

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE

AGNIESZKA RYBCZYK

**Analiza wybranych cech biologicznych, morfologicznych
i genetycznych dorsza (*Gadus morhua* L., 1758)
z Morza Północnego, występującego
w różnych wariantach ubarwienia ciała**

Szczecin 2018

Spis treści

1. Wstęp	5
2. Charakterystyka gatunku <i>Gadus morhua</i>	7
2.1. Stanowisko systematyczne	7
2.2. Zasięg i występowanie	7
2.3. Morfologia.....	8
2.4. Charakterystyka biologiczna	8
3. Materiał	13
4. Charakterystyka rejonu pobierania prób	15
5. Metody	17
5.1. Określenie wieku ryb	17
5.2. Kondycja ryb	17
5.3. Tempo wzrostu długości ciała ryb	18
5.4. Skład pokarmu ryb	18
5.5. Cechy mierzalne	18
5.6. Cechy merystyczne	19
5.7. Badania genetyczne	19
5.8. Analiza statystyczna	20
6. Wyniki	23
6.1. Charakterystyka dorszy brązowych	23
6.1.1. Rozkład długości ciała i wieku	23
6.1.2. Kondycja ryb	24
6.1.3. Tempo wzrostu długości ciała	25
6.1.4. Pokarm i odżywianie się	25
6.1.5. Cechy mierzalne	26
6.1.6. Cechy merystyczne	27
6.2. Charakterystyka dorszy czerwonych	27
6.2.1. Rozkład długości ciała i wieku	27
6.2.2. Kondycja ryb	28
6.2.3. Tempo wzrostu długości ciała	28
6.2.4. Pokarm i odżywianie się	29
6.2.5. Cechy mierzalne	30
6.2.6. Cechy merystyczne	31
6.3. Charakterystyka dorszy o standardowym ubarwieniu	31
6.3.1. Rozkład długości ciała i wieku	31
6.3.2. Kondycja ryb	31
6.3.3. Tempo wzrostu długości ciała	32
6.3.4. Pokarm i odżywianie się	33
6.3.5. Cechy mierzalne	34
6.3.6. Cechy merystