość zgromadzonych dotychczas

informacji odnośnie żebra szyjnego u psów, uniemożliwia przewidywanie rokowania i czasu przeżywalność. Co więcej dodatkową trudność u zwierząt stanowi terapia i rozpoznawanie bólu, ponieważ nawet przy wnikliwej obserwacji zwierzęcia i poznaniu jego behawioru, pewne symptomy bólowe mogą pozostać nierozpoznane. Natomiast bezsprzecznym faktem jest, iż mimo sporadycznego występowania, żebro szyjne powinno być uwzględnione w rozpoznaniu różnicowym, szczególnie u pacjentów z deficytami neurologicznymi, problemami oddechowymi oraz zaburzeniami krążeniowymi.

## 5. Literatura

- Adson AW, Coffey JR (1927) Cervical rib: a method of anterior approach for relief of symptoms by division of the scalenus anticus. *Annals of Surgery* 85: 839-857.
- Blankstein A, Ganel A, Diamant L i in. (2006) Cervical Rib - Preliminary Data on Diagnosis by Ultrasound. *Ultraschall in Der Medizin - European Journal of Ultrasound*, 29(03), 286–288.
- Cantalamessa A, Martin S, Marchegiani A i in. (2017) Bilateral cervical ribs in a mixed breed dog. *The Journal of Veterinary Medical Science* 79(6): 1120-1124.
- Chandak S, Kumar A (2014) Usefulness of 3D CT in Diagnosis of Cervical Rib Presenting as Supraclavicular Swelling of Short Duration. *Journal of Clinical & Diagnostic Research* 8(5):RD01-RD2.
- Duboule D (1992) The vertebrate limb: a model system to study the Hox/HOM gene network during development and evolution. *Bioessays* 14: 375–384.
- Finlayson HC, O'Connor RJ, Brasher PMA i in. (2011) Botulinum toxin injection for management of thoracic outlet syndrome: a double-blind, randomized, controlled trial. *Pain* 152(9):2023-8.
- Grier D, Thompson A, Kwasniewska A i in. (2005) The pathophysiology of HOX genes and their role in cancer. *The Journal of Pathology* 205: 154-171.
- Hershkovitz R (2008). Prenatal diagnosis of isolated abnormal number of ribs. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology* 32(4): 506-509
- Higashihara M, Konoeda F, Sonoo M (2016) Neurological Signs and Symptoms of True Neurogenic Thoracic Outlet Syndrome. *Brain and Nerve* 68(5):521-529.
- Keating, D. R., & Amberg, J. R. (1954). A Source of Potential Error in the Roentgen Diagnosis of Cervical Ribs. *Radiology* 62(5), 688–694.
- Klaassen Z, Sorenson E, Tubbs RS i in. (2013). Thoracic outlet syndrome: A neurological and vascular disorder. *Clinical Anatomy*, 27(5), 724–732.
- Lewis EB (1963) Genes and developmental pathways. *American Zoologist* 3:33–56.
- Li N, Dierks G, Vervaeke HE i in. (2021) Thoracic Outlet Syndrome: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine* 10, 962.
- Li Z, Kawasumi M, Zhao B i in. (2010) Transgenic over-expression of growth differentiation factor 11 propeptide in skeleton results in transformation of the seventh cervical vertebra into a thoracic vertebra. *Molecular Reproduction and Development*, 77(11), 990–997.
- Mota S, Rodrigues CF, Moreira C (2021) Radiologic confirmation of bilateral cervical ribs in an adolescent. *Radiology Case Reports* 16(4): 798-800
- Povlsen S, Povlsen B (2018) Diagnosing Thoracic Outlet Syndrome: Current Approaches and Future Directions. *Diagnostics* 8, 21.
- Ricciardi M, De Simone A, Gernone F i in. (2015) Bilateral cervical ribs in a Doberman Pinscher. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 28(2), 145–150.
- Sanders RJ, Hammond SL (2002) Management of cervical ribs and anomalous first ribs causing neurogenic thoracic outlet syndrome. *Journal of Vascular Surgery*, 36(1), 51–56.
- Sanders RJ, Hammond SL, Rao NM (2008). Thoracic Outlet Syndrome. *The Neurologist* 14(6), 365–373.
- Saxton EH, Miller TQ, Collins JD (1999) Migraine complicated by brachial plexopathy as displayed by MRI and MRA: aberrant subclavian artery and cervical ribs. *Journal of the National Medical Association* 91(6):333-341.

Spadliński Ł, Cecot T, Majos A i in. (2016) The Epidemiological, Morphological, and Clinical Aspects of the Cervical Ribs in Humans. *BioMed Research International*

Wellik DM (2007) Hox Patterning of the Vertebrate Axial Skeleton. *Developmental Dynamics* 236: 2454-2463.

### 3. Zoonozy przenoszone przez ptaki

Bird borne zoonoses

Marta Kosińska<sup>(1)</sup>, Łukasz Czerniawski<sup>(1)</sup>, Jakub Łukaszczyk<sup>(1)</sup>, Remigiusz Bagrowski<sup>(1)</sup>, Karolina Makowska<sup>(1)</sup>, Justyna Batkowska<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Studenckie Koło Naukowe Biologii, Hodowli i Użytkowania Drobiu

<sup>(2)</sup> Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekun naukowy: prof. dr hab. Justyna Batkowska

Marta Kosińska: martalaurakosinska@gmail.com

Słowa kluczowe: gruźlica, ptasia grypa, bakterie

#### Streszczenie

Choroby przenoszone ze zwierząt na ludzi są powszechnym problemem w medycynie ludzkiej jak i weterynaryjnej. Ryzyko zarażenia się zoonozami częściej występuje u osób mających styczność z ptakami w codziennej pracy, gdyż mają oni kontakt z ich wydzielinami i wydaliniami. Szczególnie ważne przy każdym kontakcie z ptactwem czy innymi zwierzętami, które stanowią potencjalne źródło zakażenia jest zachowanie odpowiedniego poziomu higieny. Celem niniejszej pracy jest przegląd najczęściej występujących chorób przenoszonych przez ptaki na ludzi. W pracy tej możemy znaleźć opisy wybranych chorób, ich etiologię, objawy, a także sposoby prewencji.

#### 1. Wstęp

Zoonozy są to choroby bakteryjne, wirusowe, grzybicze, pasożytnicze, a nawet pierwotniacze, którymi może zarazić się człowiek od zwierząt. Do zakażenia najczęściej dochodzi poprzez kontakt bezpośredni ze zwierzęciem lub pośrednio poprzez wydzieliny i wydaliny. Człowiek jest bardziej podatny na zakażenie zoonozami pochodzącymi od ssaków, niż ptaków, gdyż wynika to z wyższego stopnia podobieństwa organizmu człowieka do organizmu ssaka. Jednak często rezerwuarem chorób będących zagrożeniem dla ludzi są ptaki wolnożyjące. Do zakażenia może dochodzić drogą pokarmową, poprzez spożycie zakażonego mięsa lub wody, lub drogą kropelkową, gdyż czynniki chorobotwórcze mogą znajdować się w kurzu lub pyłe. W przenoszeniu chorób biorą udział również wektory np. owady (Śmigielska 2010).

Poniżej opisano wybrane zoonozy, do których transmisji przyczyniają się ptaki, ze szczególnym uwzględnieniem chorób często występujących w Europie.

#### 2. Opis zagadnienia

##### 2.1 Grypa ptaków

Ptasia grypa (influenza ptaków), ze względu na właściwości czynnika chorobotwórczego oraz wysoką zdolność zarażania różnych gatunków zwierząt i ludzi, uznawana jest za jedną z najniebezpieczniejszych zoonoz. Wirus ten może przenosić się na duże odległości i znajdować się w wydychanym powietrzu. Do zarażenia dochodzi poprzez kontakt bezpośredni z zakażonym zwierzęciem, zwłokami zwierząt padłych na ptasią grypę, a także pośrednio podczas kontaktu z odchodami, wydzielinami chorych osobników. Ludzie mogą zarazić się od ptaków, także poprzez spożycie zakażonych produktów spożywczych tj. jaj czy mięsa pochodzących od chorych ptaków (Flis 2017).

Czynnikiem chorobotwórczym ptasiej grypy jest RNA wirus z rodziny Orthomyxoviridae, rodzaju Influenza virus (GIW). Wyodrębniono trzy typy antygenowe wirusa: A, B, C, spośród których najczęściej spotykanymi wirusami są te, należące do grupy A. To właśnie nimi możemy zarazić się od ptaków, koni, ludzi czy świń. Genom wirusa należącego do grupy A posiada 8 segmentów RNA, otulonych otoczką, zbudowaną z białka rdzeniowego M. Większość z nich to hemaglutyniny (80%), pozostałą część (20%) stanowią neuraminidazy. Dzięki hemaglutyninom wirus może przyłączyć się

do receptorów komórkowych, a następnie dotrzeć do komórki żywiciela. Neuraminidaza, poprzez rozpuszczanie kwasu neuraminowego, wchodzącego w skład receptorów komórkowych, ułatwia pierwszą fazę zakażenia, dodatkowo spełnia również istotną funkcję, polegającą na uwalnianiu cząstek potomnych wirusa do środowiska (Swayne i Halvorson 2003). Bazując na antygenach powierzchniowych możemy rozdzielić wirusa grypy A na podtypy (Śmietanka i in. 2017). Istotną rolę w etiologii ptasiej grypy pełnią niektóre szczepy podtypów H5 i H7 wirusa grypy typu A (GIW).

Biorąc pod uwagę zjadliwość dla kurcząt, możemy wyodrębnić dwie postacie grypy ptaków: słabo patogenna grypa ptaków (ang. Low pathogenic avian influenza, LPAI) oraz wysoce patogenna grypa ptaków (ang. Highly pathogenic avian influenza, HPAI). Ptaki dzikie, w szczególności kaczki właściwe Anatini, są najczęstszym rezerwuarem wirusa LPAI. Zakażenie ma u nich zwykle przebieg bezobjawowy, ale będąc nosicielami, kaczki wydalają wirusa z odchodami. U drobiu postać ta może przebiegać z objawami ze strony układu oddechowego i pokarmowego. Rozwój wysoce patogennej grypy ptaków (HPAI) spotykany jest najczęściej u świń i ptaków-szczególnie u drobiu, mniejsze znaczenie w zakaźności przypisują się także ptakom dzikim (Śmietanka i Meissner 2011). Dzięki dwóm procesom: reasortacji genów (tzw. skok antygenowy) oraz powstaniu wielu wariantów antygenowych, będących konsekwencją mutacji punktowej segmentów kodujących antygeny powierzchniowe (dryft antygenowy), wirus ma ogromną zmienność (Śmietanka i in. 2017). Posiada on umiejętność przełamania bariery międzygatunkowej i wywołania zakażeń u człowieka (Gliński i Kostro 2018). Odpowiada za to podtyp H5N1 wirusa ptasiej grypy (Flis 2017). Zakażenia u ludzi choć rzadkie, mogą objawiać się wysoką temperaturą, kaszlem, bólem mięśni i tchawicy, zapaleniem oczu, a nawet płuc. Na przebieg zakażenia u ludzi wpływają głównie zjadliwość szczepu i odporność gospodarza. Zgony występują najczęściej u osobników osłabionych, starszych i charłacznych (Gliński i Kostro 2018). U ptactwa zakażenie wirusem HPAI obejmują zmiany w układzie nerwowym, oddechowym i pokarmowym. Zaliczamy do nich drgawki, skręt szyi tzw. „torticollis”, porażenia, brak koordynacji ruchów, tzw. ruchy manewrowe, silną duszność, wpływy z otworów nosowych. Dodatkowo może wystąpić obrzęk zatok podoczołowych i biegunka. Czasem spotykane są także padnięcia bez wcześniejszego wystąpienia objawów klinicznych. Na przebieg choroby mają wpływ takie czynniki jak rasa, gatunek ptaka czy szczep wirusa. Największą podatność na zakażenie wykazują kuraki (kury, indyki, przepiórki) (Śmietanka i Meissner 2011).

W celu zapobiegania wirusowi, powinniśmy przestrzegać zasad bioasekuracji, szczególnie na fermach wielkotowarowych drobiu. Inaktywacja wirusa może zachodzić pod wpływem wysokich temperatur oraz niektórych detergentów. Ważne jest, zatem, aby w kontakcie z ptakami respektować zasady sterylności używanego sprzętu i higieny własnej (Flis 2017). Wirus może znajdować się na odzieży i obuwiu pracowników, przybyłych gości, pojazdach, a także w paszy (Kochański 2017). Dlatego ważne jest, aby odizolować budynki oraz paszę dla drobiu od dzikiego ptactwa. Woda, zużywana do pojenia ptaków, powinna pochodzić ze znanych źródeł. Szczególnie należy zwrócić uwagę, aby nie była odławiana ze zbiorników, w których przebywa dzikie ptactwo. Przed wejściem wyjściem z pomieszczeń, w których przebywa drób, a także przed miejscem wjazdu i wyjazdu aut, powinny znajdować się maty dezynfekcyjne (GIW).

## 2.2 Salmonelloza

Salmonelloza jest to chorobą, której ulegają niemalże wszystkie gatunki zwierząt w tym również człowiek. Ta jednostka chorobowa wywoływana jest przez bakterie z rodzaju *Salmonella*, dlatego też nazywana jest chorobą bakteryjną (Antunes i in. 2003). Przez wiele lat jest to jedna z istotnych zoonoz, gdzie w głównej mierze powodują ją drobnoustroje izolowane od ptaków (Mituniewicz i in. 2007). Do zakażenia u drobiu dochodzi na kilka sposobów w zależności od wieku osobnika oraz warunków w jakich dane zwierzę żyje. Najczęściej do infekcji dochodzi w czasie inkubacji wówczas, gdy w jajach znajdują się pałeczki *Salmonelli*. Pisklęta wykluwają się z takich jaj są już zainfekowane, następnie zarażają one zdrowe ptaki przez układ oddechowy. Dorosłe osobniki ulegają zakażeniu przez układ pokarmowy lub mechanicznie. Ponadto złe warunki chowu czy też osłabienie poprzez inne choroby skutkuje większą transmisją bakterii *Salmonella*. U osobników starszych niż 3 tygodnie zakażenie przebiega w postaci chronicznej. Okres inkubacji pałeczek *Salmonella* u młodszych osobników wynosi od 2 do 5 dni, a u starszych ptaków ten okres się wydłuża.

W głównej mierze do rozpoznania tej jednostki chorobowej u drobiu używa się badań serologicznych oraz bakteriologicznych, ponieważ objawy są bardzo różnorodne (Wachnik 1979). Dur brzuszny i zapalenia jelit oraz żołądka mogą być wywoływane przez niektóre serotypy należące do *Salmonella enterica* subsp. *Enterica*, którymi mogą zarazić się ludzie, jak i zwierzęta (Gayet i in. 2017). U osób cierpiących na dur brzuszny występuje wysoka gorączka, objawy uogólnionej posocznicy, powiększenie wątroby i śledziony oraz charakterystyczne odurzenie. W późniejszych stadiach choroby dochodzi do martwicy ściany jelita, pęknięcia pęcherzyka żółciowego oraz do zapalenia otrzewnej, co skutkuje śmiercią (Heczko i in. 2014).

Na świecie nieustannie powraca problem infekcji wywołanych przez nie tyfusowe serotypy *Salmonelli*. W przypadku, gdy infekcja spowodowana przez te drobnoustroje wystąpi u osób z zaawansowaną jednostką chorobową wywołaną przez wirus HIV stanowią poważne zagrożenie dla życia. Zwalczanie epidemii powodowanych tymi drobnoustrojami jest problematyczne, zwłaszcza w społecznościach, które nie przestrzegają podstawowych zasad higieny (Gordon 2008). Werner i in. (1979) donoszą, że średnia roczna zapadalność na *Salmonella Dublin* wzrosła pięć razy w latach 1971-1975. Wykazano, że było to spowodowane poprzez spożywanie surowego mleka. Fearnley i in. (2011) podają, że infekcje powodowane przez pałeczki *Salmonella* bardzo często powiązane są ze spożyciem produktów pochodzenia zwierzęcego m.in. mięsa drobiowego oraz jaj. Wykazano, że co drugie zakażenie żołądka i jelit u ludzi w Australii spowodowane jest właśnie przez bakterie z rodzaju *Salmonella*. Leczenie Salmonellozy u ludzi polega na stosowaniu odpowiednich antybiotyków lub na leczeniu objawowym poprzez odpowiednie nawodnienie i specjalną dietę. Podejmuje się również dwa rodzaje profilaktyki zapobiegające rozpowszechnieniu się drobnoustrojów. Profilaktyka indywidualna polega na przestrzeganiu zasad higieny natomiast, zbiorowa cechuje się kontrolowaniem żywności pochodzenia odzwierzęcego oraz samych zwierząt. Stosuje się również antybiotykoterapię, głównie w przypadkach, kiedy infekcja przebiega pozajelitowo lub ogólnoustrojowo. Najczęściej wykorzystywane antybiotyki zawierają cyklofloksacyny i chloramfenikol. Osoby chore poddawane są również izolacji, aby zmniejszyć ryzyko zarażenia innych osób (Heczko i in. 2014).

### 2.3 Gruźlica

Gruźlica stanowi jedną z najbardziej powszechnych chorób bakteryjnych na świecie. Czynnikiem etiologicznym są różne typy prątków gruźlicy *Mycobacterium* sp., prątek ptasi (*M. avium*), bydłęcy (*M. bovis*) i ludzki (*M. tuberculosis*) (Mazurkiewicz 2005). Są kraje, w których zlikwidowano gruźlicę wywołaną przez *M. tuberculosis* i *M. Bovis*, a za większość zachorowań odpowiedzialny jest prątek gruźlicy ptasiej *M. avium* subsp. *avium* (serotyp 1–3), *M. avium* subsp. *hominissuis* (serotyp 4–6, 8–11, 21), *M. intracellulare* (serotyp 7, 12– 20, 22–28) należące do *Mycobacterium avium* complex. Są one chorobotwórcze dla ptaków, w szczególności osobników starszych (Dhama i in. 2007).

*Mycobacterium avium*, czynnik wywołujący gruźlicę ptaków, uważany jest za „atypowe prątki”, obejmuje bakterie tlenowe, nie wytwarzające przetrwalników, w kształcie pałeczek, które różnią się długością od 1–3 µm i nie tworzą się nici, w przeciwieństwie do *M. tuberculosis*. Są Gram-dodatnie i wybarwione specyficznym metodą barwienia kwasoodpornego Ziehl – Neelsen’a ze względu na wysoki poziom lipidów w ścianie komórkowej. Dodatkowo są wysoce odporne na trudne warunki środowiska i mogą przetrwać w glebie do 4 lat, co utrudnia ich wytypowanie. Prątek wywołujący gruźlicę ptaków jest odporny na wysokie i niskie temperatury, suchość, zmiany pH i wiele powszechnie stosowanych środków dezynfekujących, ginie natomiast pod wpływem działania bezpośredniego światła słonecznego (Dhama i in. 2011).

Prątki gruźlicy są rozprzestrzeniane poprzez zainfekowane, prątkujące osoby lub zwierzęta. U ptaków najczęściej dochodzi do zakażenia drogą pokarmową, ludzie zwykle zakażają się drogą aerogenną. Niestety, ale tylko u 5% osób objawy charakterystyczne dla gruźlicy pojawiają się bezpośrednio po zakażeniu. Bakterie mogą przebywać w organizmie człowieka w uśpieniu przez wiele lat i zaatakować swojego gospodarza wraz ze jego immunosupresją, która może wynikać z obecności innej choroby lub złego trybu życia. Objawy towarzyszące chorobie u ludzi manifestują się gorączką, kaszlem, ogólnym osłabieniem, biegunką, brakiem apetytu, spadkiem masy ciała

i nocnymi potami. Z upływającym czasem doprowadzają do stopniowego wycieńczenia, a w konsekwencji do śmierci. Zróżnicowanie gruźlicy z innymi chorobami wyłącznie na podstawie objawów jest bardzo trudne, praktycznie wręcz niemożliwe (Śmigiełska 2010). Na infekcję z udziałem prątka ptasiego najbardziej narażone są osoby z obniżoną odpornością, które chorują na AIDS, nowotwory, cukrzycę typu I, reumatoidalne zapalenie stawów oraz dzieci i osoby w podeszłym wieku (Soler in. 2009). U ludzi bakteria jest zdolna do wywoływania miejscowego pierwotnego zapalenia węzłów chłonnych, choroby płuc i rozsianej postaci zakażenia (Dhama i in. 2011). Rozsiana infekcja bakteryjna dotyka aż 40 % pacjentów z zaawansowanym zakażeniem wirusem HIV (Eccles i Ptak 1997).

Leczenie gruźlicy u ludzi polega na stosowaniu antybiotyków przez okres 6 do 9, a w wyjątkowych przypadkach nawet 24 miesiące. Wyeliminowanie zakażenia prątkiem ptasim u ludzi jest trudniejsze w porównaniu z zakażeniem prątkiem ludzkim i bydłym. Konieczne jest jednoczesne wprowadzenie od czterech do sześciu antybiotyków (Soler i in. 2009). Temat terapii przeciwko *M. avium* jest przedmiotem szczególnej troski, ponieważ schematy leczenia powszechnie stosowane w leczeniu gruźlicy u ludzi nie są skuteczne (Dhama i in. 2011). Szczepy ptasich prątków są znane z oporności na izoniazyd, najpopularniejszy lek przeciw gruźlicy (Suzuki i Inamine 1994). Stwierdzono jednak, że infekcja ustępuje po leczeniu azytromycyną lub klarytromycyną razem z etambutolem (Van Der Heyden 1997). Ponadto wykazano, że prątki gruźlicy są skutecznie zwalczane przez odpowiednie stężenia sulfametoksazolu w surowicy (Raszka i in. 1994). Stosowanie ryfabutyliny może również pomóc w opanowaniu rozsianego zakażenia (Eccles i Ptak 1995). U pacjentów zakażonych wirusem HIV, którzy borykają się z rozsianym zakażeniem skutecznym działaniem wykazuje się azytromycyna (Dunne i in. 1997).

#### 2.4 Kampylobakterioza

Bakterie z rodzaju *Campylobacter* są Gram ujemnymi, mikroareofilnymi pałeczkami. Należą one do grupy *Proteobacteria*, do rodziny *Campylobacteriaceae*. Bardzo istotnym rezerwuarem tych drobnoustrojów są ptaki domowe, jak i dziko żyjące, których stopień zakażenia *Campylobacter*, może być bardzo wysoki i sięgać nawet 100%. Mimo intensywnej kolonizacji jelit u ptaków objawy chorobowe występują bardzo rzadko. Zwykle infekcja prowadzi do bezobjawowego nosicielstwa, chociaż może rozwinąć się jelitowa postać choroby, podczas której dochodzi do wodnistej biegunki, obniżenia przyrostów masy ciała i pogorszenia wykorzystania paszy (Wieliczko 2020). U drobiu grzebiącego dominującym gatunkiem jest *C. jejuni* – 90% izolacji, rzadziej występują *C. coli* i *C. lari*. Obecność pałeczek *Campylobacter* potwierdzono również we wszystkich odcinkach jajowodu kur w okresie nieśności oraz w świeżym nasieniu kogutów (Krutkiewicz 2008) Według niektórych źródeł zakażenie pałeczkami *Campylobacter* wykrywane jest w 100% tuszek drobiowych przeznaczonych do sprzedaży. Dane dotyczące częstości występowania *C. jejuni/coli* u różnych gatunków ptaków wolno żyjących są bardzo zróżnicowane i wahają się od 0 do 80% (Wieliczko 1995).

W ostatnim dziesięcioleciu liczba przypadków zakażeń u ludzi tymi bakteriami znacząco wzrosła w krajach uprzemysłowionych, ponad dwukrotnie przewyższając liczbę zakażeń przypisywanych bakteriom z rodzaju *Salmonella* (Altekruse i in. 1999). W Polsce rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 18 maja 2004 r. wymienia kampylobakteriozę zwierząt jako zoonozę podlegającą obowiązkowej rejestracji. Mimo tego w naszym kraju nadal bakterie te są wykrywane sporadycznie, głównie ze względu na brak rutynowej diagnostyki zakażeń.

Zakażenie *Campylobacter spp.* u ludzi następuje drogą pokarmową. Człowiek narażony jest na zakażenie drobnoustrojem przede wszystkim przez spożycie nieodpowiednio przygotowanego mięsa drobiowego. Ponieważ dawka zakaźna dla człowieka jest względnie niska (500–800 jednostek tworzących kolonię), do zakażeń ludzi dochodzi stosunkowo łatwo i często. Zachorowania na kampylobakteriozę w większości przypadków mają charakter sporadyczny i uważa się, że większość z nich jest wynikiem spożycia mięsa drobiowego niepoddanego odpowiedniej obróbce termicznej. Źródłem zakażenia mogą być także ludzie, którzy biorą udział w procesie przetwarzania surowców zwierzęcych (Krutkiewicz 2008).

Kampylobakterioza u człowieka przebiega najczęściej pod postacią zapalenia żołądka i jelit lub zapalenia jelit. Pierwsze objawy pojawiają się między 2. a 5. dniem od zakażenia. Najczęściej występującym objawem jest biegunka, często krwawa, połączona z bólem brzucha i gorączką. Objawy te zwykle ustępują po 3–6 dni. W przypadku, gdy objawy utrzymują się dłużej niż tydzień, wskazana jest antybiotykoterapia. Zalecana jest ona zawsze u osób z obniżoną odpornością. Za lek z wyboru w leczeniu kampylobakteriozy uznawana jest erytromycyna lub azytromycyna. Zakażenia dotyczą wszystkich grup wiekowych, ale ryzyko infekcji wzrasta u ludzi z obniżoną odpornością, u osób starszych, z chorobą nowotworową, immunosupresją, zakażeniem HIV, diabetyków. U około 1% ludzi zakażonych obserwuje się zespół Guillaina-Barrego (Smith 1995).

### 3. Podsumowanie

Zakażenie chorobami odzwierzęcymi jest dosyć często spotykanym zjawiskiem. Szczególnie często dotyka ono ludzi, którzy na co dzień mają styczność z ptactwem. Również małe dzieci, jak i osoby starsze są bardziej podatne na zachorowanie w momencie kontaktu ze względu na niedostatecznie wykształcony lub osłabiony układ odpornościowy. Najlepszą, a zarazem najbardziej skuteczną metodą ustrzeżenia się przed zakażeniem jest zachowanie odpowiedniej higieny.

### 4. Literatura

- Antunes P, Réu C, Sousa JC i in. (2003). Incidence of Salmonella from poultry products and their susceptibility to antimicrobial agents. *International journal of food microbiology* 82(2): 97-103.
- Altekruse SF, Stern NJ, Fields PI, i in. (1999) *Campylobacter jejuni* — an emerging foodborne pathogen. *Emerging Infectious Diseases* 5:28–35.
- Dhama K, Mahendran M, Tomar S (2007) Avian tuberculosis: an overview. *Poultry Punch* 24, 38–52.
- Dunne MW, Foulds G, Retsema JA (1997) Rationale for the use of azithromycin as *Mycobacterium avium* chemoprophylaxis. *American Journal of Medicine* 102(5):37–49.
- Dhama K, Mahendran M, Tiwari R et al. (2011) Tuberculosis in birds: insights into the *Mycobacterium avium* infections. *Veterinary Medicine International*
- Eccles RNE, Ptak RNJ (1995) *Mycobacterium avium* complex infection in AIDS: clinical features, treatment, and prevention. *Journal of the Association of Nurses in AIDS Care* 6(5): 37–47.
- Fearnley E, Raupach J, Lagala F i in. (2011) Salmonella in chicken meat, eggs and humans; Adelaide, South Australia, 2008. *International Journal of Food Microbiology* 146(3): 219-227.
- Flis M (2017) Ptasia grypa: groźna zoonoza przenoszona przez ptaki wolno żyjące – historia i stan obecny. *Ornis Polonica* 58(1): 35-43.
- Gayet R, Bioley G, Rochereau N i in. (2017) Vaccination against Salmonella infection: the mucosal way. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 81(3): 1-26.
- GIW (Główny Inspektorat Weterynarii) -komunikaty Głównego Lekarza Weterynarii w zakresie grypy ptaków, na przełomie lat 2016-2020, <https://www.wetgiw.gov.pl/nadzor-weterynaryjny/o-grypie-ptakow>.
- Gliński Z, Kostro K (2018) Ptaki łowne naturalnym rezerwuarem zoonoz. *Życie Weterynaryjne* 93(5): 295-303.
- Gordon MA (2008), Salmonella infections in immunocompromised adults. *Journal of Infection* 56(6): 413-422.
- Heczko P, Wróblewska M, Pietrzyk A (2014) *Mikrobiologia lekarska*, Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Kochański P (2017) Bioasekuracja jako narzędzie ochrony przed grypą ptaków. *Polskie Drobniarstwo* 3: 76-77.
- Krutkiewicz A (2008) Kampylobakteriozy u ludzi i zwierząt. *Życie Weterynaryjne* 83(4): 285-288.
- Mazurkiewicz M (2005) *Choroby drobiu*. Wydawnictwo AR, Wrocław.
- Mituniewicz T, Sowińska J, Iwańczuk-Czernik K i in. (2007) Występowanie pałeczek Salmonella w fermach drobiu w woj. warmińsko-mazurskim w latach 2001–2005. *Medycyna Weterynaryjna* 63: 1081-1083.



- Raszka WV, Skillman LP, McEvoy PL (1994) In vitro susceptibility of clinical isolates of *Mycobacterium avium* and *M. intracellulare* to folate antagonist. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 18(3): 201–204.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 maja 2004 r. w sprawie zoonoz oraz czynników zoonotycznych podlegających obowiązkowi rejestracji. Dz. U. z 2004 r., nr 130, poz.1394.
- Śmietanka K, Meissner W (2011) Grypa ptaków w populacjach wolno żyjących – wybrane aspekty epidemiologiczne ze szczególnym uwzględnieniem zakażeń wirusem H5N1. *Ornis Polonica* 52(4): 265-274.
- Śmietanka K, Niemczuk K, Świętoń E i in. (2017) Wysoce zjadliwa grypa ptaków podtypu H5 w Europie i Polsce w latach 2016 i 2017 - aktualna sytuacja, zwalczanie i ocena ryzyka. *Życie Weterynaryjne* 92 (7): 481-485.
- Śmigielska M (2010). Zoonozy przenoszone przez ptaki wolno żyjące. *Ornis Polonica* 51, 149-162.
- Smith JL (1995) Arthritis, GBS, and other sequelae of *Campylobacter jejuni* enteritis. *Journal of Food Protection* 58: 1153-1170.
- Soler D, Brieva C, Ribón W (2009) Mycobacteriosis in wild birds: the potential risk of disseminating a little – known infectious disease. *Revista de Salud Pública* 11: 134–144.
- Suzuki AE, Inamine JM (1994) Genetic aspects of drug resistance in *Mycobacterium avium*. *Research in Microbiology* 145(3):210–213.
- Swayne DE, Halvorson DA (2003) Avian Influenza. *Diseases of Poultry*: 135-160.
- Van Der Heyden N (1997) Mycobacterial infections: new strategies in the treatment of avian tuberculosis. *Seminars in Avian Exotic Pet Medicine* 6(1): 25–33.
- Wachnik Z (1979) Choroby wywoływane przez bakterie Choroby drobiu [W:] Wachnik Z (red.) *Choroby drobiu*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa: 263- 288.
- Werner SB, Humphrey GL, Kamei I (1979) Association between raw milk and human *Salmonella* dublin infection. *British Medical Journal* 2(6184): 238-241.
- Wieliczko A (1995) Badania epizootologiczne nad występowaniem zakażeń *Campylobacter* u drobiu. *Medycyna Weterynaryjna* 51,: 150-152.
- Wieliczko A., (2020) Choroby bakteryjne [W:] Mazurkiewicz M. (red.) *Choroby drobiu*. Wydawnictwo UP Wrocław: 298-303.
- Zasady ochrony drobiu przed chorobą, GIW Główny Inspektorat Weterynarii (GIW), <https://www.wetgiw.gov.pl/nadzor-weterynaryjny/zasady-ochrony-drobiu-przed-grypa-ptakow>, data dostępu: 29.04.2021.

## 4. Skutki niedoboru witamin u drobiu

Effects of vitamins deficiency in poultry

Marta Kosińska<sup>(1)</sup>, Łukasz Czerniawski<sup>(1)</sup>, Remigiusz Bagrowski<sup>(1)</sup>, Karolina Makowska<sup>(1)</sup>, Justyna Batkowska<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Studenckie Koło Naukowe Biologii, Hodowli i Użytkowania Drobiu

<sup>(2)</sup> Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekun naukowy: prof. dr hab. Justyna Batkowska

Marta Kosińska: martalaurakosinska@gmail.com

Słowa kluczowe: woda, tłuszcze, związki organiczne

### Streszczenie

Witaminy są grupą związków organicznych, które mają coraz większe znaczenie w diecie drobiu. Oprócz zaspokojenia potrzeb żywieniowych ptaków mają korzystne działanie farmakologiczne, pomagają w ustaleniu homeostazy organizmu, a także zapobiegają chorobom i tym samym poprawiają wydajność produkcji drobiarskiej. Celem niniejszej pracy jest podkreślenie fizjologicznych funkcji jakie odgrywają witaminy, a także przybliżenie objawów klinicznych wynikających z niedoborów witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, D, E, K), witamin rozpuszczalnych w wodzie (B1, B2, B4, B6, B12, C) u drobiu.

### 1. Wstęp

Głównym celem przemysłu drobiarskiego jest osiągnięcie jak najlepszej wydajności mięsnej i mięsnej ptaków, zaś głównym czynnikiem pozwalającym na jego realizację jest odpowiednie żywienie drobiu. Woda, składniki odżywcze, makro- i mikroelementy, jak i witaminy spełniają bardzo ważne funkcje w każdym organizmie. Witaminy to substancje aktywne, niezbędne do życia i prawidłowego metabolizmu. Większość z nich nie może być syntetyzowana w organizmie ptaków w wystarczających ilościach, dlatego muszą one być dostarczane w diecie. Niedobory witamin sprawiają, że ptaki są bardziej podatne na liczne choroby i schorzenia. Optymalne odżywianie jest, więc niezwykle ważne i stanowi podstawę prawidłowego chowu.

### 2. Opis zagadnienia

Witaminy można podzielić na dwie grupy, w oparciu o ich rozpuszczalność. Pierwszą z nich są witaminy rozpuszczalne w tłuszczach, takie jak A, D, E i K, a drugą rozpuszczalne w wodzie, jak witamina C i kompleks witamin z grupy B. Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach znajdują się w paszach zawsze w połączeniu z lipidami i są razem z nimi wchłaniane do organizmu, natomiast witaminy rozpuszczalne w wodzie nie są związane z tłuszczami, a ich wchłanianie zachodzi drogą dyfuzji. Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach mogą być przechowywane jakiś czas w ciele zwierzęcia, natomiast witaminy hydrofilne nie są magazynowane.

#### 2.1 Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach

Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach, z racji tego, że nie są syntezowane w organizmie, powinny być stale dostarczane wraz z pożywieniem (Whitehead 2002). W tej grupie znajdują witaminy: A, D, E, K. Suplementacja witaminy A jest konieczna do prawidłowego funkcjonowania narządu wzroku oraz osiągnięcia odpowiedniego wzrostu ptaków. Przyczynia się ona także do utrzymania integralności komórek nabłonka oraz szkieletu (Weber 2009). Dodatkowo, witamina A ma działanie antymutagenne, antynowotworowe oraz antyoksydacyjne (Abd El-Hack i in. 2015). Dzięki utrzymaniu jej na odpowiednim poziomie obserwuje się zmniejszoną zachorowalność u drobiu (Mora i in. 2008). Prekursorem witaminy A są karotenoidy (Koutsos i in. 2003). Spośród wszystkich 700 znanych karotenoidów, tylko 50 z nich posiada zdolność do przekształcania się w witaminę A (Romanchik i in. 1995). Proces ten zachodzi w jelitach i wątrobie (Koutsos i in. 2003). Na etapie

rozwoju embrionalnego źródłem witaminy A jest żółtko, natomiast w późniejszym okresie, należy zadbać o zapewnienie odpowiedniej ilości tego składnika odżywczego poprzez dodatkową suplementację (Uni i in. 2000). Badania przeprowadzone przez Abd El-Hacka i in. (2017) dowiodły, że dodatek witaminy A do paszy w dawce 16000 IU/kg wpływa pozytywnie na parametry wydajności produkcyjnej niosek. Wykazano, że pisklęta wyklute z jaj, pozbawionych karotenoidów, mają upośledzoną odpowiedź immunologiczną oraz wykazują objawy ogólnoustrojowego stanu zapalnego. Zaobserwowano u nich zmniejszoną masę ciała, zwiększoną masę bursy Fabrycjusza, grasicy oraz śledziona. Zmiany odnotowano również we wskaźnikach biochemicznych surowicy krwi, stwierdzono niższy poziom cynku oraz zwiększoną ilość miedzi (Koutsos i in. 2006).

Witamina D jest produkowana naturalnie w wyniku oddziaływania promieni słonecznych na skórę ptaków. Chcąc utrzymać jej optymalny poziom, niezbędna jest dodatkowa suplementacja z mieszanką. Witamina ta spełnia szereg ważnych funkcji w organizmie, uczestnicząc w wielu szlakach metabolicznych. Odpowiada ona za prawidłową proliferację i różnicowanie komórek, utrzymanie homeostazy wapnia oraz wpływa korzystnie na odporność ptaków (Holick 2004). Odpowiednia ilość witaminy D przyczynia się również do wzmocnienia kości oraz oddziałuje pozytywnie na jakość skorup jaj (Shojadoost i in. 2015). Witamina D, reguluje gospodarkę wapniowo- fosforanową, odpowiada tym samym za prawidłową mineralizację kości. Wpływa ona również na normowanie procesu regulacji parathormonu. Z tego względu jej niedobory mogą objawiać się zaburzeniami metabolicznymi oraz spadkiem produktywności (Garcia i in. 2013). Powodują one także krzywicę, słaby wzrost oraz spadek odporności (Ałagawany i in. 2020). Badania Rodriguez-Lecompte i in. (2016) udowodniły, że wraz ze zwiększeniem ilości witaminy D, wzrasta ekspresja cytokin pro- i przeciwzapalnych, wpływając tym samym pozytywnie na układ odpornościowy drobiu. Witamina D, która trafia do organizmu wraz z pokarmem, początkowo lokalizuje się w jelitach cienkich, gdzie ulega wchłanianiu. Następnie jest transportowana, poprzez albuminy we krwi, do wątroby i ulega dalszym przemianom (Holick i Clark 1978).

Witamina E (tokoferol) znana jest głównie z funkcji przeciwutleniających (Surai 2002). Wpływa również istotnie na modulowanie odpowiedzi zapalnej (Lewis i in. 2019), dodatkowo reguluje biosyntezę hemu (Nair 1972), a także płodność i wylęgowość drobiu. Występują 4 formy tokoferolu: alfa-, beta-, gamma- i delta-tokoferol. Najbardziej rozpowszechnioną w przyrodzie jest  $\alpha$ -tokoferol (Weiser i in. 1996). Dowiedziono, że dodatek witaminy E do diety niosek prowadzi do wzrostu odporności kurcząt na stres oksydacyjny (Surai i in. 1999; Surai i Sparks 2000). Przyczynia się ona, także do wzrostu stężenia glutationu zredukowanego (GSH) i wzmacnia działanie enzymów przeciwutleniających (Surai 2002). Suplementacja witaminy E przeciwdziała zaburzeniom układu nerwowego i miopatii mięśniowej u kurcząt (Weber 2009). Objawami niedoborów tego składnika odżywczego mogą być skaza wysiękowa, zmniejszona płodność oraz ogólny spadek odporności (Colombo 2010; Rizvi i in. 2014). Witamina E w układzie odpornościowym aktywuje makrofagi i wpływa na zwiększoną produkcję przeciwciał (Weber 2009). Zapotrzebowanie na tą witaminę jest zróżnicowane i zależy ono przede wszystkim od spożywanego przez ptaki tłuszczu, stężenia seleniu czy ilości prooksydantów i przeciwutleniaczy w diecie (NRC 1994). Stres cieplny może w znacznym stopniu wpłynąć na jakość mięsa (Lara i Rostagno 2013). Suplementacja witaminą E oddziałuje, więc w pozytywny sposób na jakość mięsa oraz poprawia walory smakowe (Zdanowska –Sasiadek i in. 2016).

Witamina K odpowiada za prawidłowe krzepnięcie krwi, poprzez regulację produkcji czynników krzepnięcia, takich jak protrombina oraz czynnik VII, IX i X. Bez nich zatrzymanie gwałtownego krwawienia byłoby niemożliwe, z powodu wydłużenia się czasu krzepnięcia krwi. Deficyt witaminy K w diecie drobiu może doprowadzić do chorób krwotocznych. Dodatkowo, witamina K wpływa również, na aktywność osteokalcyny. Jest to jedno z głównych białek kości regulujące proces ich mineralizacji (Weber 2009). Badania przeprowadzone przez Zhang i in. (2003) dowiodły, że uzupełnienie diety brojlerów dawką witaminy K na poziomie 2 mg/kg poprawia karboksylację osteokalcyny i zwiększa jej zdolność do wiązania hydroksyapatytu w surowicy krwi, co wpływa pozytywnie na jakość kośćca.

## 2.2 Witaminy rozpuszczalne w wodzie

Witamina C (kwas askorbinowy) zwiększa odporność ptaków na choroby poprzez wzmocnienie ich systemu immunologicznego (Ahmadu i in. 2016). Bierze udział w zwiększaniu aktywności monocytów, granulocytów, makrofagów, limfocytów oraz produkcji immunoglobulin IgB i IgM. Jej poziom w organizmie zależy od syntezy przez tkanki i florę bakteryjną oraz wchłaniania z przewodu pokarmowego (Lechowski, 1998). Witamina C w organizmie ptaków syntetyzowana jest z glukozy, natomiast jej wchłanianie z przewodu pokarmowego jest zależne od korelacji z różnymi pierwiastkami (Nagórna-Stasiak i Lechowski, 1993). Witamina ta jest zaliczana do witamin rozpuszczalnych w wodzie, co wiąże się z jej łatwym wydalaniem z organizmu z kałem i moczem. Aby skutecznie uzupełniać jej straty, należy dostarczać ją z pokarmem. W szczególności wymagają tego ptaki narażone na działanie wysokiej temperatury i przebywające w nadmiernym zagęszczeniu (Kulasek i Kostyuk 1996). Kwas askorbinowy jest wykorzystywany do wytwarzania nasienia, a następnie zachowania go w dobrej jakości. Ma wpływ na ruchliwość plemników oraz zapobiega ich łączeniu. W związku z tym jego niedobór wpływa na pogorszenie wskaźników zapłodnienia (Nowaczewski i Kontecka 2000). Witamina C uczestniczy w biosyntezie kolagenu, który jest budulcem tkanki łącznej skóry, ścięgien, kości, zębów oraz bierze udział w spajaniu komórek. W konsekwencji jej niedobór prowadzi do dystrofii tkanki łącznej i wytwarzania mniejszej ilości włókien kolagenowych. Dodatkowo narządy, naczynia krwionośne i błony, które zawierają tkankę łączną będą mniej rozciągliwe i bardziej narażone na powstawanie stanów zapalnych (Madej i Grzęda, 2000). Ponadto witamina C znacząco wpływa na produkcję jaj oraz jakość ich skorupy (Nowaczewski i Kontecka 2000). Udowodniono, że podawanie kwasu askorbinowego ma pozytywny wpływ na ptaki szczególnie narażone na stres. Mechanizm łagodzenia stresu polega na uczestniczeniu witaminy C w syntezie adrenaliny i noradrenaliny, a także ochronie adrenaliny przed utlenianiem (Madej i Grzęda 2000). Wysoka temperatura, która jest wyższa niż 18-20°C, również jest silnym czynnikiem stresowym dla ptaków (Nowaczewski i Kontecka 2000). Podawanie kwasu askorbinowego hamuje wydzielanie kortykosteronu, który w nadmiernych ilościach we krwi może być toksyczny dla komórek (Andrzejewska, 2010). Dowiedzono również, że suplementacja witaminą C w temperaturze optymalnej, jak i podwyższonej, wpływa na zwiększenie przyrostów masy ciała przy zmniejszonym spożyciu paszy. Jest to dowód na korzystniejsze wykorzystanie składników pokarmowych. Ponadto u ptaków suplementowanych witaminą C zauważono niższą śmiertelność w porównaniu do ptaków, które nie miały dodawanej witaminy C do paszy (Nowaczewski i Kontecka 2000).

## 2.3 Witaminy z grupy B

Do witamin z grupy B należą witaminy: B1 (tiamina), B2 (ryboflawina), B4 (cholina), B6 (pirydoksyna) i B12 (kobalamina). Substancje te pomagają w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu ptaków. Pełnią bardzo ważne funkcje w metabolizmie, ponieważ większość z nich to koenzymy, które łączą się z większymi cząsteczkami enzymów i tym samym przyspieszają procesy metaboliczne. Witamina B1 pomaga w utrzymaniu odpowiedniego poziomu cukru we krwi drobiu, jej niedobór będzie skutkował obniżeniem jego poziomem glukozy (Niezescu i Ioanid 1940). Podawanie do wody pitnej tiaminy skutkuje zwiększeniem wchłaniania niektórych aminokwasów w jelicie cienkim tj. treoniny, waliny, metioniny, izoleucyny, leucyny, fenyloalaniny, histydyny i lizyny (Badzian 2006). Ryboflawina odpowiedzialna jest w organizmie za prawidłowy rozwój skóry, odpowiada za jej wytrzymałość rozciągliwość oraz pomaga w szybszym gojeniu się ran. Jej niedobór nawet już po 4 dniach powoduje obniżenie o 25% zawartość kolagenu, co prowadzi do zmniejszenia wytrzymałości. Niedobór witaminy B2 powoduje również możliwość wytworzenia wiązań krzyżowych kolagenu, co również obniża wytrzymałości tego narządu (McDowell i Ward 2008). Ponadto wiele enzymów zawiera ryboflawinę w swoim składzie, reakcje oddychania komórkowego są katalizowane poprzez enzymy posiadające w swojej budowie koenzymy (witaminy) najczęściej jest nią witamina B2. Niedobór u drobiu skutkuje brakiem apetytu i występowaniem biegunek. U piskląt dodatkowymi objawami jest również krzywizna palców oraz nóg. Niedobór u kur niosek objawia się obniżoną nieśnością, osobniki te bardzo często mają stłuszczoną wątrobę, a zarodki pochodzące od takich ptaków obumierają (Swain i Johri 2020). Badzian (2006) wykazała,

że suplementowanie witaminą B2 podawaną z wodą do picia pomaga w wchłanianiu aminokwasów (treoniny, waliny, metioniny, izoleucyny, leucyny, fenyloalaniny, histydy i lizyny) z jelita cienkiego. Swain i Johri (2000) w swoich badaniach wykazali, że dodawanie do paszy witaminy B4, czyli choliny wraz z metioniną powoduje poprawienie odpowiedzi immunologicznej u brojlerów kurzych. Witamina B6 zwana inaczej pirydoksyną odgrywa znaczącą rolę w metabolizmie kwasów tłuszczowych, węglowodanów i aminokwasów, dodatkowo pełni krytyczną funkcję przy produkcji energii w cyklu kwasu cytrynowego. Pirydoksyna spełnia ważną funkcjonalnie rolę jako fosforan pirydoksalu, gdyż jest kofaktorem różnych enzymów i uczestniczy w przemianie aminokwasów, a także w syntezie białek potrzebnych do odpowiedzi immunologicznej. Oprócz tego bierze udział w tworzeniu erytrocytów i działaniu hormonu wzrostu, insuliny, hormonów tarczycy, gonadotropowych i nadnerczy. Jest niezbędna dla prawidłowego rozwoju mózgu i wpływa na syntezę serotoniny, melatoniny i norepinefryny. Niektóre badania wskazują na pozytywne znaczenie witamin podczas rozwoju zarodkowego, jej podanie. Podanie *in ovo* (czyli do jaja) znacząco zwiększyło wylęgowość u przepiórki japońskiej (Alagawany i in. 2021). Witamina B12 zawiera w swoim składzie kobalt i jest dostępna na rynku w formie dodatku do pasz jako cyjanokobalamina. Witamina ta odgrywa kluczową rolę w metabolizmie homocysteiny, metabolizmie energii, funkcjonowaniu krwi, a także układu odpornościowego. Cyjanokobalamina odgrywa kluczową rolę w prawidłowym funkcjonowaniu układu nerwowego, w tym mózgu, a także w tworzeniu kwasów nukleinowych (DNA bądź RNA). Bierze także udział w metabolizmie kwasów tłuszczowych i wytwarzaniu energii. Erytrocyty potrzebują tej witaminy do proliferacji i dojrzewania, a pozbawione jej nie dojrzewają, co może prowadzić do hemolizy i hiperbilirubinemii, co pociąga za sobą negatywne zmiany w układzie krążenia i obniża odporność (Alagawany i in. 2021).

### **3. Podsumowanie**

Drobiarstwo jest działem wyjątkowo predysponowane do intensywnej produkcji ze względu na dużą obsadę zwierząt przypadających na jednostkę powierzchni, krótki okres chowu ptaków, a także bardzo dobre wykorzystywanie paszy. Dla uzyskania wysokich efektów produkcyjnych i hodowlanych ptaki potrzebują pełnoporcjowych mieszanek paszowych, które są dobrze zbilansowane i charakteryzują się wysoką jakością składników pokarmowych, w tym witamin. W przypadku niedostarczenia tych podstawowych i niezbędnych składników odżywczych zwierzęta nie rozwijają się prawidłowo, nie przybierają na masie, a także obniża się ich potencjał produkcyjny. Dlatego tak ważne jest, aby w chowie wielkotowarowym dieta zwierząt była dobrze dobrana do ich wieku i przeznaczenia produkcyjnego, po to by produkcja zwierząt była jak najbardziej opłacalna.

### **4. Literatura**

- Abd El-Hack ME, El-Hindawy MM, Attia AI i in. (2015) Effects of feeding dried distillers, grains with solubles with or without enzyme or vitamin E supplementation on productive performance of Hisex Brown laying hens. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 42(1): 71–79.
- Abd El-Hack ME, Mahrose K, Askar AA i in. (2017) Single and combined impacts of vitamin A and selenium in diet on productive performance, egg quality, and some blood parameters of laying hens during hot season. *Biological trace element research* 177(1): 169-179.
- Ahmadu S, Mohammed A.A, Buhari H i in. (2016) An overview of vitamin C as an antioxidant in poultry. *Malaysian Journal of Veterinary Research* 7:9–22.
- Alagawany M, Elnesr SS, Farag, i in. (2021) Nutritional significance of aminoacids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health—a comprehensive review *Veterinary Quarterly* 41(1): 1-29.
- Andrzejewska A (2010) Możliwości kontroli stresu termicznego. *Polskie Drobiarstwo* 6: 36–37.
- Badzian B (2006) Wpływ witamin rozpuszczalnych w wodzie na wchłanianie wybranych aminokwasów egzogennych u kurcząt. *Medycyna Weterynaryjna* 62: 1051-1055.
- Colombo ML (2010) An update on vitamin E, tocopherol and tocotrienol-perspectives. *Molecules* 15(4): 2103–2113.

- Garcia Lopez JC, Murakami AE, do Amaral Duarte CR i in. (2013) Use of vitamin D3 and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 26(3): 408–415.
- Holick MF (2004) Vitamin D: Importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis. *The American Journal of Clinical Nutrition* 79(3): 362–371.
- Holick MF, Clark MB (1978) The photobiogenesis and metabolism of vitamin D. *Federation Proceedings* 37(12): 2567-2574.
- Koutsos EA, Clifford AJ, Calvert CC i in. (2003) Maternal carotenoid status modifies the incorporation of dietary carotenoids into immune tissues of growing chickens (*Gallus gallus domesticus*). *The Journal of Nutrition* 133: 1132–1138.
- Koutsos EA, Garcia Lopez JC, Klasing KC (2006) Carotenoids from in ovo or dietary sources blunt systemic indices of the inflammatory response in growing chicks (*Gallus gallus domesticus*). *The Journal of Nutrition* 136: 1027–1031.
- Kulasek G, Kostyniuk S. (1996) Trwałość witamin w paszach dla zwierząt. *Nowa Weterynaria* 1(3): 56-63.
- Lara LJ, Rostagno MH (2013) Impact of heat stress on poultry production. *Animals* 3: 356–369.
- Lechowski J (1998) Korelacja między magnezem a witaminą C w ich wchłanianiu jelitowym u kurcząt. *Medycyna Weterynaryjna* 54(7): 485-488.
- Madej E, Grzęda M (2000) Właściwości, niedobór i zakres zastosowań witaminy C w lecznictwie zwierząt. *Medycyna Weterynaryjna* 56(10): 627-631.
- McDowell LR, Ward NE, (2008) Optimum vitamin nutrition for poultry. *International Poultry Production* 16(4): 27-34.
- Mora JR, Iwata M, von Andrian VI (2008) Vitamin effects on the immune system: vitamins A and D take center stage. *Nature Reviews Immunology* 8: 685–698.
- Nagórna-Stasiak B, Lechowski J (1993) Wpływ cynku na syntezę i wchłanianie witaminy C u kurcząt. *Medycyna Weterynaryjna* 49: 331-334.
- Nair PP (1972) Vitamin E and metabolic regulation. *Annals of the New York Academy of Sciences* 203: 53–61.
- NRC - National Research Council (1994) *Nutrient Requirements of Poultry*. The National Academies Press: Washington, DC, USA: 1–157.
- Nitzescu II, Ioanid, V (1940), Blood sugar of fowls in vitamin B1 deficiency. *Compte rendu des seances de la Societe de biologie* 133: 490-491.
- Nowaczewski S, Koncecka H (2000). Znaczenie witaminy C w żywieniu drobiu. *Polskie Drobiarstwo* 10: 10- 11.
- Rizvi S, Raza ST, Ahmed F i in. (2014) The role of vitamin E in human health and some diseases. *Sultan Qaboos University Medical Journal* 14(2): 157–165.
- Rodriguez-Lecompte JC, Yitbarek A, Cuperus T i in. (2016) The immunomodulatory effect of vitamin D in chickens is dose-dependent and influenced by calcium and phosphorus levels. *Poultry Science* 95: 2547–2556.
- Romanchik JE, Morel DW, Harrison EH (1995) Distributions of carotenoids and  $\alpha$ -tocopherol among lipoproteins do not change when human plasma is incubated in vitro. *The Journal of Nutrition* 125: 2610–2617.
- Shojadoost B, Behboudi S, Villanueva AI i in. (2015) Vitamin D3 modulates the function of chicken macrophages. *Research in Veterinary Science* 100: 45–51.
- Weiser H, Riss G, Kormann AW (1996) Stereoisomers results in preferential accumulation of the four 2R forms in tissues and plasma of rats. *The Journal of Nutrition* 126: 2539–2549.
- Surai PF (2002) *Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction*. Nottingham University Press, Nottingham, United Kingdom: 5-9.
- Surai PF, Noble RC, Speake BK. (1999) Relationship between vitamin E content and susceptibility to lipid peroxidation in tissues of the newly hatched chick. *British Poultry Science* 40: 406– 410.
- Surai PF, Sparks NHC (2000) Tissue-specific fatty acid and  $\alpha$ -tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. *Poultry Science* 79: 1132–1142.

- Swain BK, Johri TS. (2000) Effect of supplemental methionine, choline and their combinations on the performance and immune response of broilers. *British Poultry Science* 41(1): 83-88.
- Uni Z, Zaiger G, Gal-Garber O i in. (2000) Vitamin A deficiency interferes with proliferation and maturation of cells in the chicken small intestine. *British Poultry Science* 41: 410–415.
- Weber GM (2009) Improvement of flock productivity through supply of vitamins for higher laying performance and better egg quality. *World's Poultry Science Journal* 65(3): 443–458.
- Weiser H, Riss G, Kormann AW (1996) Biodiscrimination of the eight  $\alpha$ -tocopherol stereoisomers results in preferential accumulation of the four 2r forms in tissues and plasma of rats. *Journal of Nutrition* 126(10): 2539-49.
- Whitehead CC (2002) Vitamins in feedstuffs. [In:] Mc Nab J, Bormann N (eds.) *Poultry feedstuff: supply, composition and nutritive value*. CABI Publishing: 181–190.
- Zdanowska-Saśiadek Z, Michalczyk M, Damaziak K i in. (2016) Effect of vitamin E supplementation on growth performance and chicken meat quality. *European Poultry Science Journal* 80: 1–14.
- Zhang C, Li D, Wang F i in. (2003) Effects of dietary vitamin K levels on bone quality in broilers. *Archiv für Tierernahrung* 57(3): 197–206.

## 5. Ćma bukszpanowa *Cydalima perspectalis* Walker - nowy szkodnik zieleni miejskiej

Box tree moth *Cydalima perspectalis* Walker – new pest urban green

Kruk Katarzyna

Katedra Bioinżynierii, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Opiekun naukowy: dr hab. Magdalena Dziegielewska, prof. ZUT

Kruk Katarzyna: katarzyna.kruk@zut.edu.pl

Słowa kluczowe: wachlarzykowate, szkodniki bukszpanu, bukszpan, szkodliwe motyle

### Streszczenie

Zielen miejska pełniąc funkcje rekreacyjną dla ludzi stanowi również środowisko życia wielu organizmów. W jej nasadzeniach wykorzystuje się przede wszystkim rośliny wieloletnie, a zarazem odporne na działanie niekorzystnych czynników środowiskowych. Do tej grupy roślin należą m.in. zimozielone bukszpany *Buxus* L., charakteryzujące się wysoką odpornością na niesprzyjające warunki atmosferyczne ale również na działanie agrofagów. Bukszpany są żywicielem wąskiej grupy szkodników, jednak w ostatnich latach odnotowano pojawienie się w Polsce najgroźniejszego z nich – ćmy bukszpanowej *Cydalima perspectalis* Walker, charakteryzującej się silnymi gradacjami prowadzącymi do zamierania całych roślin. Ze względu na stosunkowo niedawne pojawienie się danego szkodnika na terenie Polski niewiele środków chemicznych zostało przetestowanych i dopuszczonych do stosowania w jego zwalczaniu, co wpływa na wzrost jego znaczenia w uprawach bukszpanu. Niniejsza praca stanowi omówienie zagrożenia bukszpanów *Buxus* L. przez ćmę bukszpanową *Cydalima perspectalis* na podstawie dostępnej literatury.

### 1. Wstęp

Bukszpan *Buxus* L. to rodzaj zimozielonych drzew i krzewów do którego należy ponad 100 gatunków roślin charakterystycznych dla klimatu tropikalnego i podzwrotnikowego. Na obszarach klimatu umiarkowanego występuje zaledwie kilka gatunków, w tym uprawiany na najszerszą skalę bukszpan zwyczajny *Buxus sempervirens* L. Ze względu na bardzo wysoką odporność na niesprzyjające warunki atmosferyczne oraz działanie szkodników i patogenów wykorzystywany jest do nasadzeń terenów zieleni miejskiej, na których stosowanie chemicznych środków ochrony roślin jest bardzo mocno ograniczone. Ze względu na zimotrwałość, jak i łatwość cięcia bukszpany są wykorzystywane głównie do formowania żywopłotów oraz rzeźb roślinnych będących ozdobą terenów publicznych (parki, skwery, zieleńce) (Niemiera 2012).

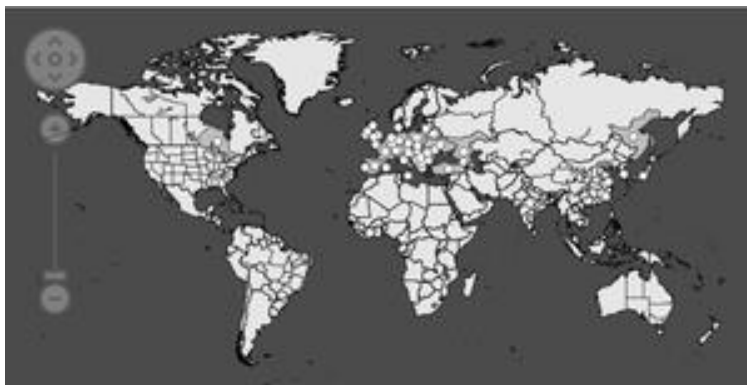
Najpowszechniej występującym szkodnikiem bukszpanu jest m.in. wzdymacz bukszpanowy *Eriophyes canestrini*, przedziorek bukszpanowy (*Eurytetranychus latus*), miódówka bukszpanowa (*Psylla buxi*) oraz przyszczarek bukszpanek (*Monarthropalpus flavus*), jednak żaden z nich nie wyrządza znacznych szkód w uprawach. Obserwowane w ostatnich latach zmiany klimatyczne sprzyjają dyspersji gatunków nowych dla naszego regionu. Początkowy brak oporu środowiska w postaci naturalnych wrogów wpływa na znaczne powiększenie ich populacji, a co za tym idzie znaczenie gospodarcze. Przykładem takiego gatunku jest ćma bukszpanowa *Cydalima perspectalis* będąca najnowszym, a zarazem największym zagrożeniem dla bukszpanów (CABI 2021).

### 2. Opis zagadnienia

Ćma bukszpanowa *Cydalima perspectalis* jest przedstawicielem rodziny wachlarzykowatych (*Crambidae*) należącej do rzędu motyli (*Lepidoptera*). Jest wysoce inwazyjnym szkodnikiem pochodzącym ze wschodnich terenów Azji, który wraz z porażonym materiałem rozmnożeniowym został introdukowany na tereny Niemiec i Holandii, po czym w ciągu



zaledwie 12 lat swoim zasięgiem objął niemal wszystkie kraje europejskie (Rys. 1.). Pierwsze doniesienie o jego wystąpieniu na terenie Niemiec i Holandii miało miejsce w 2007r. (Kruger 2008; Muus i in. 2009), w 2010 r. występował już w kolejnych sześciu krajach (Feldtrauer i in. 2009; Mitchell 2009; Raineri i in. 2017), natomiast obecnie został opisany w ponad 30 krajach europejskich (CABI 2021). Jego obecność nie została potwierdzona do tej pory m.in. na Cyprze, Łotwie i w krajach Skandynawskich, jednak według prognoz również te regiony za wyjątkiem północnych obszarów Europy zostaną opanowane przez danego szkodnika.



**Rys. 1.** Występowanie ćmy bukszpanowej (*C. perspectalis*) na świecie.  
(<https://gd.eppo.int/taxon/DPHNPE/distribution>)

Ćma bukszpanowa jest gatunkiem monofagicznym. Jej jedyną rośliną żywicielską są krzewy i drzewa z rodzaju *Buxus* spp., na których żerują gąsienice powodując ich całkowitą defoliację. W przypadku utraty liści żer prowadzony jest na tkance kory co skutkuje zamieraniem, a nawet całkowitym usmierceniem rośliny (Wan i in. 2014). Występowanie szkodnika wpływa również w dużym stopniu na różnorodność biologiczną, jego gradacyjne występowanie może doprowadzić do wyginięcia dużej liczby gatunków ściśle powiązanych z bukszpanami. Zespół Mitchella opisał zależność występowania m.in. 130 gatunków grzybów oraz 100 gatunków bezkręgowców od rozmieszczenia bukszpanów, z czego 43 gatunki grzybów i 18 gatunków bezkręgowców nie są w stanie rozwijać bez udziału bukszpanów (Mitchell i in. 2018).

### 3. Przegląd literatury

Ćma bukszpanowa (*Cydalima perspectalis*) jest motylem nocnym z rodzaju *Cydalima* pochodzącym z wschodnich rejonów Azji (Chiny, Korea, Japonia) skąd przemieściła się do Europy, a następnie do Ameryki Płn. (Kanada) (CABI 2021). Za główny sposób rozprzestrzeniania się danego gatunku uznaje się transport zainfekowanego materiału rozmnożeniowego, najprawdopodobniej w ten sposób trafił on do krajów europejskich. Należy jednak pamiętać, że dorosłe osobniki są doskonałymi lotnikami w związku z czym z łatwością mogą przemieszczać się na odległość kilku kilometrów, a co za tym idzie zasiedlać kolejne rośliny. Ryzyko dalszego rozprzestrzeniania się szkodnika jest wysokie, ograniczyć je może jedynie rozmieszczenie roślin żywicielskich oraz niektóre czynniki abiotyczne, przede wszystkim temperatura, która w niższych zakresach może uniemożliwić rozwój drugiego pokolenia co ma miejsce w północnych regionach Europy (Nacambo i in 2014). Pierwsze doniesienie występowania danej ćmy w Polsce miało miejsce w 2016 r. na Podkarpaciu (Bury i in. 2017). Z roku na rok obszar jej występowania poszerzał się. Na dzień dzisiejszy obecna jest niemal w całym kraju.

*C. perspectalis* występuje w dwóch formach barwnych, jasnej – najczęściej występującej, oraz ciemnej. W formie jasnej dorosłe osobniki posiadają dwie pary białych, opalizujących skrzydeł o rozpiętości ok. 40 mm z ciemnobrązową obwódką na zewnętrznej części skrzydeł. Ich tułów oraz odwłok jest biały z brązowym zakończeniem ciała zlewającym się z obwódką skrzydeł (Rys. 2).



**Rys. 2.** Jasna forma barwna (<http://www.agbio-inc.com/box-tree-moth.html>).

Rzadziej występująca forma ciemna posiada dwie pary brązowych skrzydeł z fioletową poświatą i ciemniejszą obwódką. Intensywność ubarwienia skrzydeł jest cechą osobniczą (Mally i Nuss 2010; DIONP 2021). Obie formy posiadają charakterystyczną białą plamkę na przednim skrzydle w dyskoidalnej komórce. Długość ciała zwykle nie przekracza 2 cm. Dymorfizm płciowy przejawia się przede wszystkim występowaniem u samców charakterystycznego pędzelka na ostatnim segmencie odwłoka (Rys. 3). Długość życia dorosłych osobników wynosi ok. 2 tygodni (Mally i Nuss 2010; Nacambo i in 2014; Göttig i Herz 2017).



**Rys. 3.** Dymorfizm płciowy (Göttig i Herz 2017).

Cykl życiowy danego szkodnika obejmuje diapauzę trwającą 4-6 tygodni. W krajach naturalnego występowania szkodnik generuje 4-5 pokoleń, w Polsce 2-3 w zależności od panujących warunków atmosferycznych, głównie temperatury. Formą zimującą są gąsienice ukryte w kokonie zbudowanym z owiniętych w przędze liści bukszpanu. Temperatura progowa dla dalszego rozwoju larw wynosi 8-12°C. W ostatniej dekadzie marca zimujące gąsienice opuszczają kokony i przystępują do masowego żerowania. Po upływie ok. 520 stopniodni, co przypada na połowę maja następuje wylot dorosłych osobników (CABI 2021). Na początku czerwca samice składają 5-20 okrągłych, jasnożółtych jaj w złożach pokrytych galaretowatą, półprzezroczystą wydzieliną przytwierdzającą je do spodniej powierzchni liści (Leuthardt i Baur 2013). Po kilku - kilkunastu dniach wykluwają się gąsienice pierwszego pokolenia. Początkowo są jasnozielone z ciemnymi paskami biegnącymi wzdłuż ciała, a długość ich ciała nie przekracza 2 mm. Ze względu na swoją żarłoczność bardzo

szybko przybierają na masie i przechodzą kolejne 6 stadiów larwalnych, przed przepoczwazaniem osiągają 4 cm długości ciała, które jest zdecydowanie ciemniejsze, z dwoma czarnymi pasami, pokryte białymi plamkami i włoskami wyrastających z czarnych kropek na części grzbietowej. Poczwarka zazwyczaj jest ukryta między liśćmi bukszpanu owiniętymi przędzą. Początkowo jest jasnozielona, jednak wraz z czasem ciemnieje. Rozwój pierwszego pokolenia trwa zazwyczaj ok. 40 dni (430 stopniodni), pod koniec lipca pojawiają się dorosłe osobniki, które składają jaja do połowy sierpnia. Wyklute z nich gąsienice drugiego pokolenia żerują do połowy września, po czym przepoczwarzają się i składają do końca września kolejne złoża jaj. Pojawiające się gąsienice trzeciego pokolenia są stadium zimującym, żerują do nastania zimy po czym zapadają w stan diapauzy wywołany przez długość dnia krótszą niż 13,5 godziny. Podczas zimowania *C. perespectalis* jest w stanie przetrwać spadki temperatury do  $-33^{\circ}\text{C}$  (Xiao i in. 2011; CABI 2021).

Główna szkodliwość ęmy bukszpanowej polega na ograniczeniu powierzchni asymilacyjnej bukszpanów w wyniku żerowania jej stadiów larwalnych. Początkowo młode gąsienice żerują na dolnej stronie liści pozostawiając nienaruszoną wierzchnią blaszkę liściową, Starsze stadia żywią się całymi liśćmi i pędami, a w przypadku braku dostępności pokarmu korą roślin. Żerowanie gąsienic prowadzi do całkowitej defoliacji, a nawet zamierania całych roślin w ciągu zaledwie kilkunastu dni (Rys. 4). Ze względu na zimotrwałość bukszpanów, prowadzi on procesy fotosyntezy przez cały rok, osłabienie powstałe w wyniku żerowania może doprowadzić do przemarzania roślin w okresie zimowym (Kenis i in. 2013).



**Rys. 4.** Efekty żerowania gąsienic *C. perespectalis*.

Dużym problemem w ograniczeniu liczebności *C. perespectalis* jest brak konkurencji ze strony innych szkodników bukszpanów oraz brak wrogów naturalnych. Ze względu na alkaloidy obecne w spożywanych przez nią liściach, jest ona nieatrakcyjnym źródłem pożywienia dla ptaków. Na terenie Azji znane są dwa gatunki ograniczające jej liczebność, *Chelonus tabonus* oraz *Dolichogenidea stantani*, jednak nie mogą być one introdukowane i wykorzystane na terenie Europy ze względu na ryzyko ich negatywnego wpływu na rodzimą faunę (Nacambo i in. 2014; Wan i in. 2014).

Podstawą zwalczania ęmy bukszpanowej jest systematyczne prowadzenie monitoringu jej występowania. W tym celu stosuje się pułapki feromonowe dostępne w różnych modelach (typu delta, kominowe). Po stwierdzeniu wystąpienia szkodnika przystępuje się do zabiegów mających na celu jego zwalczanie. Aktualnie w biologicznej ochronie bukszpanu przed ęmą bukszpanową najskuteczniejsze są preparaty zawierające *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* m.in. Dipel DF® (Lacey i in. 2015). Prowadzone są również badania nad skutecznością *Trichogramma* spp. oraz *Anagrapha falcifera* (Rose i in. 2013; CABI 2021). Ponadto przeprowadzono badania nad możliwością wykorzystania olejków eterycznych przeciwko *C. perespectalis*. Potencjał owadobójczy lub repelentny wykazały olejki z bylicy piołun (*Artemisia absinthium*), kminu rzymskiego (*Cuminum cyminum*), mięty polnej (*Mentha pulegium*), lebidki (*Origanum* spp.), cząbrku ogrodowego (*Satureja hortensis*), bzu czarnego (*Sambucus nigra*) oraz macierzanki tymianek (*Thymus vulgaris*) (Göttig i in. 2017; Gokturk i in. 2021). Największe efekty w zwalczaniu danego szkodnika daje stosowanie chemicznych środków ochrony roślin opartych na acetamiprydzie (DIONP 2021).

#### 4. Podsumowanie

Ćma bukszpanowa uznana jest za bardzo groźnego szkodnika inwazyjnego roślin z rodzaju *Buxus*. Jego zdolności adaptacyjne przyczyniły się do rozprzestrzeniania się na teren niemal całej Europy. Handel materiałem rozmnożeniowym przyczynił się również do introdukcji danego gatunku na tereny Ameryki Płn. (Kanada) przez co zagrożone zostały kolejne obszary występowania bukszpanów.

Znaczenie *C. perspectalis* jest znacznie większe w regionach gdzie wytwarza minimum 4 pokolenia rocznie. Jej gradacyjne występowanie może doprowadzić do zamierania bukszpanów na dużych obszarach. Obecnie nie jest ona uznana za gatunek kwarantannowy, jednak mimo to należy podjąć wszelkie działania aby uniemożliwić jej dalsze rozprzestrzenianie, a tam gdzie już występuje maksymalnie ograniczyć jej liczebność.

#### 5. Literatura

- Bury J, Olbrycht T, Mazur K, Babula P, Czudec P (2017) First records of the invasive box tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) in south-eastern Poland. *Fragmenta Faunistica* 60(2):101–106.
- CABI. (2021) *Cydalima perspectalis* (box tree moth). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/118433#REF-DDB-183911>
- DIONP (2021) Ćma bukszpanowa – groźny szkodnik bukszpanów <https://www.dionp.pl/cma-bukszpanowa-grozny-szkodnik-bukszpanow/>
- Feldtrauer JF, Feldtrauer JJ, Brua C (2009) Premiers signalements en France de la Pyrale du Buis *Diaphania perspectalis* (Walker, 1859), espece exotique envahissante s'attaquant aux Buis (Lepidoptera, Crambidae). *Bull. Soc. Entomol.* 65:55-58.
- Gokturk T, Chachkhiani-Anasashvili N, Kordali S, Dumbadze G, Usanmaz Bozhuyuk A (2021) Insecticidal effects of some essential oils against box tree moth (*Cydalima perspectalis* Walker (Lepidoptera: Crambidae)). *International Journal of Tropical Insect Science* 41:313–322.
- Göttig S, Herz A (2017) Observations on the seasonal flight activity of the box tree pyralid *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in the Rhine-Main Region of Hessia 69(5): 157-165.
- Göttig S, Korn S, Herz A (2017) Repellent and toxic properties of plant oils and extracts on *Cydalima perspectalis* Walker (Lepidoptera: Crambidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 50(13–14): 658–673.
- Kenis M, Nacambo S, Leuthardt FLG, Di Domenico F, Haye T (2013) The box tree moth, *Cydalima perspectalis*, in Europe: horticultural pest or environmental disaster? *Aliens* 33: 38-41.
- Kruger EO (2008) *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) - neu fur die Fauna Europas (Lepidoptera: Crambidae). *Entomol. Z.* 118: 81-83.
- Lacey LA, Grzywacz D, Shapiro Ilan DI, Frutos R, Brownbridge M, Goettel MS (2015) Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *J Invertebr Pathol* 132:1–41.
- Mally R, Nuss M (2010) Phylogeny and nomenclature of the box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) comb. n., which was recently introduced into Europe (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae: Spilomelinae). *European Journal of Entomology* 107(3): 393-400.
- Mitchell A (2009) Box tree moth *Diaphania perspectalis* (Walk.) - a new pyralid moth to Britain and Ireland. *Atropos* 36:17-18.
- Mitchell R, Chitanava S, Dbar R, Kramarets V, Lehtijaˆrvi A, Matchutadze I, Mamadashvili G, Matsiakh I, Nacambo S, Papazova-Anakieva I, Sathyapala S, Tuniyev B Veˆ tek G, Zuhbbaia M, Kenis M (2018) Identifying the ecological and societal consequences of a decline in *Buxus* forests in Europe and the Caucasus. *Biol Invasions* 20: 3605–3620.
- Muus TST, van Haaften EJ, van Deventer LJ (2009) De buxusmot *Palpita perspectalis* (Walker) in Nederland (Lepidoptera: Crambidae). *Entomologische Berichten* 69: 66-67.
- Nacambo S, Leuthardt FLG, Wan H, Li H, Haye T, Baur B, Weiss RM, Kenis M (2014) Development characteristics of the box-tree moth *Cydalima perspectalis* and its potential distribution in Europe. *Journal of Applied Entomology* 138: 14-26.

- Niemiera AX (2012) Selecting Landscape Plants: Boxwoods. Virginia Cooperative Extension, Publication 426- 603.
- Raineri V, Bonechi F, Caracciolo D, Cresta P, Mariotti M (2017) *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) and the threats for the Nature 2000 habitat 5110 in Liguria (NW Italy). *Bollettino dei Musei e Degli Istituti Biologici dell'Università di Genova* 79: 215–236.
- Rose J, Kleespies RG, Wang Y, Wennmann JT, Jehle JA (2013) On the susceptibility of the box tree moth *Cydalima perspectalis* to *Anagrapha falcifera* nucleopolyhedrovirus (AnfaNPV). *J Invertebr Pathol* 113:191–197.
- Wan H, Haye T, Kenis M, Nacambo S, Xu H, Zhang F, Li H (2014). Biology and natural enemies of *Cydalima perspectalis* in Asia: Is there biological control potential in Europe? *Journal of Applied Entomology* 138(10): 715-722.
- Xiao HJ, Xin HQ, Zhu XF, Xue FS (2011). Photoperiod and temperature response of diapause induction in *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Chinese Journal of Applied Entomology* 48(1), 116-120.

## 6. Wykorzystanie przepiórki japońskiej (*Coturnix japonica*) w badaniach naukowych

The use of Japanese quail (*Coturnix japonica*) in scientific research

Anastasiya Ramankevich<sup>(1)</sup>, Oleksandra Khotska<sup>(1)</sup>, Dawid Ziobro<sup>(1)</sup>, Adrian Pluta<sup>(1)</sup>, Kamil Drabik<sup>(2)</sup>, Justyna Batkowska<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Studenckie Koło Naukowe Biologii, Hodowli i Użytkowania Drobiu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie\*

<sup>(2)</sup>Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekun SKN: dr hab. Justyna Batkowska prof. UP, mgr inż. Kamil Drabik

Anastasiya Ramankevitch: ramankevichanastasiya@gmail.com

Słowa kluczowe: przepiórka japońska, testy behawioralne, żywienie, behavior, dobrostan

### Streszczenie

Na przestrzeni lat wykonano wiele badań dotyczących wpływu genetyki, żywienia i behawioru na fizjologię zwierząt, co bezpośrednio przekłada się na ich dobrostan i wyniki produkcyjne. W doświadczeniach naukowych przeprowadzanych na drobiu, jednym z najczęściej wybieranych gatunków jest przepiórka japońska (*Coturnix japonica*). Celem pracy było ukazanie przepiórki japońskiej jako wzorowego modelu badawczego w różnych dziedzinach naukowych. Z uwagi na fakt, iż cechuje się ona małymi rozmiarami ciała, niewielkim zużyciem paszy oraz szybkim dojrzewaniem płciowym, stanowi idealne pod względem ekonomicznym zwierzę laboratoryjne. Badania naukowe z wykorzystaniem tego gatunku, pozwalają na poprawę poziomu dobrostanu ptaków, zarówno w sferze fizycznej, jak i psychicznej. Poprzez zapewnienie odpowiednich warunków utrzymania przepiórki japońskiej, hodowca może także osiągnąć lepsze wyniki produkcyjne, pod względem ilości i jakości pozyskiwanego surowca.

### 1. Wstęp

Wykorzystanie zwierząt w celach naukowych regulowane jest przez Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/63/UE z dnia 22 września 2010 r. w sprawie ochrony zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych. Większość doświadczeń przeprowadza się na zwierzętach laboratoryjnych takich jak myszy, szczury, króliki, kawy domowe, czy nornice. Natomiast w badaniach przeprowadzanych na drobiu coraz częściej wykorzystuje się przepiórki japońskie (*Coturnix japonica*). Po II Wojnie Światowej ptaki te utrzymywano głównie w celu pozyskania surowca jajczarskiego czy mięsa, a dopiero w późniejszych latach jako zwierzę modelowe, wykorzystywane w celach laboratoryjnych. Do ich zalet w tym zakresie należy zaliczyć małe rozmiary ciała, niewielkie zużycia paszy i krótki okres międzypokoleniowy. Dlatego szybko stały się idealnym materiałem do badań genetycznych, żywieniowych, embriologicznych oraz fizjologicznych (Mizutani 2003). Po raz pierwszy jako użyteczny model badawczy przepiórka japońska opisana została przez Padgett i Ivey (1960) i od tego czasu stała się powszechnym gatunkiem laboratoryjnym dla szeregu badań, w tym rozwojowych, behawioralnych i środowiskowych (Ainsworth i in. 2010).

Celem pracy było ukazanie przepiórki japońskiej jako modelu badawczego w różnych dziedzinach naukowych.

### 2. Opis zagadnienia

#### 2.1 Badania żywieniowe

Zarówno kura jak i przepiórka ptaki zaliczane do drobiu grzebiącego mają zbliżoną budowę układu pokarmowego (Clavijo i Flórez 2017). Dlatego też mogą być one idealnym zwierzęciem modelowym do prowadzenia badań mających na celu ocenę wpływu paszy i dodatków paszowych na wyniki produkcyjne. W badaniach żywieniowych przeprowadzonych na przepiórkach stosowano

dotatki paszowe, takie jak siemię lniane czy algi morskie. Ich suplementacja nie wykazała żadnego wpływu na fizyczne i morfologiczne cechy jaja przepiórczego. Natomiast spowodowała ona obniżenie w nim zawartości cholesterolu, a także kwasowości czynnej (pH) żółtka i białka (Trziszka i in. 2014). Interesujący może być również wpływ argininy na czynniki zootechniczne młodych przepiórek. Arginina to aminokwas endogeny niezbędny do prawidłowego rozwoju i wzrostu, pełni istotną rolę w zachowaniu optymalnej równowagi azotu w organizmie, a także bierze udział w powstawaniu kwasu moczowego i mocznika. Aminokwas ten bierze też udział w wytwarzaniu T-limfocytów (Parry i Ward 2010). W doświadczeniu przeprowadzonym przez Sychova i in. (2017), którego celem było ustalenie optymalnego poziomu argininy w paszy dla młodych przepiórek oraz ocena jej wartości biologicznej, ptaki żywiono paszą zawierającą różne stężenie tej substancji. Wydajność części jadalnych i mięsność tuszki była najwyższa u przepiórek, które pobierały paszę zawierającą 1,66% argininy, natomiast najniższa u ptaków które pobierały 1,39% tej substancji.

Szczerbińska i in. (1999) w badaniach mających na celu zastąpienie typowo stosowanej pszenicy i kukurydzy w paszy dla drobiu tańszą alternatywą, tj. ziarnem owsa, stwierdzili, że podawanie przepiórkom owsa nieoplewionego w ilości 20% dawki poprawia w znacznym stopniu nieśność ptaków i wskaźnik zużycia paszy. Na przykładzie przepiórek japońskich wykazano, że suplementacja witaminami E i C może być dobrą praktyką w żywieniu drobiu ponieważ mogą one pojedynczo lub synergicznie oddziaływać pozytywnie na metabolizm białek i lipidów, poziom cukru, a także funkcjonalność tarczycy, nerek i wątroby (Sigolo i in. 2019). Działanie takie pozwala także na szybszy wzrost masy ciała, tym samym poprawiając wartości rzeźnej tuszki.

Z wykorzystaniem przepiórek badano również wpływ różnych źródeł olejów roślinnych na jakość uzyskanych jaj oraz wskaźniki biochemiczne krwi ptaków. Wykazano, że najwyższą masę jaj uzyskano w przypadku wykorzystania w diecie ptaków oleju sojowego i arachidonowego, natomiast olej kukurydziany wpłynął pozytywnie na wskaźniki reprodukcyjne ptaków (Reda i in. 2020). Przepiórki japońskie są również chętnie wykorzystywane w pracach badawczych związanych z możliwością zmian profilu kwasów tłuszczowych żółtek jaj m.in. z wykorzystaniem mikroalg (*Spirulina platensis*). Zaobserwowano również poprawę intensywności zabarwienia oraz podniesienie stabilności oksydacyjnej żółtek jaj (Boiago i in. 2019).

### 2.2 Genetyka

Przepiórka japońska jest często rekomendowana jako zwierzę modelowe do badań genetycznych, zwłaszcza w aspekcie genetyki populacyjnej (Saatci i in. 2006). Predysponuje ją do tego krótki okres międzypokoleniowy, a także znaczna opłacalność produkcji wynikającej z szybkiego tempa wzrostu i małych rozmiarów ciała. Selekcja genetyczna jest skutecznym środkiem do zwiększania masy ciała i tempa wzrostu u przepiórek. Jak wynika z badań Devi i in. (2010), ze względu na występowanie efektu plejotropowego, selekcja w kierunku wzrostu masy ciała u młodych ptaków automatycznie powoduje zwiększenie masy ciała w późniejszym wieku, aż do 20 tygodnia życia. Cecha ta może zostać udoskonalona poprzez zapewnienie odpowiednich warunków utrzymania, o czym świadczy obecność dodatniej korelacji pomiędzy fenotypem ptaków, a środowiskiem zewnętrznym, w którym przebywają. Jak podaje Silva i in. (2013) w celu osiągnięcia wyższej produkcji rzeźnej, selekcja na podstawie masy ciała powinna być przeprowadzana najlepiej w trzecim lub czwartym tygodniu życia ptaków. Wynika to z dodatniego wpływu wczesnego wieku ptaków na masę ciała przy uboju i jednocześnie niewielkiego oddziaływania tej cechy na produkcję i jakość jaj. Badania przeprowadzone przez Narinc i in. (2014) w celu oszacowania odziedziczalności i korelacji genetycznych dla cech wzrostu i rozrodu w stadzie przepiórek japońskich, wykazały, że wysoka odziedziczalność genu, który odpowiedzialny jest za całkowitą liczbę jaj, może być efektywnie wykorzystana w wielo cechowej selekcji linii żeńskiej. Ponadto, można stwierdzić, że wykorzystanie krzywych wzrostu przepiórek może przyczynić się poprawy wyników pracy hodowlanej.

### 2.3 Rozmnażanie

Sztuczna inseminacja jest to zabieg powszechnie stosowany u drobiu oraz innych gatunków zwierząt gospodarskich. Polega on na pobraniu nasienia od samców, a następnie ułokowaniu go w drogach rodnych samicy. Ma on wiele zalet, głównie; pozwala na unikanie chorób jakie mogłyby

wystąpić przy kryciu naturalnym, pozwala na transport nasienia, a także daje możliwość na pobranie nasienia od jednego samca, a następnie unasiennieniu nim większej liczby samic (Olszańska 1979). Chełmońska i in. (2008) stwierdzili, że istotny wpływ na składniki odżywcze znajdujące się w jajach przepiórczym ma jakość nasienia samca. Do celów doświadczalnych wybrano 10 dojrzałych płciowo osobników. Nie kierowano się przy tym żadnymi szczególnymi cechami ptaków. Całkowita ilość żywych plemników była bardzo wysoka, natomiast liczba żywych i prawidłowych z punktu widzenia morfologicznego komórek była zróżnicowana od 77,1% do 86,4%. Zaobserwowano również, że wśród żywych zdeformowanych komórek najczęściej było komórek makrocefalowych i zakrzywionych. Lasoń i in. (2016) stwierdzili, że środowisko testowanych rozcieńczalników nasienia przepiórek mięsnych nie wpływa w sposób istotny na jego charakterystykę makro i mikroskopową. Najkorzystniejszym środowiskiem dla nasienia przepiórek wykorzystywanym w sztucznej inseminacji jest piana z gruczołu kloakalnego samców. Jej dodatek pozwala na zachowanie wysokiej żywotności plemników w jajowodzie samicy, a w dalszej konsekwencji na uzyskanie wysokiego procentu zapłodnienia jaj, dorównującego poziomowi zapłodnienia w stadach przepiórek nieśnych, w których zachowano krycie naturalne.

Układ hormonalny odpowiada za prawidłowe funkcjonowanie całego organizmu. W przypadku niedoboru któregoś z hormonów dochodzi do zachwiania równowagi hormonalnej, co może mieć katastrofalne skutki dla całego organizmu. Ottinger i in. (2001) przeprowadzili doświadczenie, którego głównym celem było zbadanie wpływu układu neuroendokrynnego na reakcje hormonalne i behawioralne przepiórek. Stwierdzono, że ptaki te są szczególnie podatne na działanie EDC (związków endokrynnie aktywnych) podczas rozwoju embrionalnego. Dzieje się tak dlatego, że okres ten cechuje się największą wrażliwością na wszelkiego typu substancje chemiczne. U osobników dorosłych wpływ tej że substancji jest znacznie słabszy w porównaniu do osobników młodszych.

Interesujący jest wpływ zahamowania aromatazy na zachowania rozrodcze samców przepiórki japońskiej. Aromataza jest to kompleks enzymatyczny, występujący u wszystkich kręgowców, który odpowiada za biosyntezę androgenów do estrogenów (Miller 2005, Ghosh i in. 2010). Cornil i in. (2006) stwierdzili, że zahamowanie produkcji estrogenów u samic przepiórki japońskiej przez inhibitor aromatazy, wpływa negatywnie na zachowanie seksualne u samców.

Jednym z analizowanych aspektów rozmnażania drobiu jest procedura inkubacji jaj wylęgowych w tym dezynfekcja nakładanych do wylęgu jaj. Tradycyjnie do dezynfekcji stosuje się fumigację parami formaliny, jednak z uwagi na jej właściwości rakotwórcze prowadzone są intensywne prace badawcze w kierunku alternatywnych sposobów ograniczenia mikroflory na powierzchni skorup jaj. Także w tym zakresie przepiórka japońska może być wdzięcznym obiektem badawczym, m.in. ze względu na niewielki stosunkowo rozmiar znoszonych jaj, ale także krótszy, niż u innych gatunków, czas niezbędny do rozwoju zarodka, tj. 17,5 doby. W badaniach stwierdzono, że po zastosowaniu srebra koloidalnego (Batkowska i in. 2017) nastąpiło istotne ograniczenie całkowitej liczby kolonii bakterii, zmniejszyła się także przewodność wodna skorupy jaj, co przyczyniło się do ograniczenia utraty wilgotności, a zatem do uzyskania piskląt o większej początkowej masie ciała. Ponadto pisklęta te charakteryzowała niższa śmiertelność i większe przyrosty masy ciała. Nowaczewski i in. (2013) wykazali, że skutecznym środkiem dezynfekującym może być alkohol etylowy (75%); wykazano przy tym jego bardzo silne działanie na grzyby mikroskopowe. W pracy wykorzystano jaja wylęgowe przepiórki japońskiej uwzględniając dodatkowo umiejscowienie tacy z jajami w aparacie lęgowym analizując zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych w różnych częściach inkubatora (temperatura, wilgotność, przepływ powietrza), które predysponują mikroorganizmy do różnej intensywności rozwoju. Najniższe wyniki wylęgu uzyskano dla jaj umieszczonych na środkowym poziomie inkubatora. Interesującą substancją pochodzenia naturalnego, analizowaną pod kątem jej właściwości antymikrobiologicznych może być propolis. Po zastosowaniu jego roztworu alkoholowego, nie stwierdzono ograniczenia ogólnej liczby bakterii na jajach wylęgowych przepiórki japońskiej, natomiast ograniczone zostało ich zróżnicowanie gatunkowe (Batkowska i in. 2018). Wyniki wylęgu po zastosowaniu propolisu były zbliżone do wyników uzyskanych w grupie dezynfekowanej parami formaliny, natomiast wyklute pisklęta odznaczały się wyższą przeżywalnością w okresie 14-dniowego odchowu. Problematyczna



w przypadku analiz wylęgowości przepiórek pozostaje jedynie biologiczna analiza lęgu, gdyż niewielki rozmiar zarodków, a także ich specyfika i zbliżony wygląd w sąsiadujących ze sobą stadiach rozwoju (dobach inkubacji) mogą utrudniać rozpoznanie zarówno doby zamarcia, jak i identyfikację jego przyczyny.

#### 2.4 Testy behawioralne u przepiórki japońskiej

Przepiórka japońska jest gatunkiem stadnym, który często wykorzystywany jest w badaniach nad behawiorem. Jednymi z najczęściej wykonywanych doświadczeń są testy lęklivosti, przeprowadzane w celu pomiaru poziomu strachu u tych ptaków. Można go określić za pomocą wielu miar, z których część została zbadana przy pomocy testów behawioralnych przeprowadzonych przez Miller i in. (2006). Wykorzystano cztery testy, tj. wyłonienia się, nowego obiektu, nowego pokarmu oraz zaskoczenia z udziałem drapieżnika (jastrzębia). Uznano, że pomiary są wiarygodne, jeśli były stabilne przez 18 dni. W pierwszym z testów zbadano ilość wyłonień głowy lub całego ciała przez drzewiczki otwarte na nową arenę, obserwując chęć eksploracji poszczególnych osobników, odwagę i lęklivość w reakcji na pojawienie się nowego terenu. Test nowego obiektu miał na celu określenie zainteresowania przepiórek obcymi dla nich przedmiotami, umieszczonymi w kojcu, takimi jak mała zielona cukinia, jasnożółty plastikowy kubek i dwie brązowe szyszki. Cechę tą oceniano na podstawie preferencji danego przedmiotu, wyrażonej poprzez zbliżenie się do niego i/lub dziobanie go. Z kolei test nowego pokarmu pozwolił na zbadanie zainteresowania i preferencji ptaków w stosunku do pokarmu w postaci kukurydzy, o barwie żółtej oraz odmiennej od naturalnej, tj. zielonej i fioletowej. Zachowanie przepiórek w tym doświadczeniu polegało na ocenie zbliżenia się do danego rodzaju pokarmu oraz ilości jego spożycia. W ostatnim z wymienionych testów badano odległość ucieczki oraz czas trwania pozostania w bezruchu jako reakcje na nagłe pojawienie się naturalnego drapieżnika. Zaobserwowano, że trzy z sześciu miar określających poziom strachu, okazały się istotne dla przepiórek. Były to: ilość zjedzonego nowego pokarmu, a także odległość ucieczki i czas pozostania w bezruchu w wyniku ekspozycji na drapieżnika. Pozyskane w powyższych testach wyniki pozwalają na stwierdzenie, że poziom strachu u przepiórki japońskiej jest zależny od rodzaju pojawiającego się w ich otoczeniu bodźca oraz czasu, w którym to nastąpiło.

Z kolei behawior seksualny i związane z nim zachowania społeczne przepiórki japońskiej są dobrze uwidocznione w warunkach niewoli, dlatego okazały się one cenne dla badań nad tym, jak wczesne doświadczenia społeczne mogą kształtować preferencje par i zachowania seksualne u dorosłych osobników. Przepiórki były również wykorzystywane w badaniach nad warunkowaniem seksualnym, ukazując pozytywny wpływ klasycznego uczenia się na rozmnażanie. Istotne okazało się również badanie wpływu długości dnia świetlnego, regulującego reprodukcję oraz zmienność poziomu gonadalnych hormonów steroidowych, tym samym kontrolując zachowania seksualne. W dni krótkie samce prawie nie wykazują behawioru seksualnego, w przeciwieństwie do dni długich, ale poziom ich aktywności może być przywrócony przez podawanie testosteronu (Mills i in. 1997).

Młode przepiórki, jako zagniazdowniki, opuszczające gniazdo zaraz po wykluciu, są wykorzystywane również w badaniach behawioralnych w celu określenia wpływu wczesnych doświadczeń na późniejsze zachowania poszczególnych osobników. W badaniach Pittet i in. (2019) określano wpływ obecności kwoki we wczesnym okresie życia piskląt na przejawianie przez nie naturalnych wzorców behawioralnych. W tym celu użyto trzech testów behawioralnych, tj. test znieruchomienia tonicznego, test otwartego pola i test wyłonienia się, w których badano związek pomiędzy reakcjami behawioralnymi związanymi z lęklivością, a zachowaniami społecznymi. Wyniki tego doświadczenia wskazują na fakt, iż u przepiórek, które były wychowywane przez dorosłą samicę przejawiającą instynkt kwoczenia, występowało więcej korelacji behawioralnych pomiędzy poszczególnymi testami, niż w przypadku osobników odchowanych bez niej. Oznacza to, że obecność kwoki oraz występowanie interakcji pomiędzy nią a pisklętami we wczesnym okresie życia, pozwoliło na rozwinięcie się u nich specyficznych, spójnych reakcji na poszczególne bodźce, tym samym pozwalając im na radzenie sobie w sytuacjach trudnych, wymagających wyrażenia szybkich, warunkowych odpowiedzi behawioralnych. Tego typu badania mają duże znaczenie dla dobrostanu zwierząt, ponieważ pokazują, że intensywna hodowla, w której pisklęta pozbawione są opieki

rodzicielskiej, uniemożliwia rozwój strategii behawioralnych, do radzenia sobie zarówno z fizycznymi, jak i społecznymi warunkami środowiska, w których żyją.

### 3. Podsumowanie

Na tle dostępnego piśmiennictwa można stwierdzić, że przepiórka japońska jest stosunkowo często wykorzystywanym zwierzęciem laboratoryjnym. Dzięki niewielkim rozmiarom ciała, niskiemu zużyciu paszy oraz stosunkowo wczesnego wieku osiągnięcia dojrzałości płciowej, stanowi ona idealne zwierzę modelowe w badaniach naukowych. Należy jednak zwrócić uwagę także na pewną specyfikę gatunkową tych ptaków, która nie zawsze pozwala na bezpośrednie przełożenie uzyskanych wyników na inne ptaki grzebiące. Wymienić tu można chociażby fakt odwrotnego dymorfizmu płciowego w masie ciała ptaków, tzn. samice są większe niż samce, zdolność do lotu, czy naturalną, ale bardzo silną potrzebę kąpieli piaskowych, niejednokrotnie realizowaną w pojemniku z paszą, co powoduje straty mieszanki, a także utrudnia rejestrację parametrów produkcyjnych. Problemem często jest też brak wartości referencyjnych niektórych wskaźników fizjologicznych, np. parametrów surowicy krwi, jak również duża zmienność osobnicza. Mimo to, doświadczenia przeprowadzane na przepiórkach, odnoszące się do poszczególnych aspektów życia tych ptaków, wpływają pozytywnie zarówno na dobrostan zwierząt, ukazując prawidłowy sposób ich żywienia i utrzymania, jak również pozwalają hodowcy na zwiększenie zysków poprzez pozyskanie większej ilości surowca, cechującego się także lepszą jakością.

### 4. Literatura

- Ainsworth SJ, Stanley RL, Evans DJ (2010) Developmental stages of the Japanese quail. *Journal of Anatomy* 216(1): 3-15.
- Ball GF, Balthazart J (2010) Japanese quail as a model system for studying the neuroendocrine control of reproductive and social behaviors. *ILAR Journal* 51(4): 310-325.
- Batkowska J, Al-Shammari KIA, Gryzińska M i in. (2017) Effect of using colloidal silver in the disinfection of hatching eggs on some microbial, hatchability and performance traits in Japanese quail (*Coturnix cot. japonica*). *European Poultry Science* 81: doi:10.1399/eps.2017.211.
- Batkowska J, Al-Shammari KIA, Wlazło Ł i in. (2018) Evaluation of propolis extract as a disinfectant of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) hatching eggs. *Poultry Science* 97: 2372– 2377.
- Boiago MM, Dilkin JD, Kolm MA i in. (2019) Spirulina platensis in Japanese quail feeding alters fatty acid profiles and improves egg quality: Benefits to consumers. *Journal of Food Biochemistry* 43(7): e12860.
- Chełmońska B, Jerysz A, Łukaszewicz E i in. (2008) Semen collection from Japanese Quail (*Coturnix japonica*) using a teaser female. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 32(1): 19-24.
- Clavijo V, Flórez MJV (2017) The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: a review. *Poultry Science* 97(3): 1006-1021.
- Cornil CA, Taziaux M, Baillien M i in. (2006) Rapid effects of aromatase inhibition on male reproductive behaviors in Japanese quail. *Hormones and Behavior* 49(1): 45-67.
- Devi KS, Gupta BR, Prakash MG i in. (2010) Genetic studies on growth and production traits in two strains of Japanese quails. *Tamilnadu Journal of Veterinary & Animal Sciences* 6(5): 223-230.
- Genchev A, Mihaylova G, Ribarski S i in. (2008) Meat quality and composition in Japanese quails. *Trakia Journal of Sciences* 6: 72–82.
- Ghosh D, Griswold J, Erman M i in. (2010) X-ray structure of human aromatase reveals an androgen-specific active site. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 118(4-5): 197-202.
- <https://biotechnologia.pl/farmacja/badania-na-zwierzetach-przeglad-organizmow-i-aspekty-prawne,12387> (data dostępu 16.09.2020).

- Lasoń M, Kowalczyk A, Nowak B (2016) Zastosowanie sztucznej inseminacji w rozrodzie przepiórek japońskich (*Coturnix japonica*) typu mięsnego. [W:] Łuczycza D. (red.) Rolnictwo XXI wieku –problemy i wyzwania, Idea Knowledge Future, Wrocław: 152-161.
- Miller KA, Garner JP, Mench JA (2006). Is fearfulness a trait that can be measured with behavioural tests? A validation of four fear tests for Japanese quail. *Animal Behaviour*, 71(6): 1323-1334.
- Miller WL (2005) Minireview: regulation of steroidogenesis by electron transfer. *Endocrinology* 146(6): 2544-2550.
- Mills AD, Crawford LL, Domjan M i in. (1997) The behavior of the Japanese or domestic quail *Coturnix japonica*. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 21(3): 261-281.
- Mizutani M (2003) The Japanese quail. Laboratory Animal Research Station, Nippon Institute for Biological Science, Kobuchizawa, Yamanashi, Japan, 408.
- Narinc D, Karaman E, Aksoy T i in. (2014) Genetic parameter estimates of growth curve and reproduction traits in Japanese quail. *Poultry Science* 93(1): 24-30.
- Nowaczewski S, Szablewski T, Cegielska-Radziejewska R i in. (2013). Microbiological response of Japanese quail eggs to disinfection and location in the setter during incubation. *Folia Biologica* 61(1-2): 119-124.
- Olszańska B (1979) Przepiórka japońska jako model badań laboratoryjnych. *Drobiarstwo*, 11: 6-8.
- Ottinger MA, Abdelnabi MA, Henry P i in. (2001) Neuroendocrine and behavioral implications of endocrine disrupting chemicals in quail. *Hormones and Behavior* 40(2): 234-247.
- Padgett CS, Ivey WD (1960) The normal embryology of the *Coturnix* quail. *The Anatomical Record* 137(1): 1-11.
- Parry RV, Ward SG. (2010) Protein arginine methylation: a new handle on T lymphocytes? *Trends in immunology* 31(4): 164-169.
- Pittet F, Tyson C, Herrington JA, i in. (2019) Postnatal care generates phenotypic behavioural correlations in the Japanese quail. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 73(9): 1-14.
- Reda FM, El-Kholy MS, Abd El-Hack ME i in., (2020) Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents? *Poultry Science* 99(7): 3511-3518.
- Saatci M, Omed H, Ap Dewi I (2006) Genetic parameters from univariate and bivariate analyses of egg and weight traits in Japanese quail. *Poultry Science* 85(2): 185-190.
- Sigolo S, Khazaei R, Seidavi A. i in. (2019). Effects of supra-nutritional levels of vitamin E and vitamin C on growth performance and blood parameters of Japanese quails. *Italian Journal of Animal Science* 18(1): 140-146.
- Silva LP, Ribeiro JC, Crispim AC i in. (2013). Genetic parameters of body weight and egg traits in meat-type quail. *Livestock Science* 153(1-3): 27-32.
- Sychov M, Omelian A, Tsvihun A (2017) Wpływ argininy na wskaźniki zootechniczne młodych przepiórek. *Scientific Achievements In Agricultural Engineering, Agronomy And Veterinary Medicine* 2(1): 78-89.
- Szczerbińska D, Piech M, Danczak A i in. (1999) Wstępna ocena wartości owsa nieoplewionego i oplewionego w żywieniu stada reprodukcyjnego przepiórek. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, Suplement 1(06): 279-285.
- Trziszka T, Łukaszewicz E, Bobak L i in. (2014) Wpływ wzbogacenia paszy algami morskimi i siemieniem lnianym na skład morfologiczny i cechy fizykochemiczne jaj przepiórek japońskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 21(6): 138 – 149.

## 7. Substancje pochodzenia roślinnego w leczeniu i profilaktyce chorób cieląt

Substances of plant origin in the treatment and prevention of calves' diseases

Kinga Szczepanik

Katedra Żywienia, Biotechnologii Zwierząt i Rybactwa, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Paweł Górka, prof. UR

Szczepanik Kinga: kinga.szczepanik@student.urk.edu.pl

Słowa kluczowe: zioła, fitoterapia, zwierzęta, przeżuwacze, ziołolecznictwo

### Streszczenie

Wiele prowadzonych badań skupia się na poszukiwaniu alternatywnych metod leczenia oraz profilaktyki schorzeń występujących u zwierząt. Jest to wynik głównie rosnącej oporności bakterii na działanie antybiotyków, ich mutacji, a tym samym zwiększonej różnorodności drobnoustrojów patogennych, a także zwiększającej się świadomości hodowców i konsumentów – ostatnich odbiorców żywności pochodzenia zwierzęcego. W przypadku cieląt, prowadzone badania skupiają się przede wszystkim na zaproponowaniu alternatywnych metod zapobiegania schorzeniom układu pokarmowego, które są najczęstszym problemem zdrowotnym występującym u tej grupy zwierząt, szczególnie w pierwszych tygodniach życia. Są one powodem upadków cieląt i przyczyną dużych strat ekonomicznych producentów mleka i mięsa. Ponadto, u nowonarodzonych cieląt często występuje tzw. niedobór odporności biernej, który prowadzi do większej podatności cieląt na choroby i cięższego ich przebiegu. Wyniki wielu badań wykazały przydatność wykorzystania roślin leczniczych oraz substancji biologicznie czynnych w nich zawartych w celu leczenia i prewencji chorób u cieląt. Celem niniejszej pracy jest omówienie wybranych doniesień z tego zakresu.

### 1. Wstęp

Chcąc uzyskać wysokiej jakości mleko oraz mięso należy zadbać o krowę oraz przyszłego opasa już na etapie cielęcicia. Cielęta rodzą się z agammaglobulinemią, co jest skutkiem specyficznej budowy łożyska u bydła, która uniemożliwia swobodne przechodzenie przeciwciał z krwi matki do krwi płodu (Wieczorek-Dąbrowska i in. 2013). W efekcie nowonarodzone cielę nie może sprawnie bronić się przed patogenami i jest podatne na infekcje. Jediną szansą na uzyskanie odpowiedniej odporności (tzw. odporności biernej) na choroby jest pobranie przez cielę w ciągu pierwszych godzin życia siary, która oprócz immunoglobulin (w siarce głównym przeciwciałem jest IgG) zawiera białka, węglowodany, tłuszcze, granulocyty obojętnochłonne, makrofagi, a także komórki T i B (Radkowska i Szewczyk 2017). Procent przeciwciał w siarce spada szybko po wycieleniu i już w drugim doju wynosi 60 – 70% ich początkowej ilości. Do 27. godziny po porodzie wchłaniana jest immunoglobulina IgG, IgA przyswajane jest do 21. godziny, a IgM tylko do 16. godziny. Cielę w pierwszej dobie może wchłoniąć przeciwciała bezpośrednio z jelita do krwioobiegu w formie niezmiennionej (Błaszowska i Twardoń 2005; Radkowska i Szewczyk, 2017). U cieląt, poziom immunoglobulin klasy G mierzonych w wieku od 24 do 48 godzin po narodzinach powinien wynosić >10 g/l (Lombard i in. 2020), jednakże bardzo duża liczba nowonarodzonych cieląt cierpi na ich niedobór, czyli tzw. niedobór odporności biernej (Wieczorek-Dąbrowska i in. 2013). Zdarza się jednak, że pomimo pobrania prawidłowej ilości siary, cielę nie uzyskuje odporności na skutek stresu wywołanego przez różne czynniki, takie jak: trudny poród, niedotlenienie, warunki środowiskowe (Radkowska i Szewczyk 2017).

Moment narodzin, pierwszy dzień życia oraz pierwsze dwa tygodnie po narodzinach to tak zwane „okna krytyczne” w odchowcie cieląt. To czas, kiedy cielęta są najbardziej narażone na infekcje układu pokarmowego (Radkowska i Szewczyk 2017). Dwadzieścia pięć procent strat żywo urodzonych cieląt następuje w pierwszym tygodniu życia. Szacuje się, że w Polsce śmiertelność cieląt wynosi 10 – 15%, z czego 50% spowodowane jest biegunkami (Klebaniuk i Bąkowski 2015).

Biegunki mogą być wywołane przez czynniki chorobowe oraz żywieniowe. Zakażenie może być spowodowane wirusami, bakteriami (m.in. *Escherichia coli*) i pasożytami (kokcydia, *Cryptosporidium parvum*), które uszkadzają przewód pokarmowy (Mainau i in. 2013). Innym problemem dotyczącym układu pokarmowego są zaparcia, mające podłoże zarówno w nieprawidłowym karmieniu cieląt, jak również w dysfunkcji układu pokarmowego (Klebaniuk i Bąkowski 2015). Wśród schorzeń wyróżnia się także choroby układu oddechowego. Najczęściej występującą chorobą jest enzoptyczna bronchopneumonia cieląt (EBC), której przyczyną jest wzajemne oddziaływanie czynników środowiskowych i patogenów (Kołodziejaska i Kośla 2013).

Z racji złożonej etiologii chorób (Krukowski i in. 1999), rosnącej oporności bakterii na działanie antybiotyków, oraz zwiększającej się świadomości konsumentów, którzy preferują ekologiczną żywność, poszukuje się alternatywnych opcji leczenia oraz zapobiegania chorobom występującym u cieląt (Smulski i in. 2020). Wśród potencjalnych kandydatów często wymienia się związki pochodzenia roślinnego (Krukowski i in. 1999).

## **2. Opis zagadnienia i przegląd literatury**

### **2.1 Rośliny lecznicze i zawarte w nich substancje biologicznie czynne**

Fitoterapię (ziołolecznictwo) można określić jako dział medycyny i farmakologii zajmujący się wytwarzaniem leków z naturalnych lub przetworzonych surowców roślinnych, które pochodzą z roślin leczniczych, a także ich zastosowaniem w profilaktyce i leczeniu chorób ludzi i zwierząt. Ponadto, fitoterapia zajmuje się mechanizmem działania leków roślinnych (Klećkowska-Nawrot i in. 2013). Europejskie Naukowe Zrzeszenie do Spraw Fitoterapii w 1996 roku ustanowiło definicję leku roślinnego: „Leki roślinne są to użyteczne w medycynie wyroby, które zawierają jako składniki wyłącznie: rośliny, części roślin (surowce) oraz substancje roślinne lub ich kombinacje w postaci przerobionej” (Lamer-Zarawska 2007). Swoje terapeutyczne właściwości rośliny zawdzięczają substancjom biologicznie czynnym, które są obecne w komórkach roślin. Wśród związków czynnych wyróżnia się m.in. alkaloidy, glikozydy, saponiny, flawonoidy, gorycze, antocyjany, fitoncydy, garbniki, olejki eteryczne, pektyny, śluz roślinne (Olcha i in. 2015). W Tab. 1 zostały przedstawione wybrane właściwości niektórych substancji biologicznie czynnych zawartych w roślinach.

### **2.2 Zioła i rośliny lecznicze jako alternatywa leczenia i profilaktyki chorób cieląt**

Stosowanie antybiotyków jako dodatków paszowych w hodowli zwierząt, przede wszystkim jako stymulatorów wzrostu, stało się problem na skalę światową, ze względu na niezamierzone wywołanie oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe u wielu gatunków, a także ludzi (Schwarz i in. 2017). Wtórne metabolity roślin oraz ekstrakty roślinne mające właściwości przeciwdrobnoustrojowe mogą podobnie jak antybiotyki hamować rozwój i namnażanie patogenów poprawiając przy tym wydajność produkcyjną (Reddy i in. 2020). Ze względu na rozwijającą się antybiotykoodporność, 1 stycznia 2006 roku została wprowadzona dyrektywa Unii Europejskiej (UE 1831/2003) związana z zakazem stosowania antybiotyków, jako dodatków paszowych. Jest to jedna z przyczyn, dzięki której zaczęto powszechniej stosować produkty pochodzenia naturalnego (Olcha i in. 2015). W niniejszej pracy zostaną przytoczone badania wykazujące pozytywny wpływ preparatów zawierających substancje pochodzenia roślinnego na kondycje i zdrowie cieląt.

Nowak i in. (2005) badali wpływ ekstraktu z jeżówki purpurowej (*Echinacea purpurea*) i borówki brusznicy (*Vaccinium vitis idaea*) na poziom białka całkowitego i immunoglobulin w surowicy krwi i wyniki wychowu cieląt. Substancjami czynnymi w jeżówce są m.in.: echinakozyd, kwas chlorogenowy, kwas izochlorogenowy, inulina, cynaryna oraz glikoproteiny. Dzięki tym związkom, jeżówka wykazuje właściwości przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, a także wspomaga regenerację i pobudza układ immunologiczny. Z kolei, brusznica posiada arbutynę, pitozyd i kawoiloarbutynę, co sprawia, iż działa bakteriobójczo oraz przeciwbiegunkowo. Doświadczenie przeprowadzono na 24 cielętach rasy czarno – białej (w wieku 30 dni i średniej masie ciała 54 kg), które podzielono na 3 grupy: grupę kontrolną (KON; nieotrzymującą dodatku ziół), pierwszą grupę badawczą (JEŻ; otrzymującą ekstrakt z jeżówki w dawce 600 mg/szt./dzień) oraz drugą grupę badawczą (BOR; otrzymującą ekstrakt z borówki brusznicy w dawce 90 mg/szt./dzień). Dodatki podawano w pójle z preparatu mlekozastępczego. Zaobserwowano, że dodatek ekstraktu z jeżówki

(grupa JEŻ) spowodował zwiększenie średnich dobowych przyrostów masy ciała, w porównaniu z grupą KON oraz grupą BOR. Przypuszcza się, że jeżówka zawiera podobnie działające substancje do stymulatorów wzrostu. Dodatek jeżówki zwiększył dwukrotnie koncentrację IgA w surowicy cieląt w ostatnim, 56. dniu doświadczenia, jednak w grupie cieląt otrzymujących wyciąg z borówki odnotowano niższy poziom wzrostu ilości IgA w surowicy krwi. Ponadto, dodatek ziół zwiększył poziom immunoglobulin IgM oraz IgG w surowicy krwi cieląt. Dodatek ekstraktu z jeżówki wpłynął na wzrost koncentracji białka ogólnego w surowicy krwi.

Seckin i in. (2018) badali immunomodulujące działanie jeżówki purpurowej (*Echinacea purpureae*) i pelargonii afrykańskiej (*Pelargonium sidoides*) na organizm cieląt. Ziołowy produkt leczniczy miał formę tabletki (CEVASTIM Tabletki) podawanej doustnie, która składała się z jeżówki purpurowej (500 mg) i pelargonii afrykańskiej (135 mg). Sześćdziesiąt 25-dniowych cieląt podzielono na 5 równolicznych grup, gdzie jedna grupa stanowiła grupę kontrolną, a pozostałe 4 były grupami badawczymi. Przydzielając osobnika do grupy brano pod uwagę czy zwierzę było szczepione (rutynowe szczepienie skojarzoną szczepionką wirusową i bakteryjną). Utworzono: jedną grupę kontrolną nieszczepioną (otrzymującą placebo), jedną szczepioną (otrzymującą ½ tabletki przez 5 dni) i trzy grupy nieszczepione (otrzymującą ½ tabletki przez 5 dni, 1 tabletkę przez 5 dni, ½ tabletki przez 10 dni). Pobierano krew w celu oznaczenia  $\gamma$ -interferonu, oceny ekspresji genów cytokin, analizy laktoferyny i całkowitego poziomu IgG w surowicy krwi. Na podstawie wyników, stwierdzono, że stosowanie wyciągu z *Echinacea* i *Pelargonium* u cieląt spowodowało wzrost całkowitego poziomu IgG,  $\gamma$ -interferonu i ekspresji genów cytokin. Wysłano więc wniosek, iż stosowanie 250 mg wyciągu z jeżówki i 62,5 mg wyciągu z pelargonii w formie ½ tabletki CEVASTIM przez 5 dni u cieląt może potencjalnie indukować naturalną odpowiedź immunologiczną w wyniku modulowania wrodzonej i adaptacyjnej odporności poprzez zwiększenie poziomu IgG i  $\gamma$ -interferonu oraz regulację ekspresji genów cytokin ( $\gamma$ -interferon, IL-1- $\beta$ , IL-2 oraz TNF- $\alpha$ ).

Badania przeprowadzone przez Krukowskiego i in. (1999) na 61 cielętach miały określić wpływ ziół podawanych cielętom na zawartość immunoglobulin w surowicy krwi w trzecim i czwartym miesiącu życia. Zwierzęta podzielono na 3 grupy doświadczalne: grupa kontrolna (21 osobników) i dwie grupy badawcze A i B (po 20 osobników w każdej). Wszystkie cielęta otrzymywały od 7 dnia życia siano łąkowe i mieszankę treściwą (sruta jęczmienna, pszena, słonecznikowa i poekstrakcyjna sojowa oraz otręby pszenne). Okres pojenia mlekiem pełnym trwał 70 dni. Grupa kontrolna otrzymywała mieszankę mineralną MMB początkowo w ilości 1,5% (do 3 miesiąca życia), a następnie zwiększono jej udział do 2% (od 4 miesiąca życia). Grupa A i B do 3 miesiąca życia otrzymywały mieszankę mineralno – ziołową w ilości: grupa A: 2,5% w tym 1% ziół; grupa B: 3,5%, w tym ziół 2%. Od 3 miesiąca życia, w obu grupach (A i B) zwiększyło się podawanie mieszanki mineralno – ziołowej, odpowiednio do 4% (w tym 2% ziół) oraz 6% (w tym 4% ziół). W mieszance użyto ziół: pokrzywy, melisy i dziurawca (po 20%), ziela skrzypu i kwiatu krwawnika (po 15%) oraz babki lancetowatej (10%). Do oznaczenia poziomu immunoglobulin w surowicy krwi wybrano losowo 30 cieląt (w grupie K – 8, w grupie A – 10 i w grupie B – 12). Krew pobierano pierwszy raz w ok. 70 dniu życia, następne pobranie wykonywano w odstępie 40 dni. Ustalono, że w grupie A nastąpił wzrost w surowicy krwi poziomu immunoglobulin klasy G oraz immunoglobulin klasy M. W grupie B między pobraniami również odnotowano wzrost poziomu immunoglobulin klas G (G1 o 20,1%, G2 o 31,2%) oraz M (o 27,1%) w surowicy krwi. Wysłano, więc wniosek, że stosowanie ziół ma działanie immunostymulacyjne.

Saeedi i in. (2017) w swoich badaniach sprawdzali wpływ sproszkowanego kopru włoskiego dodanego do paszy starterowej na efekty odchowu, wiek odsadzenia i charakterystykę fermentacji w żwaczu cieląt rasy holendersko-fryzyskiej. Badany proszek przygotowano z nasion kopru włoskiego. Do doświadczenia wybrano 30 cieląt o średniej masie urodzeniowej 40 kg, które następnie przydzielono losowo do jednej z trzech grup doświadczalnych: (i) kontrolna (pasza starterowa bez dodatku proszku z kopru włoskiego), (ii) pasza starterowa zawierająca 0,4% proszku z kopru włoskiego oraz (iii) pasza starterowa zawierająca 0,8% proszku z kopru włoskiego (zawartości w suchej masie). Ustalono, że w okresie odsadzeniowym i przez cały okres doświadczenia proszek z kopru włoskiego zwiększał pobranie suchej masy. Ponadto, cielęta karmione paszą starterową zawierającą proszek z kopru włoskiego miały większy dzienny przyrost masy w porównaniu z grupą

kontrolną, a największy dobowy przyrost masy ciała odnotowano u cieląt z grupy ii. Współczynnik wykorzystania paszy w całym okresie trwania doświadczenia miał najniższą wartość w grupie ii.

**Tab. 1.** Wybrane właściwości związków biologicznie czynnych zawartych w roślinach (Wójtowski i in. 2019; Olcha i in. 2015).

Nazwa związku biologicznie czynnego	Właściwości
Alkaloidy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pobudzające i wzmacniające układ nerwowy;</li> <li>• psychotropowe;</li> <li>• silnie trujące w dużych dawkach;</li> <li>• przeciwnowotworowe;</li> <li>• łagodzące kaszel;</li> <li>• przeciwmalaryczne.</li> </ul>
Glikozydy	glikozydy fenolowe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• przeciwgorączkowe;</li> <li>• przeciwzapalne;</li> <li>• przeciwbólowe;</li> <li>• przeciwzkrzepowe.</li> </ul> glikozydy kumarynowe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• przeciwbakteryjne na bakterie Gram-dodatnie;</li> <li>• przeciwkrzepliwe.</li> </ul>
Saponiny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• drażniące na błony śluzowe,</li> <li>• obniżające napięcie naczyń krwionośnych jelit;</li> <li>• zwiększające działalność wydzielniczą błony śluzowej oskrzeli;</li> <li>• wzmagające wydzielanie żółci i soków trawiennych;</li> <li>• hemolizujące czerwone krwinki.</li> </ul>
Gorycze	<ul style="list-style-type: none"> <li>• drażniąco na kubki smakowe;</li> <li>• wzmagające apetyt;</li> <li>• zwiększające wydzielania soku żołądkowego.</li> </ul>
Flawonoidy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeciwutleniające;</li> <li>• rozkurczowe mięśni gładkich przewodu pokarmowego i dróg żółciowych;</li> <li>• obniżające poziom cholesterolu w osoczu krwi;</li> <li>• wspomagające mięsień sercowy.</li> </ul>
Śluzы roślinne i pektyny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• żelujące;</li> <li>• łagodzące stany zapalne błon śluzowych;</li> <li>• przeciwbiegunkowe;</li> <li>• regulujące perystaltykę jelit.</li> </ul>
Olejki eteryczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• żółciopędne i żółciotwórcze;</li> <li>• pobudzające perystaltykę jelit.</li> </ul>
Antocyjany	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeciwutleniające;</li> <li>• wzmagające produkcję rodopsyny.</li> </ul>
Fitoncydy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bakteriobójcze;</li> <li>• grzybobójcze;</li> <li>• pierwotniakobójcze;</li> <li>• wspomagające pracę układu immunologicznego.</li> </ul>

Podawanie cielętom paszy zawierającej 0,4% proszku z kopru włoskiego skróciło wiek odsadzenia o 19 dni, jednakże nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między dawkami dodatku. U cieląt z grupy iii (otrzymujących paszę zawierającą 0,8% proszku z kopru włoskiego)

zanotowano niższą wartość pH płynu żwacza niż w grupie kontrolnej. W doświadczeniu, u cieląt w wieku 6 tygodni i 2 tygodnie po odsadzeniu dodanie proszku z kopru włoskiego do startera zwiększyło stężenie krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (KKT) oraz propionianu w płynie żwacza, ale zmniejszyło stosunek octanu do propionianu. W 3. tygodniu doświadczenia cielęta karmione paszą zawierającą 0,4 i 0,8% proszku z kopru włoskiego miały wyższe stężenie  $\text{NH}_3\text{N}$  żwacza niż cielęta karmione paszą kontrolną. Na podstawie wyników stwierdzono, że dodatek 0,4% proszku z kopru włoskiego do startera dla cieląt rasy holsztyńskiej przyczynił się do zwiększenia dziennego przyrostu masy ciała, poprawił wykorzystanie paszy, a także parametry fermentacji w żwaczu oraz skrócił wiek odsadzenia cieląt, co z kolei korzystnie wpływa na ekonomiczną stronę hodowli.

Doświadczenie wykonane przez Bednarka i in. (2002) weryfikowało wpływ wywaru ze sproszkowanej kory czepoty puszystej (*Uncaria tomentosa*) na przebieg doświadczalnie wywołanego miejscowego zapalenia płuc u cieląt. Cielęta w wieku od 1 do 3 miesięcy życia, o średniej masie ciała  $70,5 \pm 6,3\text{kg}$ , podzielono na dwie równoliczne grupy (po 10 osobników/grupa). Cielętom z grupy I podawano doustnie 3600 mg/cielę/dzień wywaru ze sproszkowanej kory *Uncaria tomentosa* przez 17 kolejnych dni, natomiast cielęta z grupy II stanowiły grupę kontrolną i otrzymywały porównywalną ilość placebo (sproszkowane siemię lniane w 200 ml PBS). Badanie limfocytów obwodowych u cieląt z grupy doświadczalnej wykazało istotny wzrost ogólnej liczby i odsetka komórek  $\text{CD}2^+$  i  $\text{CD}4^+$  (tj. limfocytów T, limfocytów T pomocniczych). Jednakże, zauważono systematyczny spadek liczby neutrofilii i komórek MID w krwi obwodowej. Ponadto, zanotowano hamujący wpływ leczenia preparatem opartym na *Uncaria tomentosa* na syntezę i uwalnianie prozapalnych metabolitów arachidonianowych (eikozanoidów), a także na stężenie żelaza, miedzi i cynku w surowicy krwi. Wysłunięto wniosek, że badany preparat jest bezpieczny dla układu krwiotwórczego oraz przydatny jako modulator procesu zapalnego w płucach cieląt.

### 3. Podsumowanie

Na podstawie wyżej opisanych badań i prac (Tab.2.) można wysnuć wniosek, iż stosowanie ziół i ich surowców, może mieć zastosowanie w hodowli zwierząt, w tym, jako substancje pomocnicze w terapii i profilaktyce chorób u cieląt. Fitoterapia może modulować wrodzoną i adaptacyjną odporność z pozytywnym skutkiem dla zdrowia zwierząt za sprawą występujących w roślinach substancjach biologicznie czynnych. Co istotne, ze względu na duży wachlarz substancji biologicznie aktywnych, zioła można łączyć uzyskując mieszanki o wielu właściwościach, a połączenie metabolitów roślinnych może dać korzystny efekt dzięki ich działaniu synergistycznemu.

**Tab. 2.** Wpływ wybranych ziół i surowców zielarskich, jako substancji pomocniczych w terapii i profilaktyce chorób u cieląt.

Zastosowane zioła/rośliny lecznicze	Forma/sposób podania/dawka	Wykazane pozytywne efekty stosowania	Literatura
jeżówka purpurowa, borówka brusznicza	ekstrakt z ziół podawany do pójła/JEŻ; jeżówka purpurowa (600 mg/szt./dzień), BOR; borówka brusznicza (90 mg/szt./dzień)	grupa JEŻ: zwiększenie średnich dobowych przyrostów masy ciała, zwiększenie dwukrotne koncentracji IgA w surowicy cieląt, wzrost koncentracji białka ogólnego w surowicy krwi. Zwiększenie poziomu immunoglobulin IgM oraz IgG w surowicy krwi cieląt.	Nowak i in. 2005



## Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce

Zastosowane zioła/rośliny lecznicze	Forma/sposób podania/dawka	Wykazane pozytywne efekty stosowania	Literatura
jeżówka purpurowa, pelargonii afrykańska	tabletki (CEVASTIM Tabletki) podawana doustnie/wyciąg z jeżówki purpurowej (500 mg) i pelargonii afrykańskiej (135 mg)	wzrost całkowitego poziomu IgG, $\gamma$ -interferonu i ekspresji genów cytokin	Seckin i in. 2018
pokrzywa, melisa, dziurawiec, skrzyp, krwawnik, babka lancetowata	grupa A: 1%, 2% ziół; grupa B: 2%, 4%/podawane w mieszance mineralno-ziołowej	w grupie A nastąpił wzrost w surowicy krwi poziomu IgG oraz IgM, w grupie B między pobraniami również odnotowano wzrost poziomu immunoglobulin klas G (G1 o 20,1%, G2 o 31,2%) oraz M (o 27,1%) w surowicy krwi	Krukowski i in. 1999
koper włoski	(ii) pasza starterowa zawierająca 0,4% proszku z kopru włoskiego oraz (iii) pasza starterowa zawierająca 0,8% proszku z kopru włoskiego (zawartości w suchej masie)	zwiększenie spożycia suchej masy, większy dzienny przyrost masy ciała, skrócenie wieku odsadzenia o 19 dni, niższa wartość pH płynu żwacza, zwiększenie stężenia krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (KKT) oraz propionianu, zmniejszenie stosunku octan : propionian w płynie żwacza, wyższe stężenie $\text{NH}_3\text{N}$ w żwaczu	Saeedi i in. 2017
czepota puszysta	podawany doustnie 3600 mg/cielę/dzień wywar ze sproszkowanej kory czepoty puszystej	wzrost ogólnej liczby i odsetka komórek $\text{CD}2+$ i $\text{CD}4+$ tj. limfocytów T, limfocytów T pomocniczych), systematyczny spadek liczby neutrofilii i komórek MID w krwi obwodowej, hamujący wpływ na syntezę i uwalnianie prozapalnych metabolitów arachidonianowych oraz Fe, Cu i Zn w surowicy krwi	Bednarek i in. 2002

#### 4. Literatura

- Bednarek D, Łukasiak J, Kondracki M et al. (2002) Modulating effects of *Uncaria tomentosa* in experimentally-induced local pneumonia in calves. *Bulletin of the Veterinary Institute in Puławy*, 46(1): 65-78.
- Błaszowska M., Twardoń J. (2005). Koncentracja IgG, IgG, i IgM w siarze krów oraz w surowicy cieląt pobranej w różnym czasie po urodzeniu. *Medycyna Weterynaryjna*, 61(11): 1308-311.
- Klebaniuk R, Bąkowski M (2015) Choroby cieląt. *Trouw i my*. 4(40): 4-9.
- Klećkowska-Nawrot J, Nowaczyk R, Chrószcz A i in. (2013) Ziołolecznictwo w medycynie weterynaryjnej. W: red. Felsmann M, Szarek J, Felsmann M: 217-240.
- Kolodziejska J, Kosła K (2013) Analiza czynników wywołujących enzoptyczną bronchopneumonię w stadzie cieląt rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. *Życie Weterynaryjne*, 3(88): 221-224.
- Krukowski H, Różański P, Saba L i in. (1999) Wpływ żywienia cieląt mieszankami mineralno-ziołowymi na poziom immunoglobulin w surowicy krwi. *Medycyna Weterynaryjna*, 55(05): 325-326.
- Lamer-Zarawska E, Kowal-Gierczak B, Niedworok J (Red.) (2007) *Fitoterapia i leki roślinne*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa: 22.

- Lombard J. N, Urie F, Garry S et al. (2020) Consensus recommendations on calf-and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *Journal of Dairy Science*, 103(8): 7611-7624.
- Mainau E, Temple D, Manteca X (2013) Welfare questions related to diarrhoea in suckling calves. In *Farm Animal Welfare Education Centre (FAWEC): The Farm Animal Welfare Fact Sheet* (p. 7).
- Nowak W, Potkanski A, Zachwieja A i in. (2005) Wpływ dodatku ekstraktu ziół w żywieniu na poziom immunoglobulin w surowicy i wyniki wychowu cieląt. *Medycyna Weterynaryjna*, 61(09): 1049-1051.
- Olcha M, Merska M, Bąkowski M. W (2015) Efektywność stosowania w dawkach pokarmowych ziół w różnych postaciach u bydła. *Nauka w służbie przyrodzie–wybrane zagadnienia*, 15: 15-21.
- Radkowska I, Szewczyk A (2017) Wykorzystanie fitoterapii w profilaktyce i leczeniu cieląt. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 44(2): 149-160.
- Reddy P. R. K, Elghandour M. M. M. Y, Salem A. Z. M et al. (2020) Plant secondary metabolites as feed additives in calves for antimicrobial stewardship. *Animal Feed Science and Technology*, 264, 114469.
- Saeedi S, Dayani O, Tahmasbi R et al. (2017) Effect of supplementation of calf starter with fennel powder on performance, weaning age and fermentation characteristics in Holstein dairy calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(1): 81-87.
- Schwarz S, Loeffler A, Kadlec K (2017) Bacterial resistance to antimicrobial agents and its impact on veterinary and human medicine. *Advances in Veterinary Dermatology*, 8: 95-110.
- Seckin C, Alpun Kalayci G, Turan N et al. (2018) Immunomodulatory effects of Echinacea and Pelargonium on the innate and adoptive immunity in calves. *Food and Agricultural Immunology*, 29(1): 744-761.
- Smulski S, Turlewicz-Podbielska H, Wylandowska A et al. (2020) Non-antibiotic possibilities in prevention and treatment of calf diarrhoea. *Journal of Veterinary Research*, 64(1): 119.
- Wieczorek-Dąbrowska M, Wójcik P, Malinowski E (2013) Znaczenie siary krów oraz czynniki warunkujące jej jakość. *Przegląd Hodowlany*, 4: 9-10.
- Wójtowski J, Danków R, Foksowicz-Flaczyk J i in. (2019) Dodatki ziołowe w żywieniu krów, owiec i kóz mlecznych. *Życie Weterynaryjne*, 94(08): 556-559.

## **8. Alternatywy dla antybiotyków jonoforowych w zwalczaniu pasożytów *Eimeria* spp.**

Alternatives to ionophore antibiotics for the control of *Eimeria* spp. parasites

Dawid Ziobro<sup>(1)</sup>, Karolina Wengerska<sup>(1)</sup>, Kinga Rokicka<sup>(1)</sup>, Kostiantyn Vasiukov<sup>(1)</sup>, Remigiusz Bagrowski<sup>(1)</sup>, Justyna Batkowska<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Studenckie Koło Naukowe Biologii, Hodowli i Użytkowania Drobiu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>(2)</sup> Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekunowie SKN: dr hab. Justyna Batkowska prof. UP, mgr inż. Kamil Drabik

Dawid Ziobro: dawid.ziobro@onet.pl

Słowa kluczowe: kokcydiozy, choroby pasożytnicze drobiu

### **Streszczenie**

Jednym z poważnych zagrożeń w stadach drobiu są zakażenia spowodowane przez pierwotniaki które należą do podtypu *Apicomplexa* z rodzaju *Eimeria* spp. Od wielu lat wprowadzane są metody zapobiegające rozwojowi kokcydiozy niestety problem ten nadal istnieje. Zakażenie spowodowane przez *Eimeria* spp. objawia się dużą śmiertelnością drobiu w stadzie, obniża się również produktywność, ptaki gorzej wykorzystują paszę dość często można również zaobserwować krwistą biegunkę. Sekcja takich ptaków ukazuje czerwone zabarwienie oraz charakterystyczne nabrzmienie jelit. Widoczne jest też znaczne zgrubienie błony śluzowej jelit, w głównej mierze pierwotniaki te występują w jelitach ślepych. Obecnie największą popularnością cieszą się antybiotyki jonoforowe dodawane do paszy. Jednak zmieniające się trendy na rynku konsumenckim spowodowały wzrost zainteresowania alternatywnymi sposobami zwalczania *Eimeria* spp. takimi jak szczepienia, preparaty ziołowe, pro- i prebiotyki oraz kwasy organiczne. Celem pracy było przedstawienie alternatywnych dla kokcydiostatyków środków i zabiegów mających zwalczać inwazję pasożytów z rodzaju *Eimeria* spp.

### **1. Wstęp**

Współczesna branża drobiarska boryka się z wieloma problemami, wynikającymi na drodze chowu i hodowli ptactwa domowego. Najczęściej spotykanym problemem przemysłu drobiarskiego jest inwazja pierwotniaków *Eimeria* spp. wywołujących chorobę zwaną kokcydiozą. Z reguły, jest to schorzenie dotyczące przede wszystkim kur. Jednak zdarzają się również zachorowania w stadach np. indyków czy kaczek (Tewari i Maharana 2011). Dlatego też zaczęto poszukiwać rozwiązań mogących zapobiegać bądź zwalczać kokcydiozie w chowie drobiu. W ówczesnej produkcji drobiarskiej w zwalczaniu kokcydiozy szczególne znaczenie mają antybiotyki jonoforowe. Jednak warto zwrócić uwagę na alternatywne metody takie jak szczepienia, preparaty ziołowe, pro- i prebiotyki, enzymy a także kwasy organiczne. Dostępna literatura wskazuje, że alternatywne metody zwalczanie kokcydiozy mogą być z powodzeniem stosowane jako zamiennik antybiotyków jonoforowych w celu zwalczania tej choroby.

### **2. Opis zagadnienia**

#### **2.1 Opis gatunku oraz cykl rozwojowy *Eimeria* spp**

*Eimeria* zaliczane są do pasożytów wewnątrzkomórkowych z podtypu *Apicomplexa*, gromady *Coccidea*. Cechą gatunkową pasożyta może być fakt zasiedlania określonych odcinków jelita cienkiego. Ponadto ze względu na miejsce zasiedlenia w jelitach, możliwy jest różnorodny przebieg jednostki chorobowej. W badaniu pośmiertnym rodzaj pierwotniaka wywołującego kokcydiozę można zdiagnozować poprzez szczegółowe badanie jelit ptaków padłych czy ubitych (Antonik i in. 2008). Wspominając o różnorodności gatunków *Eimeria* należy wymienić, że drób

grzebiący może być atakowany przez: *E. tenella*, *E. necatrix*, *E. brunetti*, *E. acervulina* i *E. maxima* (Bobrek i in. 2011).

Cały cykl rozwojowy *Eimeria spp.* jest skomplikowany i trwa około 10 dni. W organizmie żywiciela pasożyty rozmnażają się zarówno drogą płciową, jak i bezpłciową (Tewari i Maharana 2011). Cykl ten rozpoczyna się od stadium oocysty, która wraz z kałem znajduje się w środowisku zewnętrznym (ściółce, glebie itd.). Kolejnym etapem jest utworzenie się wewnątrz oocyst poszczególnych sporoblastów. W wyniku tego powstaje kolejna postać rozwojowa pasożyta - sporocysta. Sporocysty ulegają podziałowi, w trakcie którego powstają sporozoity, które są formą inwazyjną i groźną dla potencjalnego żywiciela. Oocysty trafiając do przewodu pokarmowego osobnika-żywiciela ulegają rozpadowi, a sporozoity trafiając do światła jelit zasiedlają błony śluzowe. W wyniku tego dochodzi do kolejnego etapu, który jest procesem rozmnażania bezpłciowego. Powstają wtedy schizonty, które rozmnażają się drogą płciową, z udziałem makro- oraz mikrogametoblastów na błonach śluzowych jelit żywiciela. Następnie gametoblasty przekształcają się w mikro- oraz makrogametocyty. Kolejno odbywa się zapłodnienie; skutkuje ono powstaniem oocysty, które wraz z kałem trafiają do środowiska zewnętrznego (Jeurissen i in. 1996).

Najbardziej podatne na kokcydiozę są osobniki młode, niedojrzałe płciowo. Choroba ta może mieć różne postaci. Gawęł i in. (2015) opisują formę podkliniczną oraz kliniczną tego zachorowania. W formie podklinicznej zaobserwowano spadek pobierania paszy przez ptaki, co przekłada się na pogorszenie przyrostów masy ciała młodego ptactwa oraz zahamowanie rozwoju. Z kolei, forma kliniczna może objawiać się charakterystyczną krwistą biegunką oraz wzrostem upadków w stadzie.

## 2.2 Tradycyjne metody zwalczania kokcydiozy

Powszechnie znaną metodą zwalczania i zapobiegania inwazji *Eimerii spp.* jest wykorzystywanie w paszach antybiotyków jonoforowych – kokcydiostatyków. Ich działanie polega na zaburzeniu transportu przez błonę komórkową pasożyta jonów jedn- lub dwuwartościowych, prowadząc tym samym do zahamowania rozwoju pierwotniaków *Eimeria* (Elmusharaf i Beynen 2007). Stosuje się jej jako dodatek do pasz pełnoporcjowych, stosowanych u ptactwa rosnącego, poza okresem produktywności. Należy zauważyć, że antybiotyki te mogą osadzać się w tkankach drobiu w ciągu siedmiu dni od momentu ich pobrania razem z paszą. Dlatego też przy ich stosowaniu u drobiu należy zachować szczególną ostrożność. Ponieważ mięso pochodzące od ptaków, u których nie zastosowano karencji może powodować zatrucia u ludzi (Abbas i in. 2013). Jednak wykorzystanie antybiotyku jonoforowego ( monenzyny) jako preparatu kokcydiostatycznego w paszy dla kurcząt brojlerów (Hubbard Flex) może przyczyniać się do uzyskania wyższej ubojowej masy ciała oraz spadku śmiertelności ptaków (Łukasiewicz i in. 2013).

## 2.3 Alternatywne metody zwalczania kokcydiozy

### Szczepienia

Jedną z najczęściej stosowanych alternatywnych metod zwalczania kokcydiozy w stadach towarowych drobiu mogą być szczepienia. Liczne badania naukowe sugerują, że mogą one poprawiać odporność ptaków na infekcje pierwotniakami *Eimeria spp.* oraz łagodzić przebieg kokcydiozy u drobiu. Podanie domięśniowe szczepionki EtIMP- vFliC może zapewnić ochronę przeciwko *Eimeria tenella*. Dlatego, że kurczęta poddane działaniu szczepionki EtIMP1 -vFliC mogą wykazywać istotnie podwyższony poziom IgG EtMP1. Ponadto preparat ten może być skutecznym immunogenem, co potwierdza obniżenie liczby oocyst w kałomoczu oraz brak, bądź nieznaczne zmiany patologiczne w jelicie ślepym (Yin i in. 2013). Interesujące mogą być również szczepionki DNA. Podanie domięśniowe plazmidów tj. PVAX-LDH, pVAX-LDH-IFN-c oraz pVAX-LDH-IL-2 może być przyczyną znacznego obniżenia liczby oocyst. Ptaki, u których zastosowano plazmidy pVAX-LDH-IFN-c oraz pVAX-LDH-IL-2 wykazały najwyższy spadek liczby oocyst *E. acervulina*. Ponadto dzięki zastosowaniu plazmidów za pomocą iniekcji domięśniowej kurczęta zaszczepione mogą wykazywać większy wzrost masy ciała niż zwierzęta z grup kontrolnych (Song i in. 2010). Natomiast podanie wyizolowanego genu Gam82 z *Eimeria maxima* może powodować obniżenie ilości wydalania oocyst *Eimeria* oraz zmniejszenie zmian patologicznymi w jelicie ślepym. Ponadto szczepionka powoduje znaczny wzrost ekspresji IL2 oraz IL15 (Jang i in 2010). Sun i in. (2014)

stwierdzili, że podanie doustne szczepionek opartych na rekombinowanych komórkach drożdży zawierających w swoim materiale genetycznym gen kodujący specyficzne białko *E. Tenella* może skutkować zmniejszeniem zmian w jelicie ślepym oraz ilości wydalanych oocyst w kale w porównaniu z ptakami niezaszczepionymi. Dzięki temu możemy określić takie rozwiązanie jako skuteczne.

### Preparaty ziołowe

Do nietradycyjnych metod zwalczania *Eimeria* spp. można zaliczyć również dodatki roślinne czy preparaty ziołowe dodawane do pasz lub wody. Rośliny zawierają wiele aktywnych substancji o charakterze wtórnych metabolitów, które wykazują szereg korzystnych oddziaływań na organizm, wpływają na procesy odpornościowe, a także mogą działać hamująco na rozwój pasożyty z rodzaju *Eimeria*. Szczególnie dużym zainteresowaniem cieszą się ekstrakty ziołowe (Świątkiewicz i in. 2009). Rośliną, która zawiera substancje czynne o silnych właściwościach antybakteryjnych jest oregano (*Origanum vulgare*) Dlatego, że zawiera m.in. tymol i karwakrol, które prawdopodobnie hamują rozwój kokcydiozy. Według Giannenas i in. (2003) ekstrakt ten wprowadzony do paszy ma korzystny wpływ na wskaźniki produkcyjne, a także zmniejsza stopień uszkodzenia jelit i zmniejsza wydalanie oocyst u zainfekowanych kurcząt. Ponadto Waldenstedt (2003) stwierdziła, że ekstrakt z oregano w kombinacji ze szczepieniem może być stosowany w prewencji kokcydiozy w ekologicznym odchowie kurcząt. Silne działanie ochronne ma również bylica roczna (*Artemisia annua*), jedna z pierwszych roślin, której działanie kokcydiostatyczne zostało udowodnione doświadczalnie. Podawana ptakom w postaci suszu z liści (5%) również zmniejsza stopień uszkodzenia jelit u kurcząt. Substancje czynne izolowane z tej rośliny, a przede wszystkim artemizyna, mają silne działanie łagodzące zmiany chorobowe nabłonka jelitowego i korzystnie wpływają na masę ciała ptaków.

Zastosowanie proantocyjanidyn z ekstraktu pestek winogron może hamować rozwój kokcydiozy działając przeciwwzapalnie poprzez zmniejszenie nasilenia zmian w jelicie ślepym, co może skutkować zmniejszeniem śmiertelności i poprawą wyników produkcyjnych kurcząt. Jednak efekt jest zależny od dawki, ponieważ najniższą śmiertelność obserwowano tylko w grupie żywionej 10 mg/kg ekstraktu, a wraz ze wzrostem jego stężenia rosła (Wang i in. 2008). Również dodatek do paszy ekstraktu z zielonej herbaty zmniejsza nasilenie zmian chorobowych błony śluzowej jelit. Zielona herbata zawiera szereg związków polifenolowych, określanych jako katechiny. Składniki te mają właściwości przeciwnowotworowe, przeciwwzapalne, przeciwutleniające, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe i przeciw pasożytnicze. Udowodniono, że kurczęta otrzymujące paszę z dodatkiem 0,5% i 2,0% sproszkowanej zielonej herbaty wydalają nawet o 50% mniej oocyst w kale (Jang i in. 2007). Pozytywne rezultaty można uzyskać stosując ekstrakt z juki (*Yucca schidigera*), która jest źródłem naturalnych saponin. Saponiny hamują rozwój pierwotniaków za pomocą interakcji z cholesterolem obecnym w błonie komórkowej pasożyta prowadząc tym samym do jego śmierci. Dzięki temu wspomniany wcześniej ekstrakt z juki ma korzystny wpływ na skuteczność szczepienia przeciw kokcydiozie skutecznie kontrolując inwazję kokcydiiów, mających doprowadzić do rozwoju odporności przeciw kokcydiozie (Alfaro i in. 2007).

### Probiotyki i prebiotyki

Jedną z metod profilaktyki kokcydiozy może być stosowanie preparatów probiotycznych. Najczęściej rolę probiotyków przy profilaktyce kokcydiozy stanowią bakterie *Enterococcus*, *Pediococcus* oraz *Lactobacillus*, dodatkowo stosowane są produkty probiotyczne oparte na *Bifidobacterium* i *Pediococcus*. Badania El-Sawah i in. (2020) wykazały, że po zarażeniu różnymi gatunkami *Eimeria* spp. ptaki otrzymujące probiotyki, w których skład wchodziły bakterie *Enterococcus* osiągały większe przyrosty, niż ptaki nie otrzymujące probiotyków. Również biegunka występująca po zarażeniu w grupach przyjmujących probiotyki cechowała się łagodniejszym przebiegiem, niż w pozostałych grupach, co więcej grupa ta cechowała się również najmniejszą śmiertelnością.

W przypadku probiotyków opartych na *Pediococcus* wykazano największą skuteczność w przypadku ochrony przed zarażeniem *E. acervulina* powodującą kokcydiozę jelita cienkiego, przy jednoczesnym braku probiotycznego działania w stosunku do *E. tenella*, która powoduje chorobę

jelita ślepego (Lee i in. 2007). Wyniki te wskazują na wybiórcze działanie probiotyków w obrębie układu pokarmowego drobiu. *Lactobacillus* są najliczniejszą grupą pałeczek kwasu mlekowego i jednymi z najczęściej wykorzystywanych bakterii przy produkcji probiotyków. Według badań Dalloul i in. (2003) stosowanie preparatów probiotycznych opartych na *Lactobacillus* powoduje wzrost limfocytów śródnabłonkowych w jelitach, co potwierdzają badania Sohail i in. (2010). Jak pokazały badania Ritz i in. (2016) już samo podawanie probiotyków korzystnie wpływa na ograniczenie zmian w jelitach wywołanych różnymi gatunkami *Eimeria* spp., jednak należy przy tym pamiętać, że najkorzystniejsze w zapobieganiu zarażeniem kokcydiami jest połączenie zarówno preparatów probiotycznych, jak i szczepionek.

Prebiotyki w przeciwieństwie do probiotyków ukierunkowane są na bakterie już obecne w przewodzie pokarmowym. Najczęściej prebiotyki są produktami opartymi na mannooligosacharydach pozyskiwanych z ścian komórek grzybów *Sacharomyces cerevisiae* (Doner i in. 2019). Mannoaligosacharydy oprócz zwiększenia wysokości, jednorodności i integralności kosmków jelitowych modulują także odporność jelitową i ogólnoustrojową (Elmusharaf i in. 2006). Jednak najistotniejszym aspektem w przypadku zapobiegania kokcydiozie jest fakt, iż podawanie mannooligosacharydów korzystnie wpływa na produkcję przez organizm drobiu *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp., które stwarzają niekorzystnie warunki rozwoju nie tylko dla kokcydii, ale także salmonelli (Fernandez i in. 2002).

#### Kwasy organiczne

Również kwasy organiczne mogą okazać się stosunkowo dobrą alternatywą dla antybiotyków jonoforowych. Działanie kwasów organicznych (kwas mrówkowy, octowy, mlekowy itp.) opiera się głównie na obniżeniu pH treści jelit, co może być przyczyną zahamowania rozwoju szkodliwych drobnoustrojów w przewodzie pokarmowym ptaków. Podanie kurczętom preparatu Activate® DA, w którego skład wchodzi 2-hydroksylo-4-maślan wapnia (Ca (HMTBa) 2), kwas fumarowy i kwas benzoesowy na poziomie 2% bądź 1% preparatu Lacplus, zawierającego kwas mlekowy, cytrynowy, fumarowy i fosforowy, może być alternatywnym sposobem zwalczania zakażenia kokcydiozą stad towarowych drobiu. W przypadku ich dodatku można obserwować obniżenie pH treści jelit, zmniejszone wydalanie oocyst oraz większe przyrosty masy ciała (Abdullahi i in. 2020).

Wykorzystanie w żywieniu ptaków dodatku do paszy mikrokapsułkowanej mieszanki na bazie kwasu mrówkowego, fosforowego, mlekowego, octowego, masłowego oraz propionowego z glicerolem i dwutlenkiem krzemu może okazać się skutecznym kokcydiostatycznym zmniejszając ilość wydalanych oocyst u brojlerów w 42 dniu odchowu w porównaniu z kurczętami, u których nie zastosowano suplementacji (Galli i in. 2020). Ponadto w przypadku zakażenia kurcząt kokcydiozą podanie probiotyku (Primalac) z glicerydem kwasu masłowego można skutkować zmniejszeniem wydalania oocyst przez ptaki w porównaniu z kurczętami, które nie go nie otrzymywały (Taherpour i in. 2012), sugerując tym samym, że takie połączenie substancji może wykazywać działanie kokcydiostatyczne.

### 3. Podsumowanie

Istnieje wiele metod zwalczania kokcydiozy, szczególnie popularne są: szczepienia, preparaty ziołowe, pre- i probiotyki bądź kwasy organiczne mogą być z powodzeniem wykorzystywane w zwalczaniu zakażenia stad drobiu kokcydiozą. Szczególną uwagę należy zwrócić na szczepienia, ze względu na ich działanie mogące nie tylko łagodzić przebieg kokcydiozy, ale nawet zapobiegać zarażeniu się ptaków pierwotniakami *Eimeria* spp. W celu lepszej ochrony przed infekcją tymi pierwotniakami zalecane jest wspomaganie działania szczepionek stosując preparaty ziołowe pro- i prebiotyki oraz kwasy organiczne.

### 4. Literatura

Abbas R, Iqbal Z, Mansoor M (2013) Role of natural antioxidants for the control of coccidiosis in poultry. Pakistan Veterinary Journal 33: 401-407.

- Abdullahi AY, Yu XG, Fu YQ i in. (2020) Effects of dietary supplement of organic acids induced protective immunity against coccidiosis. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 10(1): 119-129.
- Alfaro DM, Silva AVF, Borges SA i in. (2007) Use of *Yucca schidigera* extract in broiler diets and its effects on performance results obtained with different coccidiosis control methods. *Journal of Applied Poultry Research* 16(2): 248-254.
- Antonik S, Okulewicz A, Gawel A i in. (2008) Występowanie gatunków *Eimeria* u kur na terenie Dolnego Śląska. *Medycyna Weterynaryjna* 64: 886-888.
- Bobrek K, Gawel P, Bobusia K (2011) Kokcydioza w stadach kur nieśnych. *Magazyn Weterynaryjny* 20: 414-416.
- Dalloul R, Lillehoj H, Shellem T, Doerr J (2003) Enhanced mucosal immunity against *Eimeria acervulina* in broilers fed a *Lactobacillus*-based probiotic. *Poultry Science* 82(1): 62-66.
- Doner S, Szeleszczuk P, Zbikowski A (2019) Kokcydioza kur. *Życie Weterynaryjne* 94(07): 494-502.
- El-Sawah AA, Aboelhadid SM, El-Nahass EN i in. (2020) Efficacy of probiotic *Enterococcus faecium* in combination with diclazuril against coccidiosis in experimentally infected broilers. *Journal of Applied Microbiology* 129(4): 1020-1028.
- Elmusharaf M.A., Beynen A.C. (2007) Coccidiosis in poultry with emphasis on alternative anticoccidial treatments. *Annals of the World Association on Animal Pathology*, 9-44.
- Elmusharaf MA, Bautista V, Nollet L, Beynen AC (2006) Effect of a mannanoligosaccharide preparation on *Eimeria tenella* infection in broiler chickens. *Int. J. Poult. Sci* 5(6): 583-588.
- Fernandez F, Hinton M, Gils BV (2002) Dietary mannan-oligosaccharides and their effect on chicken caecal microflora in relation to *Salmonella* Enteritidis colonization. *Avian Pathology* 31(1): 49-58.
- Galli GM, Aniecvski E, Petrolli TG i in. (2020) Growth performance and meat quality of broilers fed with microencapsulated organic acids. *Animal Feed Science and Technology* 271: 114706.
- Gawel A, Bobusia K, Bobrek K (2015) Identyfikacja gatunków *Eimeria* spp. występujących u kur i kurcząt brojlerów na terenie Polski. *Medycyna Weterynaryjna* 71(6): 382-385.
- Giannenas I, Florou-Paneri P, Papazahariadou M i in. (2003) Effect of dietary supplementation with oregano essential oil on performance of broilers after experimental infection with *Eimeria tenella*. *Archives of Animal Nutrition* 57(2): 99-106.
- Jang SI, Jun MH, Lillehoj HS i in. (2007) Anticoccidial effect of green tea-based diets against *Eimeria maxima*. *Veterinary Parasitology* 144(1-2): 172-175.
- Jang SI, Lillehoj HS, Lee SH i in. (2010). *Eimeria maxima* recombinant Gam82 gametocyte antigen vaccine protects against coccidiosis and augments humoral and cell-mediated immunity. *Vaccine* 28(17): 2980-2985.
- Jeurissen SHM, Janse EM, Vermeulen AN i in. (1996) *Eimeria tenella* infections in chickens: aspects of host-parasite: interaction. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 54(1-4): 231-238.
- Lee SH, Lillehoj HS, Dalloul RA i in. (2007) Influence of *Pediococcus*-based probiotic on coccidiosis in broiler chickens. *Poultry Science* 86(1): 63-66.
- Łukasiewicz M, Michalczyk M, Niemiec J i in. (2013). Wpływ wybranych dodatków paszowych stosowanych w profilaktyce kokcydiozy na profil histologiczny oraz właściwości fizykochemiczne mięśni piersiowych kurcząt szybko i wolno rosnących. *Medycyna Weterynaryjna* 69(07): 439-443.
- Ritzi MM, Abdelrahman W, Van-Heerden K i in. (2016) Combination of probiotics and coccidiosis vaccine enhances protection against an *Eimeria* challenge. *Veterinary Research* 47(1): 1-8.
- Sohail MU, Ijaz, A, Yousaf MS i in. (2010) Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and *Lactobacillus*-based probiotic: Dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity. *Poultry Science* 89(9): 1934-1938.
- Song H, Yan R, Xu L i in. (2010) Efficacy of DNA vaccines carrying *Eimeria acervulina* lactate dehydrogenase antigen gene against coccidiosis. *Experimental Parasitology* 126(2): 224-231.

- Sun H, Wang L, Wang T i in. (2014) Display of *Eimeria tenella* EtMic2 protein on the surface of *Saccharomyces cerevisiae* as a potential oral vaccine against chicken coccidiosis. *Vaccine* 32(16): 1869-1876.
- Świątkiewicz S, Arczewska A, Koreleski J (2009) Wpływ wybranych dodatków paszowych na przebieg kokcydiozy u drobiu. *Medycyna Weterynaryjna* 65(11): 758-761.
- Taherpour K, Moravej H, Taheri HR i in. (2012) Effect of dietary inclusion of probiotic, prebiotic and butyric acid glycerides on resistance against coccidiosis in broiler chickens. *The Journal of Poultry Science* 49(1): 57-61.
- Tewari AK, Maharana BR (2011) Control of poultry coccidiosis: changing trends. *Journal of Parasitic Diseases* 35(1): 10-17.
- Waldenstedt L (2003) Effect of vaccination against coccidiosis in combination with an antibacterial oregano (*Origanum vulgare*) compound in organic broiler production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science* 53(2): 101-109.
- Wang ML, Suo X, Gu JH i in. (2008) Influence of grape seed proanthocyanidin extract in broiler chickens: effect on chicken coccidiosis and antioxidant status. *Poultry Science* 87(11): 2273-2280.
- Yin G, Qin M, Liu X i in. (2013). An *Eimeria* vaccine candidate based on *Eimeria tenella* immune mapped protein 1 and the TLR-5 agonist *Salmonella typhimurium* FliC flagellin. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 440(3): 437-442.



## 9. Kura domowa (*Gallus gallus*) w badaniach naukowych

Domestic hen (*Gallus gallus*) in scientific research

Karolina Wengerska<sup>(1)</sup>, Dawid Ziobro<sup>(1)</sup>, Kinga Rokicka<sup>(1)</sup>, Damian Spustek<sup>(1)</sup>, Paweł Kawałko<sup>(1)</sup>, Justyna Batkowska<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Studenckie Koło Naukowe Biologii, Hodowli i Użytkowania Drobiu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie\*

<sup>(2)</sup>Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekun naukowy: dr hab. Justyna Batkowska, prof. UP, mgr inż. Kamil Drabik

Karolina Wengerska: karolina.wengerska@gmail.com

Słowa kluczowe: zwierzęta doświadczalne, badania żywieniowe, badania genetyczne, badania behawioralne, badania medyczne

### Streszczenie

Większość wiedzy, na której bazują obecnie nauki biologiczne, opiera się na wynikach badań, które na przestrzeni wieków przeprowadzono na zwierzętach. Idealnymi zwierzętami laboratoryjnymi są organizmy cechujące się małym rozmiarem, szybkim wzrostem, dużą płodnością oraz krótkim okresem międzypokoleniowym. Obecnie możliwość wykonywania doświadczeń na zwierzętach w naszym kraju reguluje Ustawa z dnia 15 stycznia 2015 r. o ochronie zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych lub edukacyjnych, zgodnie z której treścią żaden z gatunków drobiu nie został uznany za zwierzę laboratoryjne. Mimo to drób stanowi istotny model w wielu pracach naukowych począwszy od badań żywieniowych, przez behawioralne czy genetyczne, kończąc na eksperymentach z zakresu nauk medycznych. Celem pracy było przedstawienie szerokiego wykorzystania drobiu w badaniach naukowych.

### 1. Wstęp

Badania na zwierzętach prowadzone są niemal od początku historii nauki. Idealnym modelem zwierzęcym w badaniach naukowych są zwierzęta cechujące się małym rozmiarem, szybkim wzrostem, dużą płodnością oraz stosunkowo krótkim cyklem życiowym. Wszystkie wymienione warunki spełniają idealnie gatunki zaliczane do drobiu. Obecnie możliwość wykonywania doświadczeń na zwierzętach w naszym kraju reguluje Ustawa z dnia 15 stycznia 2015 r. o ochronie zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych lub edukacyjnych (Dz.U. 2015 poz. 266, 1-25). Ustawa ta dopuszcza wykonywanie procedur jedynie w wypadku zastosowania się do tzw. zasady 3R (zasada zastąpienia, ograniczenia i udoskonalenia; z ang. Replacement, Reduction, Refinement). W myśl tej zasady przeprowadzenie procedury na zwierzętach jest możliwe tylko jeśli nie można zastosować danej metody badawczej bez wykorzystania zwierząt zgodnie z celami naukowymi określonymi w art. 3 Ustawy (zasada zastąpienia), liczba wykorzystanych zwierząt zostanie ograniczona do niezbędnego minimum (zasada ograniczenia) oraz gdy zwierzętom wykorzystanym w procedurach naukowych zapewni się odpowiednie warunki, a same procedury zostaną wybrane tak, aby ograniczyły do minimum lub całkowicie eliminowały ból, cierpienie lub możliwość trwałego uszkodzenia organizmu zwierzęcia (zasada udoskonalenia). Do zwierząt laboratoryjnych zaliczane są mysz domowa (*Mus musculus*), szczur wędrowny (*Rattus norvegicus*), kawia domowa (*Cavia porcellus*), chomik syryjski (*Mesocricetus auratus*), chomiki chiński (*Critetulus griseus*), myszokoczek mongolski (*Meriones unguiculatus*), królik europejski (*Oryctolagus cuniculus*), pies domowy (*Canis familiaris*), kot domowy (*Felis catus*), żaba trawna (*Rana temporaria*), żaba lamparcia (*Rana pipiens*), płatana szponiasta (*Xenopus laevis*), płatana tropikalna (*Xenopus tropicalis*), danio pręgowane (*Danio rerio*) oraz ściśle określonej grupy zwierząt z rzędu naczelnych. Wśród wymienionych gatunków nie ma drobiu mimo że posiada on wszelkie

---

\* SKN działa pod patronatem Krajowej Rady Drobiarstwa

cechy predysponujące go do badań naukowych. Mimo to, drób używany jest w badaniach dotyczących żywienia, genetyki, behawioru czy nawet badania etiologii występowania chorób u ludzi. Celem pracy było przedstawienie szerokiego wykorzystania kury domowej (*Gallus gallus*) w badaniach naukowych.

## 2. Wykorzystanie drobiu w wybranych badaniach żywieniowych

Żywienie jest jednym z najważniejszych czynników mających wpływ zarówno na zdrowotność, wyniki produkcyjne, jak i jakość surowca drobiarskiego. Dlatego też prowadzony jest szereg badań, które sprawdzają wpływ poszczególnych pasz oraz dodatków paszowych na drób oraz pozyskiwane surowce drobiarskie.

Obecnie producenci pasz dla drobiu poszukują alternatywny dla śruty sojowej, które przez specyfikę uprawy soi, konieczność importu oraz jej wysokie koszty staje się coraz mniej opłacalnym składnikiem paszy, mimo dużej zawartości białka oraz dobrej smakowitości. Do alternatywnych roślin w żywieniu drobiu możemy zaliczyć rzepak, który ze względu na wysoką zawartość białka jest wykorzystywany w żywieniu niosek oraz brojlerów w formie poekstrakcyjnej śruty, makuchy oraz ekspelery (Lipiec i Pisarski 2013). Jak podają Greła i Czech (2019) dobrym uzupełnieniem białka dla poekstrakcyjnej śruty rzepakowej mogą być nasiona roślin bobowatych, które podawanie same mogą przyczynić się do obniżenia wyników produkcyjnych drobiu rzeźnego.

Badacze oprócz poszukiwań wśród rodzimych roślin poszukują także źródła białka wśród owadów, które ze względu na łatwość hodowli, małe zapotrzebowanie przestrzenne i żywieniowe oraz dużą zawartość białka uważane są za przyszłość nie tylko w żywieniu zwierząt, ale również ludzi (Van Huis i in. 2013). Wykorzystanie białka pochodzącego z owadów wydaje się być oczywiste, gdyż dzikie ptaki oraz kury utrzymywane wybiegowo naturalnie włączają je do łańcucha pokarmowego. Selaledi i in. (2019) opisują możliwość wykorzystania mącznika żółtego (*Tenebrio molitor L*) jako alternatywy dla nasion soi, dzięki zawartości dużej ilości białka, tłuszczów, aminokwasów i składników mineralnych. Co istotne zgodnie z badaniami Biasato i in. (2016) podawanie pasz zawierających *Tenebrio molitor L* nie wpływa na parametry zdrowotne brojlerów. Co więcej porównując wpływ żywienia paszą zawierającą mącznika żółtego oraz jedwabniki można stwierdzić, iż mącznik żółty ma zdecydowanie bardziej korzystny wpływ na jakość oraz smakowitość mięsa drobiowego (Khan i in. 2017).

Możliwość wykorzystania owadów w żywieniu drobiu nie ogranicza się tylko do żywienia brojlerów, ale również obejmuje nioski. Badania Heuel i in. (2021) pokazują, że pasza oparta na mące z larw czarnej muchy żołnierskiej może całkowicie zastąpić białko sojowe wykorzystywane w diecie niosek. Podawana w eksperymencie pasza cieszyła się co prawda mniejszym zainteresowaniem ze strony drobiu w przypadku, gdy dawano im wybór, jednak gdy jedyną paszą możliwą do pobrania przez ptaki była ta zawierająca mączkę z larw czarnej muchy żołnierskiej pobierały ją one niemal równie chętnie co paszę tradycyjną. Co-ważne, analiza jakości surowca jajczarskiego nie wykazała istotnych różnic zarówno u grupy kontrolnej jak i badawczej.

Coraz częściej zwraca się uwagę na wykorzystanie skorupy jaj kurzych jako cennego surowca bogatego w wapń, który może być stosowany jako dodatek do diety. Brun i in. (2013) w swoim doświadczeniu zwrócili uwagę na wysoką ilość wapnia, która wynosi 38,2g na 100g skorupy. Połowa skorupy jaja kurzego jest w stanie zapewnić 100% zapotrzebowania dziennego dorosłego człowieka. Tym bardziej w badaniu tym sprawdzono domowe sposoby wykorzystania tego surowca w diecie człowieka, na jego podstawie i grupie badanych wywnioskowano, że najlepszym sposobem podania jest sproszkowanie skorupki i podanie go w daniach. Ponadto nie stwierdzono zmiany tekstury i smaku potraw, co może sugerować, że skorupki jaj kurzych mogą być z powodzeniem wykorzystywane w diecie człowieka.

Obecnie szczególną uwagę przykładana się do modulowania za pomocą żywienia intensywności wybarwienia kul żółtkowych. Fakt ten może wynikać z tego, że konsumenci w zależności od regionu, zarówno w skali globalnej, jak i lokalnej, preferują różne zróżnicowanie intensywności wybarwienia (Wengerska i in. 2020). Dlatego też poszukuje się ciągle dodatków paszowych bądź pasz mogących powodować poprawę intensywności wybarwienia żółtka. Do tej pory zaobserwowano, że żywienie kur niosek paszami zawierającymi w swoim składzie paciorecznik

ogrodowy (Sobczak i Marek 2012), zieloną paprykę (Rossi in. 2015), czerwoną paprykę (Li i in. 2012), orzeszki ziemne (Toomer i in. 2019) bądź suszone liście morwy (Lokaewmanee i in. 2009) może przyczyniać się do uzyskania intensywniejszego wybarwienia żółtka.

Istotną grupą badań żywieniowych drobiu analizy wpływu dodatków paszowych na zdrowotność drobiu. Dużą popularnością cieszą się więc badania nad dodatkami będącymi pre- oraz probiotykami, gdyż różnią się one w mechanizmach działania, przez co mogą nieść one różne skutki. Prebiotyki mogą nieść za sobą inne skutki ze względu na różnice w budowie chemicznej poszczególnych substancji mogących wpływać na mikroorganizmy bytujące w przewodzie pokarmowym ptaków (Ricke i in. 2020). Do najczęściej wykorzystywanych prebiotyków zaliczamy mannooligosacharydy pozyskiwane z grzybów *Sacharomyces cerevisiae*, które zwiększają wysokość, jednorodności i integralności kosmków jelitowych, modulują także odporność jelitową i ogólnoustrojową (Elmusharaf 2006), jednak wciąż trwają poszukiwania innych substancji o działaniu prebiotycznym, które mogą być wykorzystywane w żywieniu drobiu. W ostatnich latach probiotyki cieszą się zwiększonym zainteresowaniem wśród producentów drobiu. Kabir (2009) zwraca uwagę na konieczność poszukiwania nowych probiotyków ponieważ to właśnie one, w przeciwieństwie do antybiotyków i chemioterapeutyków, mogą być stosowane do stymulacji wzrostu ptaków oraz w celu hamowania wzrostu patogenów, regulacji mikroflory jelitowej oraz poprawianiu jakości surowca drobiowego.

### **3. Wykorzystanie drobiu w wybranych badaniach genetycznych**

Badania nad genetyką drobiu trwają od ponad 100 lat. Już w 1902 roku Baterson i Saunders opublikowali wyniki badań, których celem była analiza cech dziedziczonych u drobiu zgodnie z genetyką mendlowską. Kolejnymi z przełomowych osiągnięć genetyki drobiu było stworzenie przez Hutta w 1949 roku map chromosomowych oraz dopracowanie ich w 1990 roku przez Bitgooda i Somesa; to właśnie dzięki odkryciom poszczególnych loci, możliwa jest współczesna hodowla drobiu, gdyż wśród najważniejszych genów odkrytych w XX wieku należą geny sprzężone z płcią, pozwalające na identyfikację płci przy wylęgu, gen karłowatości w liniach żeńskich brojlerów; dominujący biały kolor piór oraz geny odpowiedzialne za białą bądź żółtą skórę kurcząt brojlerów (Tixier-Boichard i in. 2012). Do jednych z najbardziej spektakularnych sukcesów wśród badań genetycznych nad drobiem można niewątpliwie zaliczyć pozbycie się instynktu kwoczenia u kur ras nieśnych oraz zmianę szybkości przyrostu masy ciała brojlerów.

Obecnie dokładne poznanie genomu wielu gatunków drobiu oraz obniżeniu kosztów tablic genetycznych coraz większą popularnością u drobiu cieszą się tzw. selekcjagenomowa. Pozwala ona na dokładniejszy wybór materiału zarodowego stanowiąc tym samym dodatkową wartość dla hodowców. Obecnie selekcja ta jest wykorzystywana głównie w hodowli brojlerów i niosek, gdyż to właśnie materiał genetyczny kury został poznany najlepiej. Jednak w literaturze coraz częściej wskazywana jest potrzeba dokładniejszego opisanie genomu pozostałych gatunków drobiu w celu rozpoczęcia stosowania takiego rozwiązania w ich produkcji, najczęściej wymieniane są indyki (Athrey 2020). Potwierdzają to Dalloul i in. (2010) według których poznanie genomu indyka może ułatwić odkrycie wariantów genetycznych leżących u podstaw ważnych gospodarczo cech ilościowych maksymalizując potencjał genetyczny tego gatunku jako jednego z najchętniej wykorzystywanych w produkcji gatunków drobiu.

Dodatkowo badania genetyczne—pomagają w ustaleniu przyczyn powstawania wad produktów drobiarskich. Zhang i in. (2021) w swoich badaniach poszukiwali genetycznego związku pomiędzy linią brojlerów a występowaniem miopatii mięśniowych, będących jedną z przyczyn spadku opłacalności produkcji drobiarskiej. Badacze zaobserwowali różnice genetyczne pomiędzy liniami brojlerów, u których występują miopatie typu „woody breast”, u których tego typu miopatia nie występuje. Co więcej badacze zauważyli, że proteomy mięśni piersiowych linii brojlerów bardziej podatnych na występowanie miopatii mięśniowych znacząco różnią się od tych występujących u osobników, od których uzyskuje się mięso normalne. Istotnym dla dalszej opłacalności produkcji mięsa drobiowego będzie możliwość sekwencjonowania genomów różnych linii brojlerów w celu oznaczenia biomarkerów wad mięsa i wyeliminowania ich z produkcji.

#### 4. Wykorzystanie drobiu w wybranych badaniach behawioralnych

Badania nad behawiorem drobiu stanowią niezwykle istotny czynnik w produkcji drobiarskiej. Zmiany w zachowaniu drobiu mogą sugerować niewystarczające warunki dobrostanu, jakie zapewniane są ptakom, począwszy od złych warunków mikrobiologicznych, a na niewłaściwie zbilansowanej paszy skończywszy. Mauldin (1992) w swojej pracy szczegółowo opisał znaczenie behawioru w zarządzaniu produkcją drobiarską. Podkreślił on, jak istotnym w początkowych etapach hodowli i masowego chowu ptaków były ich zdolności dostosowania się do nowych warunków środowiska. Wyróżnił przy tym tak istotne cechy drobiu jak duża hierarchia społeczna, poligamiczne związki seksualne z dominacją samców, uogólnione nawyki żywieniowe, ograniczona zwinność, przystosowanie do szerokiego zakresu środowisk, które zdecydowanie pozwoliły na uprzemysłowienie produkcji. Następnie przedstawił szczegółowo jakie zachowania w behawiorze socjalnym, behawiorze żerowania czy też behawiorze seksualnym, które znacząco wpływają na efektywność produkcji.

Jednym z najważniejszych odkryć behawioralnych było wyeliminowanie instynktu kwoczenia, czyli chęci wysiadywania jaj i wodzenia piskląt u kur. Kwoczenie jest zespołem zachowań tj. przerwanie nieśności czy uporczywe siedzenie w gnieździe, które mogą trwać nawet 3 miesiące spowodowane m.in. wydzielaniem prolaktyny. Oczywiście jest, że zachowanie to było niepożądane w produkcji drobiarskiej, dlatego, już w połowie XX w. naukowcy próbowali wyeliminować występowanie tego zjawiska. Jak podaje Sandor (1960) początkowo próbowano wyeliminować ten problem środkami farmaceutycznymi, jednak jak się okazało w przypadku wielkotowarowych ferm działanie to było zbyt uciążliwe. Z biegiem lat na podstawie obserwacji behawioralnych wyeliminowano problem kwoczenia przy pomocy selekcji odpowiednich ptaków.

#### 5. Wykorzystanie drobiu w wybranych badaniach medycznych

Co ciekawe drób może być również wykorzystywany w celu badania etiologii niektórych chorób ludzi. W swoich badaniach Barua i in. (2009) opisują podobieństwo w częstotliwości samoistnego występowania oraz przebiegu raka jajnika u niosek kury domowej (*Gallus Gallus domesticus*) i u ludzi. Rak jajnika stanowi około 5% nowotworów złośliwych u kobiet, a w samej Polsce rocznie choruje na niego około 3500 osób (Polskie Towarzystwo Ginekologii Onkologicznej). Wśród najważniejszych podobieństw pomiędzy kurą domową, a ludźmi badacze wymieniają kontrolę cykli owulacyjnych przez gonadotropiny przysadkowe i steroidów jajnikowych. W badaniach Barua i in. (2009) zastosowali podział na młode (osiemnastomiesięczne) oraz starsze (trzydziestomiesięczne) nioski White Leghorn, u których po uboju identyfikowano raka jajnika różniąc zmiany pochodzenia jajowodowego od zmian pochodzących z jajnika. Następnie na podstawie wytycznych Międzynarodowej Federacji Ginekologii i Ginekologii i Położnictwa z 1988 roku oceniano stopień zaawansowania guzów. Wyniki badania pokazały, że zarówno sporadyczność, jak i stadia zaawansowania raka jajnika u kur niosek White Leghorn wykazują pewną analogię do ludzkich. Dzięki podobieństwu w histologii, mechanizmach występowania przerzutów oraz stadiów zaawansowania nioski White Leghorn pozwolą na lepsze poznanie mechanizmów występowania raka jajnika. Dodatkowo Barua i in. (2010) opisali wykorzystanie niosek White Leghorn do badania możliwości użycia dopplera ultrasonograficznego w celu wykrywania neoangiogenezy czyli tworzenia się naczyń krwionośnych odpowiadających za unaczynienie tworzących się zmian nowotworowych jajnika. Oba powyższe badania pokazują, że kury nioski mogą być wykorzystywane jako model w przedklinicznych badaniach przy opracowaniu metod pozwalających na obserwację zmian w obrębie jajników, a także mogą posłużyć do testowania nowych leków w terapii jak i profilaktyce raka jajnika.

#### 6. Podsumowanie

Mimo że nie znajdujemy drobiu w wykazie zwierząt przeznaczonych do celów naukowych i edukacyjnych stanowi on niezwykle ważny model w wielu badaniach naukowych. Doświadczenia prowadzone na drobiu mają na celu nie tylko poprawę wyników produkcyjnych przemysłu

drobiarskiego, ale także pozwalają na lepsze zrozumienie mechanizmów związanych z behawiorem ptaków dzikich, czy też etiologią chorób ludzi. Przedstawione powyżej szerokie zastosowanie drobiu w badaniach naukowych w wielu dziedzinach zwracają uwagę na problem, czy nie należałoby poczynić starań by stał się on jednym z gatunków modelowych w badaniach naukowych.

## 7. Literatura

- Athrey G (2020) Poultry genetics and breeding. *Animal Agriculture*. Academic Press 317–330.
- Barua A, Bitterman P, Abramowicz JS i in. (2009). Histopathology of ovarian tumors in laying hens. *International Journal of Gynecological Cancer*, 19(4): 531–539.
- Barua A, Bitterman P, Bahr JM i in. (2010). Detection of tumor-associated neoangiogenesis by doppler ultrasonography during early-stage ovarian cancer in laying hens. *Journal of Ultrasound in Medicine* 29(2):173–182.
- Baterson W, Saunders ER (1902) Experimental studies on the physiology of heredity. *Experiments with poultry*. Reports to the Evolution Committee of the Royal Society 1: 87-124
- Biasato I, De Marco M, Rotolo L i in. (2016) Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100(6): 1104–1112.
- Brun LR, Lupo M, Delorenzi DA i in. (2013) Chicken eggshell as suitable calcium source at home. *International Journal of Food Sciences And Nutrition* 64(6): 740-743.
- Dalloul RA, Long JA, Zimin AV i in. (2010) Multi-platform next-generation sequencing of the domestic turkey (*Meleagris gallopavo*): genome assembly and analysis. *PLoS Biology* 8(9): 1000475.
- Elmusharaf MA, Bautista V, Nollet L i in. (2006) Effect of a mannanoligosaccharide preparation on *Eimeria tenella* infection in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science* 5(6): 583-588.
- Grela ER, Czech A (2019) Pasze alternatywne w odniesieniu do soi genetycznie modyfikowanej w żywieniu zwierząt. *Wiadomości Zootechniczne*, 57(2): 66-77.
- Heuel M, Sandrock C, Leiber F i in. (2021) Black soldier fly larvae meal and fat can completely replace soybean cake and oil in diets for laying hens. *Poultry Science* 100(4): 101034. <https://ptgo.pl/dla-pacjenta/abc-nowotworow-ginekologicznych-slownik/rak-jajnika/> (dostęp 26.04.2021)
- Kabir SML (2009) The role of probiotics in the poultry industry. *International Journal of Molecular Science* 10: 3531-3546.
- Khan S, Khan RU, Alam W i in. (2017). Evaluating the nutritive profile of three insect meals and their effects to replace soya bean in broiler diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 102(2): 662–668.
- Li H, Jin L, Wu F i in. (2012) Effect of red pepper (*Capsicum frutescens*) powder or red pepper pigment on the performance and egg yolk color of laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25(11): 1605.
- Lipiec A, Pisarski RK (2013) Żywnienie drobiu: rzepak czy soja? *Przegląd Hodowlany* 81(3):25-27.
- Lokaewmanee K, Mompanuon S, Khumpeerawat P i in. (2009) Effects of dietary mulberry leaves (*Morus alba* L.) on egg yolk color. *The Journal of Poultry Science* 46(2): 112-115.
- Mauldini JM (1992) Applications of behavior to poultry management. *Poultry Science* 71(4): 634–642.
- Ricke SC, Lee SI, Kim SA i in. (2020) Prebiotics and the poultry gastrointestinal tract microbiome. *Poultry Science* 99(2): 670-677.
- Rossi P, Nunes JK, Rutz F i in. (2015) Effect of sweet green pepper on yolk color and performance of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research* 24(1): 10-14.
- Sandor P (1960) Zwiększenie nieśności kur przez przerywanie kwoczenia. *Medycyna Weterynaryjna* 16(10): 613.
- Selaledi L, Mbajjorgu CA, Mabelebele M (2020) The use of yellow mealworm (*T. molitor*) as alternative source of protein in poultry diets: a review. *Tropical Animal Health and Production* 52:7–16.

- Sobczak J, Marek P (2012) Wpływ podawania kurom nieśnym zielonki z paciorecznika na intensywność barwy żółtka jaja. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 8(4): 65-72.
- Tixier-Boichard M, Leenstra F, Flock D i in. (2012). A century of poultry genetics. *World's Poultry Science Journal* 68(02), 307–321.
- Toomer OT, Hulse-Kemp AM, Dean LL i in. (2019) Feeding high-oleic peanuts to layer hens enhances egg yolk color and oleic fatty acid content in shell eggs. *Poultry Science* 98(4): 1732-1748.
- Ustawa z dnia 15 stycznia 2015 r. o ochronie zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych lub edukacyjnych. *Dz.U.* 2015 poz. 266, 1-25
- Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H i in. (2013) Edible insects: future prospects for food and feed security. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (No. 171), Rome, Italy.
- Wengerska K, Woronowa A, Wajcht A i in. (2020) Preferencje konsumentów jaj w regionie Lubelszczyzny. [W:] Nyćkowiak J, Leśny J (red.) *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce, Nauki przyrodnicze fauna i hodowla zwierząt. Młodzi Naukowcy*, Poznań: 102-108.
- Zhang X, To KV, Jarvis TR i in. (2021) Broiler genetics influences proteome profiles of normal and woody breast muscle. *Poultry Science* 100(4): 100994.

## **10. Czynniki warunkujące jakość ziarna pszenicy oraz podstawowe wyróżniki wartości technologicznej ziarna**

Factors determining the quality of wheat grain and the basic characteristics of the technological value of the grain

Marta Wyzińska, Marcin Różewicz

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Uprawy Roślin Zbożowych, Puławy

Słowa kluczowe: jakość ziarna, wartość technologiczna, pszenica

### **Streszczenie**

W pracy o charakterze przeglądowym zaprezentowano przegląd wyników badań dotyczących czynników wpływających na jakość ziarna pszenicy, a także omówiono podstawowe wyróżniki wartości technologicznej ziarna. Praca obejmuje analizę wpływu poszczególnych czynników agrotechnicznych oraz pogodowych na cechy jakościowe ziarna pszenicy.

### **1. Wstęp**

Zgodnie z kierunkiem przeznaczenia ziarno pszenicy powinno cechować się odpowiednimi parametrami technologicznymi. Podmioty realizujące skup ziarna określają, które parametry jakościowe są dla nich istotne oraz określają ich odpowiedni poziom. Cena ziarna w skupie uzależniona jest od jego jakości. W ocenie zawartości białka najważniejszy jest gluten, który warunkuje wartość technologiczną (wypiekową mąki). Ilość glutenu jest niezwykle ważna w przypadku skupu pszenicy do produkcji mąki wykorzystywanej do wypieku chleba.

Z reguły ziarno wykazujące wysoką zawartość białka charakteryzuje się również dużą ilością glutenu. Przy skupie ziarna do produkcji np. ciastek biszkoptowych wysoka zawartość białka i glutenu będzie miała niekorzystny wpływ na jakość uzyskanego produktu. Dlatego podmioty skupujące ziarno różnicują jakość skupowanego surowca, tak aby uzyskać surowiec o optymalnych parametrach, który umożliwi im wytworzenie wysokiej jakości produktów.

Podmioty skupujące mogą korzystać z Polskich Norm określających minimalne wymagania jakościowe dla ziarna, przy czym stosowanie ich jest dobrowolne. Agencja Rynku Rolnego na potrzeby skupu interwencyjnego stosuje minimalne wymogi określone w prawie UE w odniesieniu do skupowanych zbóż. Powinny one spełniać określone wymagania jakościowe.

W pracy przedstawiono znaczenie czynników wpływających na wartość technologiczną ziarna oraz wyróżników jakościowych decydujących o jej wartości. Opracowanie powstało na podstawie dostępnej literatury naukowej.

### **2. Opis zagadnienia**

Jakość ziarna pszenicy jest przede wszystkim cechą odmianową, ale w dużej mierze kształtowana jest przez warunki siedliskowe i czynniki agrotechniczne podczas wegetacji roślin, a także podczas dojrzewania ziarna (Knapowski i in. 2010, Hrušcová i in. 2011). Produkcja ziarna konsumpcyjnego pszenicy powinna opierać się na odpowiedniej uprawie, tak aby parametry jakościowe ziarna były na odpowiednim poziomie.

Wartość technologiczna ziarna pszenicy oceniana jest na podstawie wyróżników uwzględniających wartość przemiałową oraz wypiekową ziarna. Wartość wypiekowa charakteryzuje przydatność mąki do produkcji pieczywa o odpowiednich cechach jakościowych. Kompleks enzymatyczno-skrobiowy najczęściej badany jest przez oznaczenie liczby opadania i wykonanie oceny amylograficznej (Szafrńska i Rothkaehl 2011). Z kolei ilość i jakość białka charakteryzować można między innymi za pomocą takich wyróżników jakościowych jak: zawartość białka, ilość glutenu, indeks glutenu czy wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego. Należy również wspomnieć, że przy określaniu wartości wypiekowej coraz częściej producenci i odbiorcy mąki interesują się

metodami polegającymi na ocenie właściwości reologicznych ciasta za pomocą farinografu czy alweografu

(Boros i in. 2013). Niewątpliwie do zalet tych metod należy zaliczyć badanie ciasta w warunkach zbliżonych do warunków w jakich odbywa się przemysłowa produkcja pieczywa, co z pewnością umożliwi pełniejsze określenie właściwości wypiekowych mąki pszennej.

Aby otrzymać ziarno o dobrej jakości należy pamiętać o odpowiednim stanowisku, agrotechnice, a także warunkach pogody. Wszystkie te czynniki wpływają na jakość uzyskanych plonów ziarna.

### 3. Czynniki wpływające na jakość ziarna pszenicy

#### 3.1 Warunki siedliska i pogoda

Wiele badań wskazuje, że pszenica uprawiana na lepszych glebach charakteryzuje się korzystniejszymi cechami jakościowymi i przemiałowymi ziarna. Istotny wpływ warunków pogodowych na jakość ziarna uwidacznia się zwłaszcza w gorszych stanowiskach. Pszenica uprawiana w monokulturze, gdzie dodatkowo wystąpiły niekorzystne warunki pogodowe, wydaje plon ziarna o gorszej wartości technologicznej. Największy wpływ na kształtowanie się cech jakościowych ziarna pszenicy mają: ilość opadów, temperatura i nasłonecznienie w okresie od kłoszenia do zbioru. Dla tworzenia dużej ilości białek glutenowych najkorzystniejsza jest słoneczna pogoda z umiarkowanymi opadami i wysoka temperatura powietrza.

#### 3.2 Odmiana

To skład chemiczny i właściwości fizykochemiczne poszczególnych składników znajdujących się w ziarnie pszenicy decydują o wartości technologicznej ziarna. O tych właśnie cechach decyduje czynnik genetyczny, czyli odmiana. Spośród odmian pszenicy (Tab. 1) przydatne do wyrobu mąki i wypieku pieczywa należą do 3 grup jakości (Podolska 2018). Genotypy o bardzo dobrej wartości przemiałowej i wypiekowej - elitarne (grupa E), odmiany o dobrych cechach jakościowych - jakościowe (grupa A) oraz odmiany o średniej jakości - chlebowe (grupa B). Ocena jakościową odmian pszenicy przeprowadza Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU).

**Tab. 1.** Wykaz odmian pszenicy jarej i ozimej w Krajowym Rejestrze Odmian.

Pszenica ozima zwyczajna	Pszenica jara zwyczajna
Admont, Ambicja, Apostel, Arevus, Argument, Arkadia, Arktis, Artist, Astoria, Attribut, Bamberka, Bataja, Belissa, Błyskawica, Bogatka, Bonanza, Bosporus, Circus, Comandor, Consus, Delawar, Estivus, Euforia, Fakir, Formacja, Franz, Freja, Frisky, Gimantis, Godnik, Hondia, Hybery, Impresja, Jannis, Janosch, Jantarka, Kariatyda, Kepler, Knut, Kometa, KWS Dacanto, KWS Dakotana, KWS, Donovan, KWS Firebird, KWS Kiran, KWS Livius, KWS Loft, KWS Magic, KWS Malibu, KWS Spencer, KWS Talium, KWS Universum, Lawina, Leandrus, Legenda, LG Egmont, LG Jutta, LG Keramik, Lindbergh, Linus, Lokata, Ludwig, Markiza, Medalistka, Mewa, MHR Promienna, Moschus, Mulan, Naridana, Natula, Nordkap, Ohio, Opcja, Opoka, Ostroga, Owacja, Oxal, Patras, Pengar, Platin, Plejada, Pokusa, Praktik, Rapsodia, Reduta, Revolver, RGT Bilanz, RGT Diplom, RGT Kicker, RGT Kilimanjaro, RGT Metronom, RGT Provision, RGT Ritter, RGT Specialist, RGT Treffer, Riposta, Rivero, Rockefeller, Rotax, Sailor, Sfera, Sikorka, Silenus, Skagen, Smaragd, Smuga, SU Banatus, SU Mangold, SU Tarroca, SU Viedma, SY Cellist, SY Dubaj, SY Orofino, SY Yukon, Symetria, Titanus, Tobak, Tonacja, Tonnage, Tulecka, Turnia, Tytanika, Wenecja, Wydma, Zawisza.	Akcja, Alibi, Anakonda, Arabella, Atrakcja, Aura, Eskadra, Etolia, Fala, Fama, Frajda, Goplana, Gratka, Griwa, Harenda, Itaka, Izera, Jarlanka, Kandela, Katoda, KWS Dorium, KWS Sunny, KWS Torridon, Mandaryna, Mantra, Merkawa, MHR Jutrzenka, Monsun, Nimfa, Ostka Smolicka, Raweta, Rusalka, Serenada, Struna, SU Ahab, Syntia, Tybalt, Varius, Werwa, WPB Francis, WPB Pebbles, WPB Skye, WPB Troy, Zadra.



### 3.3 Nawożenie azotem

Nawożenie azotem zaliczane jest do najważniejszych czynników wpływających zarówno na wielkość jak i jakość ziarna zbóż (Sułek 2014). Wiele badań naukowych (Cacak-Pietrzak i Sułek, 2007; Cacak-Pietrzak, i in. 2010; Cacak-Pietrzak i in., 2011) wskazuje, że stosowanie wysokich dawek azotu skutkuje wzrostem zawartości białka, ilości glutenu oraz wzrostem wartości wskaźnika sedymentacyjnego. Wpływa też korzystnie na cechy reologiczne ciasta. Wpływ dawki azotu na właściwości przemiałowe ziarna jest niewielki. Pszenica konsumpcyjna potrzebuje około 30 kg azotu na wytworzenie 1 tony ziarna. W przypadku pszenicy ozimej pierwszą dawkę azotu stosuje się na wiosnę w czasie ruszenia wegetacji. Azot w tym czasie wpływa korzystnie na krzewistość produkcyjną i różnicowanie elementów kłosa. Zazwyczaj w tym okresie stosuje się 50-60% wyliczonej całkowitej dawki azotu. Druga dawka azotu stosowana jest w okresie strzelania w źdźbło. Wpływa ona na liczbę wykształconych kłosków w kłosie, oraz zmniejsza redukcję pędów kłosonośnych na roślinie. Dawka ta zazwyczaj wynosi 30-40% wyliczonej dawki azotu. Jednak chcąc polepszyć jakość ziarna zaleca się zastosowanie jeszcze dodatkowej (trzeciej) dawki azotu w okresie kłoszenia czy dojrzałości młecznej. Wpływa ona korzystnie na ilość białka i glutenu, a także cechy reologiczne ciasta. W tym czasie wielkość wyliczonej dawki azoty powinna wynosić 10-20 %.

### 3.4 Nawożenie mikroelementami

Aby rośliny zbożowe mogły się prawidłowo rozwijać i wydać odpowiednio wysoki plon niezbędne jest odpowiednie zaopatrzenie w substancje pokarmowe, w tym mikroelementy (bor, chlor, cynk, mangan, miedź, molibden, żelazo). Odpowiednie zaopatrzenie zbóż w te pierwiastki jest czynnikiem warunkującym przebieg szeregu procesów biochemicznych w roślinie. Mikrośladniki są pobierane w małych ilościach, jednak biorą między innymi udział w aktywacji enzymów niezbędnych w reakcjach biochemicznych (fotosyntezie i biosyntezie białek). Niedobór mikroelementów powoduje ograniczenie tempa tych procesów lub ich całkowite zahamowanie, co prowadzi do niedorozwoju roślin, obniżenia plonu ziarna, a także pogorszenia jego jakości.

Istotne procesy życiowe roślin ograniczane są przez niedobór mikroelementów, a wprowadzone makroelementy w nawozach nie mogą być wówczas pobrane przez rośliny i wykorzystane w dostateczny sposób. System korzeniowy roślin nie zawsze jest na dobrze rozwinięty, aby dostarczyć odpowiedniej ilości składników pokarmowych w krytycznych fazach wzrostu.

W praktyce, często z obawy przed wystąpieniem niedoborów tych pierwiastków stosuje się profilaktyczne nawożenie mikroelementami. Natomiast konieczne jest ich dostarczenie, w sytuacji, gdy na roślinach występują objawy niedoborów.

Zboża w okresie wiosennym z reguły dokarmia się od fazy krzewienia do początku fazy strzelania w źdźbło.

Mikroelementy odgrywają kluczową rolę zarówno we wzroście jak i prawidłowym rozwoju roślin zbożowych. Miedź, mangan i cynk są mikroelementami, których zboża potrzebują szczególnie. Pierwiastki te pobierane są w bardzo małych ilościach, ale mają duże znaczenie w wielu procesach, zwłaszcza w początkowym etapie rozwoju. Ich aplikacja, zwłaszcza miedzi, powinna mieć miejsce wczesną wiosną, najlepiej w fazie krzewienia do początku strzelania w źdźbło. Zboża z niedoborami miedzi charakteryzują się zasychaniem końcówek liści, które często zwijają się oraz wyraźnie jaśniejszą barwą kłosów. Rośliny odpowiednio zaptatrzone w miedź intensywniej transportują azot z liści i źdźbeł do rozwijających się ziarniaków. To z kolei powoduje lepsze wypełnienie ziarniaków oraz większą akumulację białek glutenu w ziarnie. Mangan uczestniczy w fotosyntezie, pobieraniu i asymilacji wielu składników pokarmowych oraz syntezie białek. Funkcjonuje jako regulator stężenia hormonów roślinnych. Rośliny dobrze zaopatrzone w ten pierwiastek produkują więcej flawonoidów chroniących komórki roślinne przed chorobami oraz szkodliwym działaniem słońca, grzybów i insektów. Poza tym związki manganu działają silnie toksycznie na patogeny pojawiające się na powierzchni korzeni. Z kolei cynk jest składnikiem polimerazy RNA. Pełni rolę w procesach dostarczania energii dla różnych procesów metabolicznych. Brak cynku prowadzi do zmniejszenia w roślinach zawartości białka.

Pierwiastki te należy stosować co najmniej w takich ilościach, które wyprowadzone zostaną z wytworzonym plonem. Należy jednak pamiętać, że rośliny zbożowe w zależności od gatunku wykazują różne zapotrzebowanie na mikroelementy (Tab. 2).

**Tab. 2.** Ilość wybranych mikroelementów potrzebnych poszczególnym gatunkom zbóż (g/tonę ziarna z odpowiednią ilością słomy).

Gatunek	Cu	Mn	Zn	Mo	B
Pszenica	8,5	90	65	1,0	5,0
Jęczmień	9,0	70	60	1,0	5,0
Pszenżyto	8,5	100	70	1,0	5,0
Żyto	8,5	110	80	1,0	5,5
Owies	9,0	200	90	1,0	7,0

Niedobór mikroelementów zmienia zasadniczo cechy jakościowe ziarna przy jednoczesnym jego obniżeniu. Pszenica jest bardzo wrażliwa na niedobór miedzi, manganu i cynku. Przy wysokich plonach rośliny pszenicy pobierają znaczną ilość mikroelementów z gleby. Należy mieć na uwadze, że ich potrzeby nawozowe są często znacznie większe niż zasobność gleby w te składniki, stąd też konieczność nawożenia mikroelementami (Kocoń, 2006). Badania Mazurka i in. (1999) wskazują, że jakość ziarna pszenicy jarej nawożonej azotem z mikroelementami była wyższa niż nawożonej tylko azotem. Przy intensywnych technologiach uprawy pszenicy na cele konsumpcyjne nawożenie mikroelementami jest niezbędnym elementem agrotechniki. Zabezpiecza się wówczas pełne pokrycie potrzeb pokarmowych roślin w niezbędne składniki pokarmowe.

### 3.5 Ochrona zasiewów

Środki ochrony roślin jako związki chemiczne mogą w roślinach uprawnych zmieniać procesy fizjologiczne i metaboliczne, zatem ich działanie może powodować zmiany wartości cech fizycznych i chemicznych ziarna i mąki. Bardzo często zmiany te są zależne od warunków pogody, o czym świadczą badania prowadzone w IUNG-PIB w Puławach. Wykazano w nich, że działanie azoksystrobiny - substancji czynnej preparatu Amistar 250 SC - na ilość glutenu i liczbę opadania jest uzależnione od lat oraz odmiany pszenicy ozimej. Przykładowo u odmiany Sukces, Amistar 250 SC stosowany w fazie liścia flagowego powodował zmniejszenie ilości glutenu, natomiast u odmiany Tonacja jego wzrost. Stosowany natomiast w fazie dojrzałości mleczonej u obu odmian powodował zmniejszenie ilości glutenu i zmniejszenie liczby opadania.

Nie ma jednoznacznej opinii na temat wpływu środków stosowanych do chemicznej ochrony roślin (herbicydy, fungicydy, insektycydy, retardanty) na cechy fizyczne i skład chemiczny ziarna pszenicy, gdyż wyniki badań często są niejednoznaczne (Sulek 2014). Współdziałanie kilku czynników, takich jak: skład chemiczny, stosowana dawka, warunki glebowe czy reakcja odmian powodują, że brak jest jednokierunkowego oddziaływania preparatów na parametry jakościowe ziarna pszenicy. Oczywiście powszechnie wiadomo, że zachwaszczenie nie tylko obniża plonowanie, ale również jakość ziarna pszenicy. Ziarno pochodzące z plantacji zachwaszczonej ma gorszą zarówno wartość przemiałową, jak i wypiekową, co wynika z faktu nierównomierności dojrzewania i większej wilgotności w okresie zbioru; jest ono także częściej porośnięte (Podolska i Sulek, 2002). Problem ten częściej dotyczy upraw pszenicy jarej niż ozimej. Z badań wynika, że herbicydy jako środki chemiczne mogą powodować zmiany w składzie chemicznym ziarna. Grzesiuk i Kula (8) podają, że niektóre herbicydy mogą gromadzić się w roślinie, ograniczając syntezę skrobi i białek, a zwłaszcza poziom wolnych aminokwasów. Inne zaś, zwiększają gromadzenie w ziarnie białek i kwasów nukleinowych. Z badań Sulek i in. (2008) wynika, że zastosowany w uprawie pszenicy jarej herbicyd Sekator 6,25 WG w dawce 0,3 l·ha<sup>-1</sup> nie wpływał negatywnie na cechy chemiczne ziarna. Po jego zastosowaniu stwierdzono tendencję wzrostową ilości glutenu w ziarnie pszenicy jarej. Z kolei Makarska (1990) wskazuje, że na ogólną zawartość białka istotny wpływ ma rodzaj zastosowanego herbicydu.

Przy uprawie pszenicy na cele jakościowe bardzo ważnym elementem technologii produkcji jest ochrona przed chorobami, które to przyczyniają się do obniżenia wartości ziarna. Szczególnie znaczenie ma to w przypadku, gdy pszenica jest porażona przez: fuzariozy, głownie, śniecie, rdze czy septoriozy. Ziarno zainfekowane przez fuzariozę jest drobne, ma dużo mniejszą masę objętościową, jak również małą masę 1000 ziaren. Mąka z takiego ziarna cechuje się zmienionym składem chemicznym (niską zawartością białka i wadliwym glutenem). Oczywiście takie ziarno nie nadaje się do konsumpcji, a otrzymany chleb posiada wadliwe cechy i przyciemnioną barwę.

Najbardziej niebezpiecznymi i inwazyjnymi szkodnikami zbóż są mszyce zbożowe, skrzypionki oraz ploniarka zbożowa. Skrzypionki powodują redukcję powierzchni asymilacyjnej liści, co w okresie suszy w znacznym stopniu ogranicza transport substancji pokarmowych do kłosa. Z kolei mszyce wysysają skok komórkowy z tkanek, a ich powodowane przez nie szkody mają największe znaczenie w okresie między kwitnieniem a dojrzałością mleczną. Natomiast ploniarka powoduje żółknięcie liści oraz możliwość łatwego wyjęcia liścia.

Oczywiście w przypadku szkodników ochrona chemiczna powinna być rozpoczęta po przekroczeniu progu ekonomicznej szkodliwości dla danego szkodnika. Zastosowanie oprysku odpowiednim insektycydem w odpowiednim czasie pozwoli na likwidację żerujących szkodników i brak strat w plonach.

### 3.6 Termin zbioru i przechowywanie ziarna

Opóźnienie terminu zbioru może przyczyniać się do porastania ziarna, a z kolei przechowywanie może doprowadzić do jego stęgnięcia lub zagrzenia, co skutkuje zwiększeniem rozplywalności glutenu i ogranicza przydatność mąki do wypieku chleba. Mąka z ziarna, które uległo samozagrzeniu lub było niewłaściwie suszone zawiera gluten w pewnym stopniu zdenaturowany. Ziarno zebrane z pola i magazynowane powinno mieć wilgotność nie przekraczającą 14 proc. Należy również mieć na uwadze, że w ziarnie zebranym z pola zachodzą procesy dojrzewania późniejszego. Są one oczywiście dłuższe, jeżeli pogoda w okresie formowania się białka i glutenu była deszczowa. Optymalne wartości, jeśli chodzi o te parametry, ziarno osiąga w czasie około 6 tygodni po zbiorze.

## 4. Wyróżniki decydujące o wartości technologicznej ziarna

Ziarno przeznaczone na cele konsumpcyjne powinno wyróżniać się wysoką wartością technologiczną (przemiałową i wypiekową), którą określają parametry jakościowe ziarna i mąki takie jak: zawartość białka, ilość i rozplywalność glutenu, wskaźnik sedymentacyjny, liczba opadania, wyrównanie ziarna, wodochłonność mąki, objętość pieczywa (Podolska i Grabiński, 2002;).

Według kryteriów kwalifikowalności dla zbóż (w tym pszenicy), ziarno musi posiadać kolor typowy dla pszenicy zwyczajnej, ziarno musi być wolne od obcych zapachów i żywych szkodników (w tym roztoczy) niezależnie od ich stadium rozwoju, ziarno musi spełniać minimalne wymagania jakościowe (max. wilgotność, max. zawartość zanieczyszczeń, ziarna porośnięte, zanieczyszczenia obce, min. gęstość, zawartość białka, liczba opadania); zawartość substancji niepożądanych w ziarnie nie może przekraczać najwyższych dopuszczalnych poziomów określonych w przepisach UE, w tym w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1881/2006 z późn. zm., pozostałości pestycydów nie powinny być wyższe niż poziom wskazany w Rozporządzeniu (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 lutego 2005 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów w żywności i paszy pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz na ich powierzchni, zmieniające dyrektywę Rady 91/414/EWG, poziom radioaktywności w ziarnie nie może przekraczać poziomu określonego w Rozporządzeniu Rady (WE) nr 733/2008 z późn. zm. (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R1272-20151116&from=LT>;

<http://platformazywnosciowa.com.pl/wp-content/uploads/2019/12/RAPORT-NR-4-IBPRS.pdf>).

Liczba opadania to wskaźnik którego wartość na ogół w praktyce łączy się z problemem porastania. Cacak–Pietrzak (2008) podaje, że wartość liczby opadania mieszcząca się w granicach 220-270 s, Wskaźnik ten świadczy o optymalnej aktywności enzymów amylolitycznych w ziarnie przerabianym na mąkę do wypieku chleba. Zbyt wysoka wartość liczby opadania (ponad 400 sekund) może niekorzystnie wpływać na proces wypieku chleba, z kolei zbyt niska wskazuje, że w ziarnie

przebiegają intensywnie procesy życiowe, m.in. oddychanie, w wyniku którego wydziela się ciepło i woda. Mogą one powodować niekorzystne zmiany w masie składowanego ziarna, np. zawilgocenie i wzrost temperatury, mogące wywołać proces samozagrzewania. Minimalna wartość liczby opadania przy skupie interwencyjnym ziarna pszenicy wynosi 220 s (Cacak–Pietrzak, 2011).

Spośród białek, które występują w ziarnie pszenicy duże znaczenie technologiczne przypisywane jest białkom glutenowym znajdującym się w bielmie ziarniaków (Cacak–Pietrzak, 2011). Na poziomie cząsteczkowym gluten stanowi przestrzenną sieć zbudowaną z łańcuchów polipeptydowych, zespolonych ze sobą poprzez poprzeczne wiązania międzycząsteczkowe. Gluten tworzy lepkością białki, które utrzymują właściwą konsystencję i strukturę wyrobionego ciasta, a także przyczynia się do wytworzenia gąbczastej tekstury miękkiszu chleba (Wesołowska–Trojanowska i in., 2014).

Wskaźnik sedymentacyjny SDS jest parametrem, którego wartość zależy od jakości i ilości glutenu. Większa wartość wskaźnika sedymentacyjnego wskazuje na większy udział w mące białek glutenowych, a szczególnie wysokocząsteczkowej gluteniny odznaczającej się wyjątkowymi zdolnościami pęcznienia i warunkującej dobrą wartość wypiekową (Jurga, 1994).

Wśród parametrów jakości ziarna pszenicy wyróżnia się uszkodzenia powodowane przez owady. Ta ocena uważana jest za jeden z najbardziej krytycznych czynników degradujących, ponieważ dotyczy plonu mąki i koloru oraz zwiększenia ilości fragmentów owadów obecnych w mące i produktach przetworzonych, które są uważane za jeden z najważniejszych czynników jakościowych związanych z higieną żywności. Obecność owadów powoduje straty ilościowe i jakościowe w wyniku spożycia owadów, utraty masy ziarna, zanieczyszczenia (toksyczności) odchodami, fragmentami ciała i wydzielinami chemicznymi, które nie mają smaku i zapachu mąki. Ponadto, owady zwiększają ciepło i wilgotność ziarna ze względu na swoją aktywność metaboliczną. Wiadomo, że enzymy wytwarzane przez owady i system oddychania ziarna negatywnie wpływają na jakość przemiału i wypieku. Główną grupą owadów powodującą poważne uszkodzenia w ziarnach zbóż są chrząszcze, takie jak *Sitophilus granarius*, *Tribolium castaneum*, *Trogoderma granarium*, *Tenebroides mauritanicus* i *Rhyzopertha dominica*. Szkodniki pierwotne atakują zdrowe ziarno, podczas gdy szkodniki wtórne mogą atakować tylko połamane lub popękane ziarno lub produkty przemiału. Duża część życia owada przypada w ziarniaku dlatego jego wykrycie jest niezwykle trudne. Przemysł wykorzystuje nowe techniki identyfikacji uszkodzeń powodowanych przez owady wewnątrz ziarna przy użyciu spektroskopii w bliskiej podczerwieni (NIR). Wewnętrzna inwazja szkodników pogarsza jakość i wartość ziaren. Do wykrywania szkodników magazynowych stosuje się także pułapki do monitorowania szkodników, w których umieszczane są dyspensery emitujące hormony płciowe lub agregacyjne. Pułapki powinny być umieszczane w pomieszczeniach nieprzewiewnych, w których cyrkulacja powietrza jest ograniczona, a więc w magazynach, składach i przechowalniach, ale w miejscach wygodnych i dostępnych do przeprowadzenia ich przeglądu i kontroli (Klejdsza i Mrówczyński 2017).

## 5. Zależności między wyróżnikami jakościowymi ziarna pszenicy

Według literatury wiele wyróżników jakościowych ziarna i mąki jest ze sobą powiązana. Badania wskazują na korelację gęstości ziarna w stanie zsypanym ze szklistością ziarna, czy szklistością ziarna a ilością glutenu mokrego, suchego oraz zawartością białka. Stwierdza się również powiązanie szklistości ziarna z wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego. W przypadku wodochłonności mąki stwierdza się jej korelację z ilością i jakością zawartego w niej glutenu, zawartością białka, jak również wskaźnikiem sedymentacyjnym. Także cechy farinograficzne ciasta (stałość i rozmięczenie) uzależnione są w największym stopniu od wyróżników charakteryzujących w sposób ilościowy i jakościowy kompleks białka pszenicy (Stępniewska i Abramczyk 2013).

## 6. Podsumowanie

Pszenica to zboże umożliwiające produkcję ziarna o wysokich parametrach jakościowych. Ma ona jednak dość duże wymagania środowiskowe, a także agrotechniczne. Do najważniejszych czynników decydujących o jakości uzyskanego surowca jest czynnik genetyczny, czyli odmiana.

Należy również pamiętać, że na cechy jakościowe ziarna pszenicy wpływ wywierają również warunki siedliska, a także zabiegi agrotechniczne. Spośród czynników agrotechnicznych największy wpływ na kształtowanie cech jakościowych ziarna pszenicy ma nawożenie azotem, ale również odpowiednie zaopatrzenie w pozostałe składniki pokarmowe, w tym także mikroelementy. Najkorzystniejsze parametry wskaźników jakości ziarna (zawartość białka, ilość glutenu, wskaźnik sedymentacyjny) otrzymuje się z pszenicy nawożonej odpowiednio zbilansowanymi dawkami składników pokarmowych, ale również dostarczonymi w odpowiednim czasie.

## 7. Literatura

- Boros N, Kónya É, Györi Z (2013). Comparison of rheological characteristics of winter wheat cultivars determined by extensograph and alveograph. *Acta Alimentaria*, 42(3), 338-348.
- Cacak-Pietrzak G (2008). Wykorzystanie pszenicy w różnych gałęziach przemysłu spożywczego – wymagania technologiczne. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 52(11):11-13.
- Cacak-Pietrzak G (2011). Studia nad wpływem ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji roślinnej na wartość technologiczną wybranych odmian pszenicy ozimej. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Cacak-Pietrzak G, Gondek E, Sułek A, Sułek A (2011). Wpływ wzrastających dawek azotu na jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 558: 21-32.
- Cacak-Pietrzak G, Sułek A (2007). Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej. *Biul. IHAR*, 245: 47-55.
- Cacak-Pietrzak G, Sułek A, Gondek E, Sułek A (2010). Plonowanie oraz cechy jakościowe ziarna nowych odmian pszenicy jarej w zależności od poziomu nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 553: 11-19.
- Grzesiuk S, Kulka K (1998). *Biologia ziarniaków zbóż*. PWN, Warszawa.
- Hrušková M, Švec I, Kocourková Z (2011). Interaction between wheat variety and harvest year analysed by statistical methods. *Cereal Technology*, 4, 152-159.
- <http://platformazywnosciowa.com.pl/wp-content/uploads/2019/12/RAPORT-NR-4-IBPRS.pdf>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R1272-20151116&from=LT>
- Jurga R (1994). Wartość technologiczna ziarna pszenicy. *Przegląd Zbożowo-Młynarski.*, 38 (2): 19-21.
- Klejdasz T, Mrówczyński M red. (2017). *Metodyka Integrowanej ochrony magazynów zbożowych*. IOR-PIB.
- Knapowski T, Kozera W, Majcherczak E, Barczak B (2010). Wpływ nawożenia azotem i cynkiem na skład chemiczny i plon białka ziarna pszenżyta jarego. *Fragm. Agron.* 27(4), 45–55.
- Kocoń A (2006). Nawożenie pszenicy konsumpcyjnej a wielkość i jakość plonu. *Więś Jutra*, 29-31.
- Makarska E (1990). Wpływ herbicydów na jakość ziarna i cechy morfologiczne zbóż. *Biul. IHAR*, 233: 59-71.
- Mazurek J, Jaśkiewicz B, Klupczyński Z (1999). Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 118: 257-261.
- Podolska G (2018). *Agropolska, Czynniki wpływające na jakość ziarna pszenicy* (dostęp on-line).
- Podolska G, Grabiński J (2002). Możliwość pogodzenia kryteriów jakościowych ziarna zbóż z zasadami dobrej praktyki rolniczej. *Mat. Szkol.* 84/02 „Wdrażanie nowych proekologicznych technologii w zakresie produkcji roślin uprawnych”, IUNG, Puławy, 167-182.
- Podolska G, Sułek A (2002). Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puławski* 130/1: 597-605.
- Stępniewska S, Abramczyk D (2013). Zależności między wyróżnikami jakościowymi ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego*, 68(1): 65-78.
- Sułek A (2014). Wybrane elementy technologii pszenicy jarej uprawianej na cele młynarskie i piekarnicze, *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 41(15): 117-128.

- Sulek A, Podolska G, Cacak-Pietrzak G, Ceglińska A (2008). Wpływ herbicydu Sekator 6,25 WG na plon i cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra. Prog. Plant Prot./ Post. Ochr. Roślin, 48(2): 678-681.
- Szafańska A, Rothkaehl J (2011). Liczba opadania a maksymalna lepkość kleiku skrobiowego mąki pszennej. Przegląd Zbożowo-Młynarski 10: 6-7.
- Wesołowska-Trojanowska M, Tomczyńska-Mleko M, Mazurkiewicz J, Kowalczyk K, Leśniowska-Nowak J, Szafrank M, Róg S, Mleko S (2014). Wybrane właściwości fizykochemiczne glutenu otrzymanego z nowych rodów pszenicy. Annales UMCS, SECTIO E, 69(4): 76-83.

## **11. Charakterystyka prosa (*Panicum miliaceum* L.) oraz potencjał uprawy i kierunki zagospodarowania jego ziarna pochodzącego z produkcji krajowej**

Characteristics of millet (*Panicum miliaceum* L.) and the potential of cultivation and directions of development of the domestic production of its grain

Wyzińska Marta, Różewicz Marcin, Grabiński Jerzy

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Wyzińska Marta: mwyzińska@iung.pulawy.pl

Słowa kluczowe: proso, plonowanie, wartość odżywcza, wartość paszowa

### **Streszczenie**

W pracy zaprezentowano przegląd badań dotyczących charakterystyki prosa, a także możliwości jego uprawy w naszym kraju, jak również opisano kierunki zagospodarowania jego ziarna. Niniejsze opracowanie opiera się na przeglądzie badań związanych z produktywnością prosa i wykorzystaniem jego ziarna.

### **1. Wstęp**

Proso (*Panicum* L.) to rodzaj roślin jednorocznych należący do rodziny wiechlinowatych. Zalicza się do niego aż 500 gatunków rosnących dziko głównie w strefie międzyzwrotnikowej. W starożytności i epoce bizantyńskiej znano dwa podstawowe gatunki prosa: proso zwyczajne – kšgcroj, nazywane po łacinie *milium* oraz włośnicę – *panicum* (Rzeźnicka i Kokoszko, 2013). Szacuje się, że proso uprawiane jest od ponad 5 tys. lat p. n. e. (Hunt i in. 2008). Gatunkiem typowym prosa jest *Panicum miliaceum*, czyli proso zwyczajne. Uprawia się je niemal na całym świecie – głównie w Chinach, Japonii, Bhutanie i RPA. Proso to jedno z głównych źródeł pożywienia na suchych i półsuchych obszarach świata. Miało duże znaczenie w wyżywieniu ludności Afryki i Eurazji zarówno współcześnie, jak i w przeszłości (Madella i in. 2016). Znaczna odporność prosa na występujące okresy niedoborów opadów może mieć duże znaczenie w kontekście zmian klimatycznych w naszym kraju, dzięki czemu zapewni ono podaż ziarna o znacznych walorach odżywczych jak również paszowych. Obserwowane na przestrzeni lat 1971-2000 zmiany klimatyczne, wykazały zmniejszenie w Polsce powierzchni regionu umiarkowanie chłodnego z 37 do 3%, przy zwiększeniu powierzchni regionu umiarkowanie ciepłego z 62 do 75% i pojawienie się regionu ciepłego o powierzchni 22%, którego według prognoz obszar może wzrosnąć do nawet 94% (Ziernicka-Wojtaszek 2009). Pozytywnym efektem wzrostu temperatury jest wydłużenie okresu wegetacyjnego i możliwości uprawy roślin ciepłolubnych (Kopeć 2013). Jednak wiąże się to także z potencjalnie coraz częstszym występowaniem okresów suszy, co negatywnie wpływa na plonowanie zbóż, zwłaszcza jarych (Wójcik i in 2019). Istnieje więc wiele powodów sprzyjających upowszechnieniu uprawy prosa, zwiększeniu areалу i produkcji ziarna tej rośliny. Ziarno prosa przeznaczone jest głównie na konsumpcje przez ludzi, ale wykorzystywane jest także jako pasza dla zwierząt. Wykorzystywane było już w okresie brązu na terenie Euroazji także w żywieniu zwierząt gospodarskich, zwłaszcza owiec, kóz i bydła w czasie zimy (Hermes i in. 2019). W Polsce w latach 30. XX wieku proso uprawiano na powierzchni około 150 tys. ha. Po wojnie areal uprawy tego gatunku w kraju systematycznie malał i na początku XXI wieku proso uprawiano na niewielkiej powierzchni, nie przekraczającej kilku tysięcy hektarów. Po wejściu Polski do Unii Europejskiej nastąpił jednak wyraźny wzrost zainteresowania uprawą prosa. Według FAO w roku 2013 proso uprawiano w Polsce na 32 tys. ha. Zwiększona popularność prosa wynika w dużym stopniu ze wzrostu zainteresowania żywnością i jego wpływem na zdrowie współczesnego konsumenta.

## 2. Charakterystyka prosa i jego uprawy

Proso jest rośliną zbożową, która charakteryzuje się znaczną wysokością, bowiem w stanie generatywnym dorasta do 150 cm wysokości, a jego źdźbła są grube i odporne na urazy mechaniczne. Liście są rzadkie, a ich powierzchnię pokrywają drobne włoski chroniące roślinę przed nadmierną transpiracją wody. Do innych charakterystycznych cech rozpoznawczych zalicza się obecność białego paska na środku blaszki liściowej. Kwiaty z kolei mają barwę purpurową i zbierają się w gęstą, okazałą wiechę. Owoce prosa stanowią ziarniaki tkwiące w twardych plewkach. Głównym produktem spożywczym otrzymywanym z ziaren tego zboża jest kasza jaglana. Proso jest rośliną samopylną, ale często bywa też zapylane przez owady. Potrzebuje wysokiej temperatury i dobrego nasłonecznienia, aby zwiększyć płodność kwiatków. Ponieważ uprawa prosa należy do mało popularnych większość rolników nie jest nią zainteresowana, ale jest ono uprawiane przez osoby wyspecjalizowane w produkcji tej rośliny i posiadające wiedzę na temat odpowiedniej agrotechniki. Wskazują na to badania Madeja (2018), które wykazały najwyższym poziomem koncentracji dla uprawy prosa w Polsce spośród uprawianych w naszym kraju gatunków zbóż, który wyrażał się najwyższą wartością współczynnika Lorenza ( $K_L = 0,61-0,65$ ). Szansą na upowszechnienie oraz zwiększenie areалу i zainteresowania ze strony rolników jest możliwość prowadzenia ekologicznej uprawy prosa. Głównym atutem sprzyjającym temu kierunkowi uprawy prosa jest wartość odżywcza jego ziarna i poszukiwanie przez konsumentów żywności ekologicznej. Nie bez znaczenia są także wskaźniki ekonomiczne, przy czym znaczną rolę odgrywają dopłaty. W 2009 roku dotacja do hektara upraw ekologicznych prosa została zwiększona do 790 zł i jest to jeden z najważniejszych czynników wpływających na jej opłacalność (Marciniak i Grontkowska 2011). Obecnie w Krajowym Rejestrze znajduje się jedna odmiana prosa Jagna (dane z 12.03.2021 r. Katalog COBORU). Dawniej uprawiana była odmiana Gierczykie Kutnowskiej Hodowli Buraka Cukrowego, która obecnie została wykreślona z rejestru, niemniej jednak przypuszczać można, że jest uprawiana przez rolników z własnego materiału siewnego. W wielu gospodarstwach rolnych wysiewa się, oprócz Jagny, także odmiany miejscowe oraz zagraniczne. Proso można uprawiać we wszystkich rejonach naszego kraju. Jednak ze względu na duże wymagania termiczne stosunkowo najlepszych efektów można oczekiwać przy uprawie prosa w rejonach Polski południowej. Natomiast najmniej wskazane do uprawy prosa są rejon północne o stosunkowo chłodniejszym klimacie i mniejszym nasłonecznieniu, gdzie uzyskanie wysokich zbiorów może być utrudnione zarówno ze względu na niekorzystne warunki termiczne wiosną, jak i jesienią w czasie zbiorów.

Proso nie ma dużego zapotrzebowania na wodę, co wyraża się w ilości jednostek wody zużytej na wyprodukowanie jednostki suchej masy. U prosa współczynnik ten wynosi 250–300 wobec 400–500 u pszenicy (Kwiatkowski i Harasim 2019). Proso posiada wiązkowy system korzeniowy, który w warstwie gleby zalega na głębokości około 40–50 cm, a pojedyncze korzenie sięgają do metra. To powoduje, że proso w stosunku do pozostałych gatunków zbóż znosi warunki suszowe. Jest więc znacznie odporniejsze na niedobory opadów w stosunku do innych zbóż. Uzależnione jest to jednak od kategorii gleby oraz rozkładu opadów w trakcie sezonu wegetacyjnego. Z badań Rolbieckiego i in. (2008) wynika, że na glebach bardzo lekkich efekty produkcyjne są wyższe w latach o odpowiednim rozkładzie opadów i mogą wynosić nawet  $2,32 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  w stosunku do lat z niedoborami opadów, gdy plon ziarna wynosi  $1,28 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Korzystnym efektem może być zastosowanie dodatkowego nawodnienia. Nawadnianie plantacji na glebach lekkich zwiększa masę pędu i ziarna prosa w stosunku do masy korzenia (Dziamski i Stypczyńska 2009). Pomimo małych wymagań wodnych prosa, nawadnianie w okresie niedoborów wody powoduje efekt plonotwórczy, który jednak uzależniony jest od klasy gleby. Wprowadzenie nawadniania na glebie bardzo lekkiej zwiększa plony ziarna o  $1,79 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (85%). Na glebie lekkiej deszczowanie nie wpływa tak efektywnie na zwyczaję plonu, która wynosi  $0,36 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (14%) (Rolbiecki i in. 2008). Średnie plony prosa w Polsce kształtują się w granicach  $2,7 \text{ t/ha}$ . Jednak doświadczenia przeprowadzone przez IUNG-PIB w Puławach wykazały wyższy potencjał plonowania na poziomie  $3,0-4,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (<http://odr.pl/produkcja-roslinna/zboza/proso-zapomniane-zboze/>). Odpowiednie nawożenie azotem ( $120\text{N t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) wraz z zaopatrzeniem w wodę powoduje uzyskanie plonu do poziomu  $4,42 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Rolbiecki i in. 2007). Termin siewu prosa przypada na okres 15–25 maja. Wcześniejsze siewy



wydłużają wschody i sprzyjają nadmiernemu zachwaszczeniu plantacji. Ponadto istnieje ryzyko uszkodzenia przez przymrozki. Z kolei zbyt późne siewy skracają okres wegetacji, co niekorzystnie wpływa na wypełnienie i dojrzewanie ziarna. Norma wysiewu dla odmiany Gierczyckie, przy zachowaniu rozstawy rzędów co najmniej 25-30 cm, wynosi 15-25 kg/ha a dla odmiany Jagna 8-10 kg. Zbyt rzadkie siewy sprzyjają zachwaszczeniu, natomiast zbyt gęste zwiększają wyleganie. Jest to szczególnie ważne w plantacjach nasiennych. Jak stwierdzili Karpenko i in. (2013) w latach suchych i gorących zastosowanie siewu z większym rozstawem rzędów (co 45 cm) powodowało wyższą jakość materiału siewnego. Głębokość siewu na glebach cięższych wynosi 1-2 cm, zaś na lżejszych 3-4 cm. Okres zbioru prosa przypada na okres trzeciej dekady sierpnia i pierwszej września. Ze względu na nierównomierność dojrzewania jest bardzo podatne na osypywanie, dlatego bardzo ważne jest uchwycenie optymalnego terminu zbioru. Przyjmuje się, że zbioru kombajnem dokonuje się, gdy nasiona w całej wieszce są w pełni dojrzałe. Proso można zbierać również przy pomocy żniwiarki, a następnie ścięte rośliny pozostawia się na polu dla przeschnięcia zielonych łodyg. Gdy rośliny przeschną na pokosach, to można je wiązać w snopy lub młócić kombajnem. Jeżeli skoszone rośliny zwozimy z pola, to należy szybko młócić ponieważ słoma łatwo zagrzewa się i pleśnieje. Po zbiorze nasiona należy dosuszyć do wilgotności 15%. Ziarno dosuszać można w suszarni lub przechowywać w warstwie około 10 cm i codziennie szufłować do momentu uzyskania właściwej wilgotności.

### **3. Wartość odżywcza i spożywcze wykorzystanie ziarna prosa**

Proso jest znane i spożywane od setek lat. Ziarno prosa nie zawiera glutenu, tak więc może być wykorzystywane w diecie bezglutenowej. Ze względu na swoje właściwości preferowane szczególnie dla osób chorych na celiakię. Najpopularniejszym produktem, który wytwarza się z jego ziarna jest oczywiście kasza jaglana. Charakteryzuje się ona wysoką wartością odżywczą, ponieważ zawiera łatwo przyswajalne białko oraz wysoką zawartość witamin z grupy B i mikroelementów. W ostatnich latach jednak obserwujemy lekki spadek jej spożycia na rzecz kaszy gryczanej, jęczmiennej, ryżu i płatków owsianych. Jednakże, za sprawą rolnictwa ekologicznego, zboże to ma duże szanse aby wrócić do łask. Poza wykorzystaniem w przemyśle, roślina ta pełni funkcje dekoracyjne – w formie trawy uprawia się ją w ogrodach – gdzie często ozdobi rabaty albo stanowi element większych kompozycji kwiatowych. Oprócz kaszy jaglanej proso można wykorzystywać do produkcji spirytusu, piwa, skrobi i cukru gronowego. Ziarno prosa może być wprowadzone do diety ludzi w postaci różnych produktów jego przerobu, m.in.: kaszy jaglanej, czyplatków (Archremowicz i in. 2016). Ponadto ziarno poddane procesowi przemiału może być także częściowym substytutem mąk innych zbóż w celu urozmaicenia diety lub też może być stosowane do produkcji wyrobów bezglutenowych. Innym kierunkiem przetwórstwa prosa może być także przeznaczenie jego ziarna na cele browarne. Produkcja piwa z ziarna prosa była już dawniej prowadzona, jednak po pewnym czasie została zaniechana (Dobosz 2017). Proso nie może być wyłącznym substratem do produkcji piwa, ponieważ znaczny jego udział pogarsza jakość brzączek (Cioch-Skoneczny 2019). Ziarno może być także wykorzystywane na paszę, a słoma i plewy prosa dorównują sianu średniej jakości. Wartość paszowa słomy jest wyższa niż pozostałych zbóż. Niektóre gatunki prosa mogą być także uprawiane na zielonkę. Pod względem wartości odżywczej wartość energetyczna, zawartość białka i makroskładników prosa są porównywalne, a niekiedy wyższe niż konwencjonalnych zbóż. Ponadto są bogatym źródłem błonnika pokarmowego i mikroelementów. Ziarno prosa jest źródłem węglowodanów, przy czym głównie jest to skrobia, która składa się z glukozy w postaci amylozowej i amylopektynowej. Różne odmiany prosa wykazują zróżnicowaną zawartość skrobi w zakresie 62,8-81,02% (Hassan i in. 2021). Poza jej wartością odżywczą, może być także stosowana do produktów spożywczych jako środek zagęszczający, żelujący i wypełniający w celu poprawy właściwości teksturalnych żywności. Drugim ważnym składnikiem odżywczym ziarna prosa jest białko. Ziarno prosa zawiera około 11,6% białka, co jest wyższą wartością niż 7,2% białka w ryżu, 11,5% w jęczmieniu, 11,1% w kukurydzy i 10,4% w sorgo. Białko to ma korzystny skład aminokwasowy, zawiera więcej lizyny, treoniny, metioniny i cysteiny niż białka sorgo i kukurydzy, ale jest porównywalny z pszenicą, jęczmieniem i ryżem (Hassan i in. 2021).

Błonnik jest uważany za ważny składnik pokarmowy dla zdrowia jelit, a jego odpowiednie spożycie, korzystnie wpływa na układ pokarmowy. Błonnik jest istotny w zapobieganiu chorobom

serca, rakowi okrężnicy i cukrzycy. Wysoka zawartość błonnika pokarmowego w prosie wynosząca od 8% do 9% poprawia perystaltykę jelit. Ponadto, ze względu na jego niskie właściwości trawienne, zwiększa czas pasażu treści pokarmowej, co zmniejsza tempo wchłaniania glukozy do krwi; pomaga to pacjentom z cukrzycą nieinsulinozależną. Shobana i in. (2009) potwierdzili to w swoich badaniach, stwierdzając mniejszą częstość występowania cukrzycy u osób spożywających proso. Ponadto, błonnik zawarty w prosie może przyczynić się do obniżenia szkodliwego cholesterolu LDL, przy jednoczesnym podwyższeniu dobrego cholesterolu HDL. Zawartość tłuszczu w prosie perłowym szacuje się na około 5-7% w porównaniu do 3,21-7,71% w kukurydzy. W profilu kwasów tłuszczowych występuje zwiększona ilość kwasów: palmitynowego, stearynowego i linolowego (Taylor i in., 2004). Zaletą tłuszczu prosa jest stosunkowo niski udział kwasów tłuszczowych nasyconych (25,6% ogółu) w stosunku do kwasów nienasyconych (74,4%) (Kunyanga i in. 2013). Poza ważnymi makroskładnikami odżywczymi, proso zawiera także makro- i mikropierwiastki oraz witaminy. Proso zawiera znacznie więcej ich więcej niż kukurydza, stanowiąc ważne źródło w diecie wapnia, fosforu, magnezu, manganu, cynku, żelaza i miedzi. Niektóre badania sugerują jednak, że proso zawiera duże ilości żelaza w postaci nieprzyswajalnych soli takich jak: fityniany, szczawiany i polifeny (Nambiar i in. 2011).

#### **4. Paszowe wykorzystanie ziarna prosa**

Ziarno prosa ze względu na dostosowanie do suchych warunków uprawy i stosunkowo wysokiego plonu ziarna uważane za wartościowy surowiec paszowy, zwłaszcza jako substytut droższej kukurydzy. Zawiera jednak neutralne włókno detergentowe (NDF) i kwaśne włókno detergentowe (ADF). Poziomy ADF i NDF są bardzo istotne, ponieważ wpływają na efektywność tuczu i wydajność zwierząt. Wyższe zawartości ADF i NDF w ziarnie prosa wpływają na obniżenie koncentracji energii na co wrażliwe są zwierzęta monogastryczne (trzoda chlewna oraz drób). Na suchych terenach Afryki proso jest stosowane w żywieniu zwierząt, co wynika z jego przystosowania do wzrostu i plonowania w tych warunkach. Ponadto wykorzystanie lokalnej produkcji ziarna sorga w Afryce jako substytutu kukurydzy w paszy, zmniejszy presję na zakup kukurydzy, powodując obniżenie cen jej ziarna na rynku światowym. Rama-Rao i in. (2002) stwierdzili, że koszt paszy wymaganej do produkcji jednego kilograma przyrostu żywej wagi w grupie kurcząt karmionych kukurydzą był wyższy niż w grupach karmionych prosem sorgo. Medugu i in. (2010) potwierdzili, że w Nigerii produkcja kurcząt brojlerów jest bardziej ekonomiczna i opłacalna, przy zastosowaniu w paszy dla brojlerów prosa, ponieważ koszt kg paszy i zużycie paszy na jednostkę przyrostu masy ciała są najniższe w paszy z ziarna prosa. W badaniach Mugula i in. (2003) stwierdzono, że ziarno prosa może w pełni zastąpić kukurydzę w żywieniu bydła. Wykazano, że ziarno proso korzystnie wpływa na wydajność mleczną, zarówno podawane w postaci całego ziarna jak i ześrutowanej.

W Polsce dostateczna podaż ziarna paszowego głównych gatunków zbóż (pszenicy, pszenżyta, jęczmienia, owsa oraz żyta) powoduje brak zainteresowania ze strony przemysłu paszowego oraz rolników prowadzących własne gospodarstwa wykorzystaniem prosa w żywieniu zwierząt. Dlatego też w żywieniu zwierząt gospodarskich stosowanie ziarna prosa jest marginalne (Figura 2017). Brak jest także krajowych wyników badań z ostatnich lat nad stosowaniem ziarna tego zboża w żywieniu zwierząt. Jedynie w żywieniu drobiu ozdobnego i ptaków egzotycznych (papug, kanarków, zeberek i innych) proso jest stosowane w mieszankach wielozbożowych jako ich urozmaicenie. Pochodzi ono jednak z importu, najczęściej z Indii oraz krajów Afrykańskich. Krajowe ziarno z niewielkiego arealu uprawy przeznaczone jest raczej na cele spożywcze, a małe partie niespełniające wymogów jakościowych lub materiału siewnego, który nie został sprzedany mogą być wykorzystywane do produkcji mieszanek dla ptaków egzotycznych lub gołębi (<https://ifarmer.pl/product-pol-521-proso-zolte-cena-za-kg.html>). Ziarno prosa stosowane jest jako substytut pszenicy w karmach dla psów (<https://fera.pl/bosch-adult-drob-i-proso-15-kg.html>).

#### **5. Podsumowanie i wnioski**

Proso jest zbożem, które w naszym kraju nie jest popularne w uprawie. Jednak jego wartość odżywcza, a także walory prozdrowotne ziarna predysponują do zwiększenia arealu uprawy i podaży

ziarna na polskim rynku. Do atutów tego zboża należą małe wymagania wodne oraz podatność na nieliczne choroby i szkodniki (omacnica prosowianka). Jest więc ono szczególnie predysponowane do uprawy w systemie ekologicznym. Ziarno prosa z krajowej uprawy może z powodzeniem być przerabiane na produkty spożywcze. Szczególną grupą ludności nim zainteresowaną są konsumenci z nietolerancją glutenu, ale także osoby dbające o zróżnicowaną dietę. Jako zboże paszowe, proso nie jest szeroko wykorzystywane w żywieniu zwierząt gospodarskich, ale ma ono stałe miejsce w żywieniu zwierząt towarzyszących.

## 6. Literatura

- Achremowicz B, Haber T, Kaszuba J i in. (2016). Płatki zbożowe—ocena porównawcza. Cz. 1, Porównanie składu chemicznego i mineralnego. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2: 97-102.
- Cioch-Skoneczny M, Kleszcz Ł, Pater A i in. (2019). Wykorzystanie gryki i prosa w browarnictwie®. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1: 23-28.
- Dobosz K (2017). Santa Piva ora pro nobis czyli piwne zwyczaje średniowiecznej Polski. *Historia i Świat*, 6: 281-284.
- Dziamski A, Stypczyńska Z (2009). Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na zróżnicowanie morfologiczne dwóch odmian prosa (*Panicum miliaceum* L.) na glebie bardzo lekkiej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 6: 267-277.
- Figura M (2017). Zmiany w użytkowaniu ziarna zbóż na paszę w Polsce w latach 2008-2012 w porównaniu z sezonem 1999/2000. Wydawcy: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Poznaniu, str. 56-67.
- Hassan ZM, Sebola NA, Mabelebele M (2021) The nutritional use of millet grain for food and feed: a review. *Agriculture & Food Security* 10, 16: <https://doi.org/10.1186/s40066-020-00282-6>
- Hermes TR, Frachetti MD, Doumani Dupuy PN i in. (2019). Early integration of pastoralism and millet cultivation in Bronze Age Eurasia. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1910): <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1273>.
- <https://fera.pl/bosch-adult-drob-i-proso-15-kg.html>
- <https://ifarmer.pl/product-pol-521-PROSO-ZOLTE-cena-za-kg.html>
- <http://odr.pl/produkcja-roslinna/zboza/proso-zapomniane-zboze/>
- Hunt HV, Vander Linden M, Liu X, i in (2008). Millets across Eurasia: chronology and context of early records of the genera *Panicum* and *Setaria* from archaeological sites in the Old World. *Vegetation history and Archaeobotany*, 17(1): 5-18.
- Karpenko W, Poltoretskyi S, Mostowiak I (2013). Plonowanie oraz jakość materiału siewnego prosa w zależności od sposobu siewu i nawożenia mineralnego. *Episteme*, 20 (1): 177-199.
- Kunyanga CN, Imungi JK, Velingiri V. (2013). Nutritional evaluation of indigenous foods with potential food-based solution to alleviate hunger and malnutrition in Kenya. *Journal of Applied Biosciences*, 67:5277 – 5288.
- Kwiatkowski C, Harasim E (2019). Produkcja rolnicza a bezpieczna żywność-wybrane aspekty. Wydano nakładem Instytutu Naukowo-Wydawniczego "Spatium".
- Madej A (2018). Procesy koncentracji w produkcji zbóż w Polsce. *Polish Journal of Agronomy*, 35: 23-31.
- Madella M, Lancelotti C, García-Granero JJ, (2016). Millet microremains—an alternative approach to understand cultivation and use of critical crops in Prehistory. *Archaeological and Anthropological Sciences* 8.1: 17-28.
- Marciniak J, Grontkowska A (2011). Opłacalność produkcji roślinnej w gospodarstwie ekologicznym. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 13(2): 302-309.
- Medugu CI, Kwari ID, Igwebuike J i in. (2010). Performance and economics of production of broiler chickens fed sorghum or millet as replacement for maize in the semi-arid zone of Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*;1:321–325.

- Nambiar VS, Dhaduk JJ, Sareen N i in. (2011). Potential functional implications of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in health and disease. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 10:62–67.
- Rama Rao SVG, Shyam Sundar AK, Panda MR, i in. (2002). Utilization of different millets replacing maize in coloured broiler chicken diet. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 19(4):353–358.
- Rolbiecki S, Rolbiecki R, Podsiadło C (2008). Porównanie reakcji prosa odmiany Gierczyckie na deszczowanie i nawożenie azotem. *Acta Agrophysica*, 12(1): 153-162.
- Rolbiecki S, Rolbiecki R, Rzekanowski C i in. (2007). Wstępne wyniki badań nad wpływem deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotem na plonowanie prosa odmiany 'Gierczyckie' na glebie bardzo lekkiej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, (1): 179-186.
- Rzeźnicka Z, Kokoszko M (2013). Proso w gastronomii antyku i wczesnego Bizancjum. *Vox Patrum*, 59: 401-419.
- Shobana S, Sreerama YN, Malleshi NG (2009). Composition and enzyme inhibitory properties of finger millet (*Eleusine coracana* L.) seed coat phenolics: mode of inhibition of  $\alpha$ -glucosidase and pancreatic amylase. *Food Chemistry*, 115(4):1268–73.
- Taylor JRN (2004). Millet: in *encyclopaedia in grain science*, vol. 2. London: Elsevier; str: 253–61.
- Wójcik I, Doroszewski A, Wróblewska W i in. (2019). Susza rolnicza w uprawie zbóż jarych w Polsce w latach 2006–2017. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 19: 77–95.
- Ziernicka-Wojtaszek A (2009). Weryfikacja rolniczo-klimatycznych regionalizacji Polski w świetle współczesnych zmian klimatu. *Acta Agrophysica*, 13(3): 803-812.

## **12. Charakterystyka kaktusów z rodzaju *Astrophytum* oraz perspektywa ich mikrorozmnażania**

Characteristics of cacti from the genus *Astrophytum* and the prospect of their micropropagation

Licznarski Piotr, Lema-Rumińska Justyna

Katedra Przyrodniczych Podstaw Rolnictwa i Ogrodnictwa, Pracownia Roślin Ozdobnych i Warzywnych, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy

Opiekun naukowy: dr hab. Justyna Lema-Rumińska, prof. uczelni (lem-rum@utp.edu.pl)

Słowa kluczowe: Cactaceae, rozmnażanie, kultury *in vitro*

### **Streszczenie**

Rodzaj *Astrophytum* składa się z 6 gatunków: *A. asterias*, *A. capricorne*, *A. caput-medusae*, *A. coahuilense*, *A. myriostigma*, *A. ornatum*. Rodzaj ten jest jedną z najbardziej cenionych i pożądanych grup roślin, cenionych przez kolekcjonerów i hodowców na całym świecie. Dodatkowo jest to grupa często zagrożona wyginięciem w środowisku naturalnym. To skłania naukowców do poszukiwania skutecznych metod ochrony tych roślin oraz ich reprodukcji. Kultury *in vitro* niosą za sobą olbrzymi potencjał zarówno dla przechowywania gatunków *ex situ* jak i ich reprodukcji w warunkach laboratoryjnych.

W przeglądzie omówiliśmy poszczególne gatunki kaktusów z rodzaju *Astrophytum*, ich charakterystykę morfologiczną (wraz z bogatą dokumentacją fotograficzną), występowanie oraz metody ich rozmnażania. Największe nadzieje dla rodzaju *Astrophytum* na pozyskiwanie zdrowych roślin w zrównoważony sposób niesie za sobą mikrorozmnażanie, nazywane także rozmnażaniem w szkle, które dokonuje się poprzez klonowanie roślin w ustalonych i ściśle kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Wymaga to jednak opracowania protokołów mikrorozmnażania dla poszczególnych gatunków.

### **1. Wstęp**

Rodzina *Cactaceae* jest dość liczna, składa się z 98 rodzajów i około 1500 gatunków (Barthlott i Hunt 1993). Kaktusy wywodzą się z kontynentu amerykańskiego. Największe zagęszczenie ich występowania notuje się w czterech suchych i prawie pustynnych centrach, z których najważniejsze są położone w północno-centralnym regionie Meksyku, aż po południowo-zachodnią część Stanów Zjednoczonych, a także w suchej i półpustynnej strefie południowo-zachodniej regionu andyjskiego (Rys. 1).

W Meksyku, Argentynie, Peru, Boliwii, Chile i Kostaryce notuje się najwyższy odsetek gatunków endemicznych. Szczególnie bogaty jest w nie Meksyk, gdzie z 600 gatunków aż 80% to gatunki endemiczne. Rejonami Meksyku o wysokiej koncentracji tych gatunków są pustynia Sonora, Dolina Tehuacán-Cuicatlán i Balsas Basin (Hernández i Bárcenas 1995). Około 50% obszaru Meksyku to regiony suche, z tego na 20% z nich opady nie przekraczają 300 mm rocznie (Hernández 2008).

Na terenie Meksyku najcenniejsze kaktusy występują w dużym zagęszczeniu, np. około 59 najcenniejszych gatunków występuje na mniej niż 10 km<sup>2</sup> na terenie pustyni Chihuahuan Desert. Ciągłe odkrywane są nowe gatunki. Wśród nich występują endemity, takie jak: *Ariocarpus*, *Astrophytum*, *Aztekium*, *Geohintonia* i *Turbinocarpus*. Ich występowanie na tak ograniczonym terenie sprawia, że są one ekstremalnie zagrożone wyginięciem (Hernández 2008).

Środowisko, w którym występują kaktusy ukształtowało ich morfologię. Kaktusy należą do bylin o soczystych łodygach i wolnym tempie wzrostu. Charakteryzują się wysoką tolerancją na suszę. Cechy te wpływają na to, że są one cenione przez hodowców jako osobliwości botaniczne oraz za oryginalny i unikatowy wygląd. Prawidłowe nawodnienie jest najważniejszym czynnikiem wzrostu kaktusów, w okresie wegetacyjnym od marca do września. Poszczególne gatunki *Cactaceae*

przybierają rozmaite formy: drzewiaste, krzewiaste, a nawet rozłogowe. Ich łodygi mogą być zdrewniałe lub soczyste. Mogą mieć kształt cylindryczny, kulisty, kolumnowy, podłużny lub o kształcie owalnie spłaszczonym. Ciernie mogą być rozmieszczone równomiernie wokół trzonu lub stanowić wzdłużne żebra.

Ciernie kaktusa są wytwarzane w areolach, czyli wyspecjalizowanych strukturach tkanki merystematycznej. Areole służą do identyfikacji kaktusów. Poza wytwarzaniem cierni, w areolach mają swój początek nowe łodygi i kwiaty. Kwiaty mają pokrój rurkowaty i są wielopłatkowe, są bardzo atrakcyjnie. Poszczególne gatunki różnią się barwą, kształtem wielkością i ilością wytwarzanych kwiatów. Gatunki zakwitające w nocy wytwarzają zwykle kwiaty białe lub z żółtymi i czerwonymi przebarwieniami. Kwiaty gatunków kwitnących w dzień są białe, purpurowe, żółte, pomarańczowe, czerwone lub zielone (Barthlott i Hunt 1993).



Rys. 1. Położenie pustyni Chihuahuan (źródło: [www.nps.gov/whsa/learn/nature/chihuahuan-desert.htm](http://www.nps.gov/whsa/learn/nature/chihuahuan-desert.htm)).

## 2. Opis zagadnienia

Jednymi z najcenniejszych i rzadko występujących przedstawicielami kaktusów jest rodzaj *Astrophytum*, do którego zalicza się sześć gatunków: *A. asterias*, *A. capricorne*, *A. caput-medusae*, *A. coahuilense*, *A. myriostigma*, *A. ornatum*.

*Astrophytum asterias* to gatunek, który jest jednym z najbardziej pożądanym przez producentów i kolekcjonerów na całym świecie, a zarazem gatunków zagrożonych wyginięciem w środowisku naturalnym. Techniki mikrorozmnażania mogą być pomocne zarówno pod względem ochrony *ex situ*, jak i popularyzacji gatunku na rynku, co może zaspokoić potrzeby hodowców kaktusów i kolekcjonerów na całym świecie (Lema-Rumińska i Kulus 2012). *Astrophytum asterias* został pierwotnie zebrany przez Barona von Karwinsky'ego w 1843 roku i opisywany jako *Achinas Echinocactus* przez Józefa Zuccariniego w 1845 (Damude i Poole 1990). Charles Lemaire opisał nowy rodzaj *Astrophytum* w 1868, w którym umieścił *Astrophytum asterias*. Nazwa ta jest powszechnie akceptowana do dziś.

*Astrophytum asterias* (Zucc.) Lem. jest niewielkim kaktusem o kształcie kopyły o wymiarach około 150 x 100 mm o szaro-zielonej barwie. Po około pięciu latach tworzy jasno żółte kwiaty z czerwonymi wnętrzami. W okresie zimowym, gdy jest uspijony, jego kształt przypomina płaski dysk. Najczęściej posiada 8 trójkątnych sekcji, z których każda ma centralnie rozłożony pas wężnych areoli (Rys. 2).

*Astrophytum capricorne*: posiada wydłużony kształt i skręcone, długie ciernie, barwa epidermy jest koloru szaro-brązowego (Rys. 3). Kwiaty często mają czerwone wnętrza.

Stosunkowo niedawno odkryto też nowy gatunek *Astrophytum* o nazwie *A. caput-medusae*. Okazy wyróżniają się od pozostałych *Astrophytum*, na pędach pokrytych drobnymi cierniami przypominającymi włosy wyrastają długie brodawki (Rys. 4). Co do jego pokrewieństwa z *Astrophytum* trwają jeszcze dyskusje.



**Rys. 2.** Przedstawiciel *Astrophytum asterias* w środowisku naturalnym (U.S. Fish and Wildlife Service 2003).



**Rys. 3.** *Astrophytum capricorne* – (bar=1cm, kolekcja własna).



**Rys. 4.** *Astrophytum caput-medusae* – (bar=1cm, kolekcja własna).



*Astrophytum coahuilense* (Rys. 5) jest pozornie podobny do *A. myriostigma*, jednak oba gatunki mają różne kwiaty, owoce oraz nasiona.



**Rys. 5.** *Astrophytum coahuilense* – (bar=1cm, kolekcja własna).

Kolejny gatunek należący do rodzaju *Astrophytum* to *Astrophytum myriostigma*. Jest to sferyczna roślina, pokryta małymi, białobrązowymi wełnistymi areolami wzdłuż grzbietów żeber (Rys. 6). Tworzy żółte kwiaty.



**Rys. 6.** *Astrophytum myriostigma* – (bar=1cm, kolekcja własna).

Młode rośliny *Astrophytum ornatum* posiadają sferyczny kształt, który staje się bliższy kolumnie, gdy roślina dojrzeje. Rośliny pokrywają żebra z poprzecznymi pasmami wełnistych łusek między brązowymi lub żółtymi cierniami (Rys. 7). Kwiaty są żółte.





**Rys. 7.** *Astrophytum ornatum* – (bar=1cm, kolekcja własna).

### 3. Przegląd literatury

*Astrophytum* występuje w barwach od zieleni do brązu, często pokryty jest plamkami z okrywą drobnych białych kłaczek. W okresach wystarczającej wilgotności, okazy *Astrophytum* są zazwyczaj zielone; jednak w czasie suszy kaktus staje się brązowawy i traci swoją pełnię, tak, że zlewa się z podłożem. Kwiaty są żółte, o pomarańczowych centrach i wielkości do 15 centymetrów nieco zasłonięte przez białe wełniane włosy, około 1,25 centymetra długie, owalne i mięsiste. Gdy nasiona dojrzeją są błyszczące i ciemnobrązowe (Benson 1982; Damude i Poole 1990).

*Astrophytum asterias* w naturze kwitną od marca do maja, ich owoce występują od kwietnia do czerwca; możliwe jest również kwitnienie po opadach w miesiącach letnich (Damude i Poole 1990). Kwiaty są prawdopodobnie zapylane przez owady, ale nie zaobserwowano specyficznych zapylaczy.

W naturze gatunki *Astrophytum* występują na niskich wzniesieniach wśród krzewów cierniowych i na murawach w ciepłym subtropikalnym klimacie stepowym w Meksyku i Teksasie. Jest to roślina pożądana i ważna w zbiorach kolekcjonerów (Martinez-Avalos i in. 2007). Rozmnażanie *Astrophytum asterias* nie zostało ostatecznie zbadane w warunkach naturalnych, ze względu na specyficzny mechanizm siewu, nasiona mogą kiełkować bezpośrednio na powierzchni ziemi, na którą opadły. Najlepszym do kiełkowania jest podłożem piaszczyste, lekko zasadowe, zawierające małą ilość materii organicznej, która pozwala roślinom lepiej przeciwstawiać się grzybom atakującym system korzeniowy (U.S. Fish and Wildlife Service 2003). Postępująca degradacja środowiska i siedlisk naturalnego występowania *A. asterias* wypieranego przez konkurencyjne trawy, spowodowało, że gatunek ten został objęty całkowitą ochroną (U.S. Fish and Wildlife Service 2003).

Udokumentowana populacja *A. asterias* w Stanach Zjednoczonych składa się z dwóch subpopulacji liczących z około 2000 osobników zlokalizowanych na obszarze dwudziestu akrów. W obydwu regionach liczebność naturalnej roślinności została znacząco zmieniona. Oryginalną roślinnością tego terenu była bardziej otwarta pustynia lub subtropikalna łąka.

W celu skutecznej ochrony *A. asterias*, istnieje potrzeba rozwoju metod reprodukcji. Do najbardziej obiecujących należą metody mikrorozmnażania (Lema-Rumińska i Kulus 2014).

W XIX wieku nie znano skutecznych metod rozmnażania kaktusów na większą skalę, dlatego tylko nielicznych Europejczyków stać było na zakup importowanych roślin. W następnych dekadach rozwinęły się metody efektywnych metod rozmnażania Cactaceae co spowodowało

większą dostępność tych roślin w handlu. W ostatnich latach uprawa kaktusów przeżywa gwałtowny wzrost. Jak inne rośliny ozdobne kaktusy są rozmnażane zarówno wegetatywnie jak i generatywnie. Pomimo, że rozmnażanie kaktusów z nasion jest proste, to trudność sprawia pozyskanie znacznej ilości nasion, przede wszystkim ze względu na wymagania kaktusów względem warunków potrzebnych do ich kwitnienia i produkcji nasion.

Wśród metod wegetatywnych możliwe są: sadzonki pędowe i liściowe oraz szczepienie na podkładkach. Nie są to metody możliwe i nie są dość efektywne dla wszystkich gatunków.

Tradycyjne metody rozmnażania kaktusów okazują się zbyt powolne, czasochłonne, pracochłonne i kosztowne. Z tych względów coraz więcej uwagi poświęca się doskonaleniu metod mikrorozmnażania kaktusów (Lema-Rumińska i Kulus 2014; Pérez-Molphe-Balch i in. 2015).

Mikrorozmnażanie polega na rozmnażaniu wegetatywnym roślin często z bardzo małych eksplantatów (fragmentów roślin matecznych) na specjalnie dobranych (do konkretnego gatunku) pożywkach w sterylnych warunkach *in vitro*. Umożliwia ono uzyskanie olbrzymich ilości roślin potomnych w krótkim czasie. Dodatkowo uzyskane w wyniku rozmnażania *in vitro* rośliny potomne są jednolite pod względem genetycznym oraz wolne od wirusów. Rozmnażanie w szkle uniezależnia od sezonu wegetacyjnego, co jest szczególnie ważne w przypadku kaktusów (Lema-Rumińska i Kulus 2014).

Mikrorozmnażaniem kaktusów zajmowano się już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Mikrorozmnażanie, jak już wspomniano, pozwala uzyskać miliony osobników z jednej rośliny matecznej. Jest to niewątpliwa zaleta tej metody szczególnie dla rozmnażania gatunków wolno rosnących, a do takich należą kaktusy. W warunkach *in vivo* przyrost wierzchołkowy o długości 1 cm gatunku *Pelecypora aselliformis* (rzadkiego gatunku pochodzącego z Meksyku) zajmuje 3-4 lata w warunkach szklarniowych i ponad 4 lata w naturze (Santos-Diaz i in. 2003).

Niezależnie od wielu zalet, mikrorozmnażanie ma też pewne ograniczenia. Merystemy wzrostowe kaktusów są umiejscowione w areolach, które są bardzo wrażliwe na środki dezynfekujące (Lema-Rumińska i Kulus 2014). Z tej przyczyny kaktusy nie powinny być sterylizowane w roztworze podchlorynu sodu o stężeniu wyższym niż 2% i przez więcej niż 20-25 minut. Szczególnie trudno sterylizuje się te gatunki kaktusów, które charakteryzują się występowaniem licznych włoskowatych lub ligninowatych cierni. W tym przypadku sterylizacja może nie wyeliminować wszystkich niepożądanych w mikrorozmnażaniu mikroorganizmów (grzybów, bakterii) znajdujących się właśnie pod cierniami (El Finti i in., 2012).

Kaktusy także mają bardzo kompaktową morfologię co znacznie utrudnia izolację eksplantatów w porównaniu to innych gatunków. Wiele kaktusów wytwarza duże ilości auksyn w warunkach *in vitro*, stymulujących proliferację kalusa, co może hamować mikrorozmnażanie (Clayton i in., 1990). Innym problemem możliwym do wystąpienia podczas mikrorozmnażania kaktusów jest sekrecja związków fenolowych oraz oksydacja, która powodują nekrozę eksplantatu. Aby pokonać te dwie przeszkody można dodać do pożywki antyoksydanty lub mleko kokosowe (Vidican i Urdea 2011).

*Cactaceae* mogą być rozmnażane w zależności od celu w sposób generatywny i wegetatywny.

Rozmnażanie wegetatywne, które jest powszechnie używane, może być przeprowadzane przez ukorzenianie pojedynczych lub wielokrotnych łodyg (Lazcano i in. 1999), niewielkich fragmentów z łodyg lub przy użyciu owoców jak i diaspor. Wszystkie te metody są skuteczne i łatwe do przeprowadzenia. Jednak ceny kaktusów są relatywnie wysokie i wymagają dużych przestrzeni dla rozmnażania. Inne dostępne metody bezpieczne obejmują apomiksję (Mondragon, 2001), szczepienie (Jeong i in. 2004), micrografting (Estrada-Luna i in. 2002) i uprawę tkankową (Lema-Rumińska i Kulus 2014; Pérez-Molphe-Balch i in. 2015).

Największe nadzieje na pozyskiwanie zdrowych roślin w zrównoważony sposób dla rodzaju *Astrophytum* niesie za sobą mikrorozmnażanie, nazywane także rozmnażaniem w szkle, które dokonuje się poprzez klonowanie roślin w ustalonych i ściśle kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Eksplantaty, po wcześniejszej sterylizacji, umieszcza się na specjalnie dobranych do gatunku i rodzaju eksplantatu pożywkach w sterylnych warunkach. Rośliny uzyskane jako potomne wyrastają z bardzo niewielkich fragmentów tkanek, a nawet pojedynczych komórek, pobieranych

z rośliny matecznej. Metody *in vitro* umożliwiają uzyskanie nieporównywalnie większej liczby roślin potomnych. Rozmnażanie *in vitro* posiada też przewagę pod względem jakości uzyskanych roślin potomnych (Lema-Rumińska i Kulus 2014), jednak wymaga opracowania szczegółowych protokołów dla poszczególnych gatunków.

#### 4. Podsumowanie

Jednymi z najcenniejszych i rzadko występujących w środowisku naturalnym przedstawicielami kaktusów jest rodzaj *Astrophytum*, do którego zalicza się sześć gatunków: *A. asterias*, *A. capricorne*, *A. caput-medusae*, *A. coahuilense*, *A. myriostigma*, *A. ornatum*. Wszystkie gatunki są pożądane i cenione przez kolekcjonerów i hodowców kaktusów na całym świecie. Aby chronić populacje tych kaktusów występujące w środowisku naturalnym oraz zaspokoić rosnące potrzeby rynku konieczne jest opracowanie skutecznych metod rozmnażania tych cennych kaktusów w warunkach laboratoryjnych. Jest to możliwe dzięki nowoczesnym metodom regeneracji tkanek w warunkach *in vitro*.

#### 5. Literatura

- Barthlott T, Hunt D (1993) Cactaceae. p. 161-165. In: Kubitzki, K.; Rohwer, J.; Bittrich, V., eds. The family and genera of vascular plants. II. Dicotyledons. Springer, New York, NY, USA.
- Benson L (1982) The Cacti of the United States and Canada. Stanford University Press, Stanford, California.
- Clayton PW, Hubstenberger JF, Phillips CG (1990). Micropropagation of members of the Cactaceae subtribe Cactinae. J. American Society for Hort. Sci. 115: 337-343.
- Damude N, Poole J (1990) Status report on Echinocactus asterias (*Astrophytum asterias*). U.S. Fish and Wildlife Service, Albuquerque, New Mexico. Micropropagation *in vitro* of *Opuntia ficus-indica* in south of Morocco. International Journal of Chemical and Biochemical Science 1:6-10.
- Estrada-Luna AA, Marinez-Hernandez JJ, Torres-Torres ME et al. (2008) *In vitro* micropropagation of the ornamental prickly pear cactus *Opuntia lanigera* Slam-Yack and effects of sprayed GA<sub>3</sub> after transplantation to *ex vitro* conditions. Scientia Horticulturae 117: 378-385.
- Escobar HA, Villalobos VM, Villegas A (1986) *Opuntia* micropropagation by axillary proliferation. Plant Cell Tissue Org. Cult, 7: 269-277.
- El Finti A, El Boullani R, El Ayadi F et al. (2012) Micropropagation *in vitro* of *Opuntia ficus-indica* in south of Morocco. International Journal of Chemical and Biochemical Science 1: 6-10.
- Hernández HM (2008) Rere cacti and the need to protect Mexican drylands. The nature of drylands. One Union - a wealth of expertise on drylands, IUCN: 26.
- Hernández HM, Bárcenas RT (1995) Endangered cacti in the Chihuan desert. I. Distribution patterns. Conservation Biology 9: 1176-1188.
- Jeong IM, Cho HC, Lee JM (2004) Production and breeding of cacti for grafting in Korea. Chronica Horticulturae 44: 7-10.
- Lascano CA, Davies FT, Estrada-Luna AA et al. (2001) Effect of Auxin and Wounding on Adventitious Root Formation of Prickly-pear Cactus Cladodes. HortTechnology 9(1): 99-102.
- Lema-Rumińska J, Kulus D (2012) Induction of somatic embryogenesis in *Astrophytum asterias* (Zucc.) Lem. in the aspect of light conditions and auxin 2,4-D concentrations. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 11(4): 77-87.
- Lema-Rumińska J, Kulus D (2014) Micropropagation of cacti - a review. Haseltonia 19: 46-63.
- Martinez-Avalos JG, Golubov J, Mandujano MC et al. (2007) Causes of individual mortality in the endangered star cactus *Astrophytum asterias* (Cactaceae); The effect of herbivores and disease in Mexican populations. J. Arid. Environm. 71: 250-258.
- Mondragon JC (2001) Verification of the apomictic origin of cactus pear (*Opuntia* spp. Cactaceae) seedlings of open pollinated and crosses from central Mexico. J.PACD: 49-55.

- Pérez-Molphe-Balch E, Santos-Díaz MS, Ramírez-Malagón R et al. (2015) Tissue culture of ornamental cacti. *Scientia Agricola* 72, 6: 471-563.
- Santos-Díaz MS, Mendez-Ontiveros R, Arredondo-Gomez A (2003) In vitro organogenesis of *Pelecypora aselliformis* Erhenberg (Cactaceae). *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant* 39: 480–484.
- U.S. Fish and Wildlife Service (2003) Recovery plan for star cactus (*Astrophytum asterias*). U.S. DOI Fish and Wildlife Service, Albuquerque, New Mexico.
- Vidican IT, Urdea O (2011) Study on the regenerative capacity and organogenesis of *Aylosterabeliosa* (Speg.) explants, in the presents of 2,4-dicholorophenoxyacetic acid (2,4-D) in culture medium. *Analele Universitatiidin Oradea–Fascicula Protectia Mediului* 17: 305-312.
- Źródła internetowe:  
[www.nps.gov/whsa/learn/nature/chihuahuan-desert.htm](http://www.nps.gov/whsa/learn/nature/chihuahuan-desert.htm)

### **13. Kierunki i metody hodowli kaktusów z rodzaju *Astrophytum***

Directions and methods of breeding of cacti from the *Astrophytum* genus

Licznierski Piotr, Lema-Rumińska Justyna

Katedra Przyrodniczych Podstaw Rolnictwa i Ogrodnictwa, Pracownia Roślin Ozdobnych i Warzywnych, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy

Opiekun naukowy: dr hab. Justyna Lema-Rumińska, prof. uczelni (lem-rum@utp.edu.pl)

Słowa kluczowe: *Cactaceae*, hodowla roślin, mutacja, chimera

#### **Streszczenie**

Hodowla połączona z selekcją daje możliwość otrzymania roślin o cechach poszukiwanych przez producentów oraz kolekcjonerów. Wszystkie rośliny powszechnie uprawiane mają długą historię hodowli i selekcji, które nadały im obecny wygląd i właściwości. W wyniku hodowli twórczej, która polega na krzyżowaniu osobników należących do odrębnych rodzajów czy różnych gatunków uzyskano odpowiednio mieszańce międzyrodzajowe oraz - międzygatunkowe, z których przez zastosowaną odpowiednią selekcję powstały nowe odmiany. W ostatnich latach rozwija się także hodowla radiomutacyjna roślin ozdobnych, także kaktusów, które cieszą się dużą popularnością w handlu detalicznym oraz kolekcjonerskim. Na szczególną uwagę zasługuje zastosowanie mutagenyzy, która za pomocą czynników chemicznych lub fizycznych umożliwia otrzymanie nowych odmian roślin o niespotykanych cechach jakościowych. W niniejszym przeglądzie zostały przedstawione kierunki hodowli roślin kaktusów z rodzaju *Astrophytum* oraz stosowane metody hodowli w celu uzyskania osobników o nowych cechach.

#### **1. Wstęp**

Wszystkie organizmy żywe, w tym także rośliny uprawne, zawdzięczają swoją zmienność dzięki występowaniu mutacji. Większość mutacji w środowisku naturalnym ma charakter recesywny i stosunkowo niską częstotliwość rzędu  $10^{-5}$  -  $10^{-8}$ /locus (van Harten 1998). Dzięki występowaniu mechanizmów naprawczych DNA o wysokiej efektywności, mutacje spontaniczne zachodzą stosunkowo rzadko (Węgleński 1998). Od czasów starożytnych mutacje spontaniczne znalazły zastosowanie w ogrodnictwie oraz rolnictwie, gdy nasi przodkowie po raz pierwszy wybierali pewne rośliny rosnące w środowisku naturalnym w celu ich uprawy. Następnie dokonując selekcji, ludzie zapoczątkowali pozyskiwanie nowych odmian roślin o cechach różniących się od „dzikich form”. Mutanty, często spontaniczne (tzw. sporty) w trakcie procesu udomowienia były dobierane w sposób niezupełnie świadomy (Spasibionek 2002). Pierwotnie więc sama hodowla była pewnego rodzaju sztuką, gdzie w dużej mierze, w zależności od umiejętności, wybierano bardziej reprezentatywne rośliny. W tamtych czasach wiedza na temat hodowli, genetyki, wpływie czynników zewnętrznych na rośliny była znikoma (Nowakowska 2002; Spasibionek 2002; Degefa 2019). Obecnie hodowla koncentruje się na poprawie składu genetycznego w ulepszenia danych gatunków czy odmian, a jest możliwa dzięki istnieniu zmienności. Polega ona na manipulacji systemem biologicznym, który w naturalnych warunkach wymaga nawet kilku-kilkunastu pokoleń, aby otrzymać satysfakcjonujące rezultaty w nieustannie zmieniających się warunkach (Degefa 2019).

Pojęcie „hodowla mutacyjna roślin” została zdefiniowana przez środowiska naukowe na różne sposoby. Po raz pierwszy pojęcie to pojawiło się w latach pięćdziesiątych i dotyczyło wypracowanych systemów postępowania podczas trwania różnych etapów programów hodowlanych, które wykorzystywały zjawisko mutacji (Nowakowska 2002). Hodowla mutacyjna roślin jest skutkiem ewolucji roślin kierowanej przez człowieka, przy czym poprzez celową indukcję wzrasta częstotliwość mutacji lecz charakter zmian pozostaje taki jaki zachodzi w środowisku naturalnym (Broertjes i in. 1980).

Wraz z rozwojem nauki, obecnie hodowla roślin zaczęła opierać się na metodach obejmujących wiele dyscyplin naukowych, takich jak m. in.: botanika, genetyka i cytogenetyka,

fizjologia, biochemia, a szczególnie biotechnologia roślin. Nowoczesna hodowla jest ukierunkowana na stosowanie zaawansowanych metod biotechnologicznych, które umożliwiają bezpośrednie uzyskanie wcześniej wyznaczonych celów oraz przekroczenie cech uprzednio warunkowanych genotypem czy ominięcie barier krzyżowalności (Schum 2003).

Wiele roślin ozdobnych, powstałych w wyniku hodowli, cieszy się dużym zainteresowaniem w handlu detalicznym oraz sprzedaży kolekcjonerskiej (Rys. 1). Kaktusy należą do roślin ozdobnych które, ze względu na łatwość w uprawie, mnogość kształtów oraz barw, a także duże możliwości w tworzeniu nowych form, stały się interesującym materiałem hodowlanym (Lema-Rumińska i Kulus 2012).



**Rys. 1.** Mieszaniec *A. caput-medusae* × *A. coahuilense* uzyskany na drodze krzyżowania z użyciem dodatkowego czynnika chemicznego (kwasu cytrynowego) pozwalającego na zapylenie gatunków nie krzyżujących się w naturalny sposób (bar=1cm, kolekcja własna).

## 2. Opis zagadnienia

Jednym z najbardziej cenionych i rzadko spotykanych przedstawicieli rodziny *Cactaceae* w środowisku naturalnym jest rodzaj *Astrophytum*. W obrębie tego rodzaju wyróżnianych jest sześć gatunków: *A. asterias*, *A. capricorne*, *A. caput-medusae*, *A. coahuilense*, *A. myriostigma* oraz *A. ornatum* (Vázquez-Lobo i in. 2015).

Kaktusy z rodzaju *Astrophytum* to jedne z najtrudniejszych w uprawie gatunków. Wymagają one przepuszczalnej, mineralnej lekko kwaśnej gleby marglowej (pH wynoszące około 6,5), która jest bogata w składniki pokarmowe, szczególnie w pierwiastki takie jak potas oraz wapń. Minimalna temperatura dla kaktusów wynosi ok. +/- 3°C (Fleischer i Schutz 1978, Hinz i Abramowicz 1986). Kaktusy z tego rodzaju są wrażliwe na zbyt wysoką wilgotność gleby. Ponadto rośliny te posiadają stosunkowo kruche korzenie, które z łatwością można uszkodzić w sposób mechaniczny. Kaktusy z rodzaju *Astrophytum* znacznie lepiej funkcjonują podczas niedoboru wody niż w przypadku jej nadmiaru. Bardzo ważną kwestią jest także nasłonecznienie, które jest niezbędne do kwitnienia



kaktusów (Fleischer i Schutz 1978). Istnieje więc stosunkowo duże pole manewru w hodowli komercyjnej w celu udoskonalenia roślin do produkcji masowej. Niestety, jest niewiele doniesień naukowych na temat metod hodowli kaktusów z rodzaju *Astrophytum*.

W zależności od grupy docelowej do której jest kierowana, hodowla roślin ozdobnych (w tym kaktusów) ukierunkowana jest na komercję (handel detaliczny, masowy) oraz pojedyncze egzemplarze kolekcjonerskie. Hodowla komercyjna roślin odegrała istotną rolę w polepszeniu produktywności, jakości, zwiększaniu odporności na choroby oraz szkodniki, tolerancji na stres środowiskowy, udoskonalaniu możliwości adaptacyjnych roślin uprawnych w stosunku do gatunków „dzikich” oraz w powstawaniu nowych cech morfologicznych (zmiana, barwa, kształtu i wielkości). Powstałe udoskonalenia mogą mieć znaczenie lokalne, regionalne czy nawet globalne (Degefa 2019). Hodowla kolekcjonerska opiera się na tworzeniu egzemplarzy wyjątkowych i rzadkich, które nie są powszechnie spotykane w obrocie komercyjnym.

Hodowcy różnymi metodami zmieniają fenotyp danej rośliny poprzez zmiany w jej genach. Widoczne zróżnicowanie cech morfologicznych (barwa, wielkość) to przejaw zmienności genetycznej (Rys. 2.).



**Rys. 2.** Modyfikacje morfologiczne kaktusów z rodzaju *Astrophytum* powstałe w wyniku hodowli (bar=1cm, kolekcja własna).

### 3. Przegląd literatury

Celem hodowli komercyjnej jest uzyskanie gatunków i odmian o walorach estetycznych, które są lepsze pod względem jakościowym od roślin wyjściowych. Pojęcie „jakość” może oznaczać cechy morfologiczne takie jak: wysokość pędu, jego barwa, kształt, tekstura (obecność włosków, łusek etc.), a nawet kwiatów, a ponadto szybkość wzrostu oraz inne wartości użytkowe. U kaktusów barwa oraz kształt pędu odgrywają bardzo ważną rolę dla konsumentów (Spasibionek 2002, Degefa 2019).

Istotnym aspektem jest również poprawa odporności na choroby i szkodniki, gdyż prawie wszystkie rośliny są narażone na ich działanie (w przypadku kaktusów z rodzaju *Astrophytum* jest

duże narażenie na występowanie - mszyc korzeniowych i wełnowców). Ponadto w hodowli komercyjnej zwraca się szczególną uwagę na wzrost tolerancji na występujący stres środowiskowy (suszę, wysokie zasolenie) i adaptację (aklimatyzację) do nowych warunków środowiskowych, takich jak: wzrost i spadek temperatury, zmiana wilgotności, fotoperiodu, warunków glebowych (Degefa 2019).

W przypadku hodowli kolekcjonerskiej, istotne znaczenie mają niespotykane, oryginalne zmiany morfologiczne, w wyniku której uzyskuje się egzemplarze o oryginalnych kształtach, zmodyfikowanych barwach czy teksturze - tzw. superelity i elity hodowlane (Rys. 3 i Rys. 4).

Szczególne znaczenie dla kolekcjonerów mają także chimery (Filipiak 2008, Lema-Rumińska i Kulus 2012).

Pojęcie „chimera” w stosunku do roślin zostało po raz pierwszy użyte przez niemieckiego botanika H. Winklera w celu scharakteryzowania roślin, które z jednego pnia wytwarzały pędy-gałęzie, które należały do dwóch różnych rodzajów, gatunków bądź odmian. Określił on chimery jako organizmy roślinne, które powstały z genetycznie odmiennych komórek bez ich zlania się (Wóycicki 1958). Współcześnie definicja chimery określa roślinę, która składa się z tkanek co najmniej dwóch genotypów osobniczych. Chimera powstaje w wyniku szczepienia, jak również mutacji (Tilney-Bassett 1986). Wyróżnia się chimery peryklinalne (zmieniona jest warstwa okrywająca obejmująca warstwę L1), meryklinalne (występująca zmiana jedynie w określonym obszarze, nie zmienia rdzenia), sektorialne (zmiana tkanek znajdujących się obok siebie, zajmujące całe sektory, obejmujące warstwy L1, L2, L3) (Van Harten 1998).



**Rys. 3.** Spontaniczny czerwony mutant (strzałka) tzw. sport u *A. asterias* 'Purple' (bar=1cm, kolekcja własna).

W niektórych przypadkach jakiś pęd bądź jej sektor posiadał odrębny od całości wygląd. Niekiedy podczas szczepień powstały rośliny, z której wzięto tzw. „zraz” i inną, z której uzyskano „podkładkę”. Rośliny te określono mianem: „zraz szczepionkowy” (Wóycicki 1958).

Z roślinami takimi mieli do czynienia niekiedy ogrodnicy oraz dendrolodzy, gdy dwa różne gatunki bądź rodzaje były szczepione ze sobą w celu uzyskania roślin silniej rosnących, długowiecznych lub posiadających nowe, oryginalne formy.

W wyniku hodowli twórczej, która polega na krzyżowaniu osobników należących do całkiem odrębnych gatunków uzyskano mieszańce międzygatunkowe (Rys. 5). Mieszańce takie



powstają poprzez krzyżowanie najpierw dwóch różnych gatunków, a następnie ich potomstwa z kolejnym gatunkiem.



**Rys. 4.** Chimera powstała po zaszczepieniu (apolarnym) hypokotyłu *A. caput-medusae* na podkładce *A. ornatum* (bar=1cm, kolekcja własna).



**Rys. 5.** Krzyżówki wielogatunkowe: *A. capricorne* × *A. asterias* × *A. ornatum* (bar=1cm, kolekcja własna).

Hodowla mutacyjna oparta jest na zmianach w obrębie DNA, czyli mutacjach. Określenie „mutacja” oznacza stałe, dziedziczne zmiany w sekwencji DNA, które są wynikiem błędu w replikacji lub działaniem czynników chemicznych lub fizycznych (Nowakowska 2002, Pathirana 2011). Wprowadzona zmiana (nawet jednokrotnie) jest powielana w czasie replikacji oraz przenoszona do komórek potomnych w trakcie trwania podziałów komórkowych. Mutacja powoduje zmiany w sekwencji aminokwasów, wpływając przez to na funkcje białek. Dzięki temu powstaje fenotyp odmienny (mutant) niż fenotyp charakterystyczny dla danego gatunku (typ „dziki”) (Nowakowska 2002). Mutacje mogą występować w formach mutacji punktowych, chromosomowych oraz genomowych.

Mutacje genowe (punktowe) polegają na zmianie pojedynczej zasady w danej sekwencji nukleotydów. Należy zaznaczyć, iż wpływ na białko mają tylko zmiany w rejonach kodujących. Mutacje genowe opierają się na zmianie zasad typu: tranzycja (np. zamiana puryna-puryna) oraz transwersją (np. pirymidyna zostaje zastąpiona puryną i odwrotnie) (Nowakowska 2002).

Mutacje chromosomowe (aberracje chromosomowe) opierają się na zmianach w strukturze chromosomów, (delecje - utrata odcinka chromosomu a także informacji genetycznej, deficyjne - strata końcowego odcinka chromosomu, duplikacje - podwojenie danej części chromosomu, inwersje - odwrócenie odcinka chromosomu i kolejności zawartych tam genów, translokacje - przeniesienie fragmentu chromosomu w nowe miejsce i zmiana pozycji określonych genów). Aberracje chromosomowe wywołują przeważnie całkowitą utratę aktywności biologicznej białka, które jest kodowane. Mutacje chromosomowe zachodzą w obrębie samych chromosomów (obejmujące jedno ramię - paracentryczne lub oba - pericentryczne) oraz między chromosomami (mogą dotyczyć chromosomów homologicznych - allelosomowe lub chromosomów niehomologicznych - heterochromosomowe). Delecje i inwersje są zmianami wewnątrzchromosomowymi, a duplikacje i translokacje mogą występować jako zmiany zarówno między - jaki i zewnątrzchromosomowe (Nowakowska 2002)

Mutacje genomowe natomiast związane są ze zmianą liczby całych chromosomów, powodujące powstanie komórek lub organizmów heteroploidnych (poliploidy lub aneuploidy) w porównaniu z liczbą genomów właściwą dla danego gatunku (Nowakowska 2002).

Mutacje spontaniczne zachodzą stosunkowo rzadko. Częstość powstawania mutacji można jednak bardzo istotnie zwiększyć, poprzez działanie na komórki a nawet całe organizmy mutagenami: zewnętrznymi czynnikami chemicznymi i fizycznymi, które wywołują liczne oraz różnorodne uszkodzenia w strukturze DNA (Węgleński 1998, Nowakowska 2002).

Do czynników mutagennych fizycznych zalicza się promieniowanie jonizujące (X, alfa, beta, gamma, protony oraz neutrony (które są uwalniane przez radioaktywne izotopy pierwiastków), a także promieniowanie niejonizujące - ultrafioletowe (UV) (Rogalska i in. 1999, Nowakowska 2002, Spasibionek 2002, Kuczarski i in. 2018).

Promieniowanie jonizujące, które posiadają dużo energii (X oraz gamma) ma zdolność do penetracji w głąb tkanek i wzbudzania atomów napotkanych cząsteczek a także uwolnienia elektronów i pozostawienia dodatnio naładowanych wolnych rodników. Wspomniane rodniki wchodzi w reakcję z innymi cząsteczkami, doprowadzając do rozchwiania równowagi energetycznej w tkance i powoduje wtórny efekt, który uszkadza strukturę DNA. Efekty działania promieni jonizujących na helisę DNA mogą być bezpośrednie (wynikają z bezpośredniego oddziaływania promieniowania z występującymi składnikami DNA) oraz pośrednie (polegają na reakcji w wolnych rodnikami). Oba rodzaje efektów działania prowadzą do pęknięć w co najmniej jednej nici dając początek aberracji chromosomowym. Stosowane dawki promieniowania jonizującego wynoszą od 500 do 2500 radów (wartość jest zależna od gatunku a nawet odmiany rośliny oraz rodzaju eksplantatu i zastosowanych warunków *in vitro/ ex vitro*. W przypadku gdy zostanie zastosowany eksplantat liściowy - uzyskuje się formę jednorodną tkankową, gdyż cała zregenerowana roślina (pęd przybyszowy) pochodzi z jednej tylko komórki, natomiast gdy wykorzystana jest merystem - powstanie chimera (Rogalska i in. 1999, Zalewska i in. 2007). Podczas rozwoju rośliny poddanej promieniowaniu, na drodze selekcji wewnątrz-somatycznej dochodzi do eliminacji zmutowanych komórek w głębszych warstwach tkanek dzięki występowaniu szybko dzielących się oraz żywotniejszych, niezmutowanych komórek (Van Harten 1998). Tylko nieliczne zmienione komórki

mają szansę przeżyć i dać początek nowemu, zmienionemu pędowi. Coraz większe znaczenie w hodowli kaktusów zyskuje indukowana mutagenеза ukierunkowana na tworzenie form bezchlorofilowych. Formy nie zawierające chlorofilu o barwach: białych, żółtych, pomarańczowych czy czerwonych wymagają szczepienia na podkładkach, gdyż nie mogą istnieć samodzielnie (Rys. 6.).



**Rys. 6.** Efekty hodowli radiomutacyjnej u *Astrophytum asterias*, indukowany żółty mutant wskazany strzałką (badania własne) (bar=1cm).

Promieniowanie niejonizujące (ultrafioletowe) o długości fali 260 nm, ma mniejszą energię i wnika stosunkowo płycej, penetrując wyłącznie wierzchnie warstwy komórek organizmów. Promieniowanie to wnikać w tkanki roślinne, rozprasza swoją energię w zetknięciu się z innymi atomami. Promieniowanie UV wyrzuca elektrony z zewnętrznych orbit na wyższy poziom energetycznym. Zjawisko to określa się mianem „wzbudzenie”. Częsteczki w stanie wzbudzonym wykazują większą aktywność chemiczną oraz reagują z atomami cząsteczki DNA, prowadząc do powstania w niej mutacji (Rogalska i in. 1999, Winter i in. 2000).

Innymi czynnikami fizycznymi wywołującymi mutacji są: ultradźwięki o częstotliwości (500-2000 kHz), prowadzące do fragmentacji DNA oraz ciepło (indukujące mutacje punktowe).

Do mutagenów chemicznych zalicza się czynniki alkilujące. Mają one jedną lub więcej grup alkilowych, które reagują z zasadami purynowymi oraz pirymidynowymi a także grupami fosforanowymi DNA i w konsekwencji prowadzą do przerwania ciągłości DNA. Alkilacja zasad azotowych powoduje zmianę powinowactwa do zasad, z którymi normalnie tworzą pary. Tolerowanie takich błędów przez komórkę doprowadza w konsekwencji do powstawania mutacji. Wśród mutagenów chemicznych do najsilniejszych zalicza się m.in.: metanosulfonian etylu, siarczan dietylowy, etyloimina, azydek sodu (Rogalska i in. 1999, Nowakowska 2002).

Innymi mutagenami chemicznymi są analogi zasad (struktury podobne do zasad znajdujących się w DNA i mogących być wbudowywanych przez DNA podczas trwania replikacji np. 5-bromouracyl), czynniki interkalujące (płaskie cząsteczki, które zaburzają replikację DNA przez „wślizgiwanie” się pomiędzy pary zasad, wbudowywanie kolejnego nukleotydu, powodującego oddalenie się od siebie par zasad i przesunięcie ramki odczytu; np. bromek etyldyny) czy kwas azotawy (wywołujący dezaminację cytozyny do uracylu lub adeniny do hipoksantyny (Winter i in. 2000).

Hodowla mutacyjna składa się z kolejno następujących po sobie etapów:

- wyboru materiału roślinnego (całe rośliny, nasiona, ziarna pyłku);

- sposobu traktowania czynnikiem mutagenym (istotne znaczenie ma stężenie lub moc zastosowanego czynnika mutagenego i czas jego ekspozycji);
- regeneracja w warunkach zapewniających optymalizację procesu
- selekcja określonych fenotypów
- tworzenie odmian;
- hodowla zachowawcza.

Istotnym narzędziem w hodowli mutacyjnej są techniki „*in vitro*”. Umożliwiają one traktowanie czynnikiem mutagenym dużych populacji a także otrzymaniem bardzo szerokiego spektrum zmienności genetycznej. Dzięki połączeniu hodowli mutacyjnej z kulturami *in vitro* istnieje możliwość szybkiego rozmnażania szczegółowo wyselekcjonowanych genotypów w ściśle kontrolowanych warunkach, które są wolne od patogenów. W przypadku kaktusów z rodzaju *Astrophytum* dogodnym eksplantatem wydają się być nasiona, które po sterylizacji inokuluje się na pożywki w kulturach *in vitro* i bezpośrednio otrzymuje się mutanty (wyniki własne, niepublikowane). Zmodyfikowane odmiany roślin mogą być uzyskane bezpośrednio po traktowaniu mutagenem jak również poprzez krzyżowanie ze zmutowanymi roślinami (Nowakowska 2002).

#### 4. Podsumowanie

Celem hodowli twórczej u kaktusów z rodzaju *Astrophytum* jest uzyskanie nowych form roślin o zmienionych cechach. Kierunki zmian dotyczą przede wszystkim barwy i kształtu pędu oraz jego tekstury (występowania włosków, łusek etc.) oraz innych cech. Cele te można uzyskać stosując różne metody hodowli twórczej. Jedną z najpopularniejszych metod jest krzyżowanie oraz selekcja. Istotne znaczenie ma także tworzenie chimer, które uzyskuje się w wyniku mutacji lub szczepienia. Szczególnie cenne są formy bezchlorofilowe, które nie mogą istnieć samodzielnie, lecz muszą być szczepione na podkładkach zawierających chlorofil. W tworzeniu takich form coraz większe znaczenie ma hodowla radiomutacyjna i wykorzystanie narzędzi biotechnologicznych.

#### 5. Literatura

- Broertjes C, Koene P, van Harten J (1980) A mutant of a mutant of a mutant of a...: Irradiation of progressive radiation-induced mutants in a mutation-breeding programme with *Chrysanthemum morifolium* Ram. *Euphytica* 29: 525-530.
- Degefa I (2019) Plant Breeding Methods: In Brief for Students. *International Journal of Agriculture & Agribusiness* 3(2): 156-203.
- Filipiak T (2008) Efektywność hodowli roślin rolniczych w spółkach ANR. *Roczniki Nauk Biologicznych* 95(1): 150-157.
- Fleischer Z, Schütz B (1978) Kaktusy. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Hinz S, Abramowicz M (1986) Uprawa Kaktusów, Wydawnictwo Glob, Szczecin
- Kuczerski K, Nawrocka K, Wiśniewska A (2018) Mutanty w badaniach funkcji genów roślin. *Postępy Biologii Komórki* 45(1): 45-62.
- Lema-Rumińska J, Kulus D (2012) Induction of somatic embryogenesis in *Astrophytum asterias* (Zucc.) Lem. in the aspect of light conditions and auxin 2,4-D concentrations. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 11(4): 77-87.
- Nowakowska J (2002) Mutageniza i jej zastosowanie w badaniach nad roślinami oleistymi. *Rośliny Oleiste* 23: 547-559.
- Pathirana R (2011) Plant mutation breeding in agriculture. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 6(32): 1-20.
- Rogalska S, Małuszyńska J, Olszewska M (1999) Podstawy cytogenetyki roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Schum A (2003) Mutation breeding in ornamentals: an efficient breeding method? *Acta Hort.* 612: 47-60.
- Spasibonek S (2002) Znaczenie mutagenyzy w tworzeniu nowych genotypów roślin oleistych o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste* 23: 533-546.
- Tilney-Bassett R (1986) *Plant Chimeras*. Edward Arnold, London.

- Van Harten A (1998) Mutation Breeding: Theory and Practical Applications. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Vázquez-Lobo A, Aguilar Morales G, Arias S, Golubov J, Hernández-Hernández T, Mandujano M (2015) Phylogeny and biogeographic history of *Astrophytum* (Cactaceae). *Systematic Botany* 40(4): 1022-1030.
- Węgleński P (1998) Genetyka molekularna. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Winter P, Hickey G, Fletcher H (2000) Krótkie wykłady – Genetyka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Wóycicki S (1958) Chimery (mieszańce szczepionkowe) w świetle najnowszych badań. *Wiadomości Botaniczne* 2(3): 129-140.
- Zalewska M, Lema-Rumińska J, Miler N (2007) In vitro propagation using adventitious buds technique as a source of new variability in chrysanthemum. *Scientia Horticulturae* 113: 70–73.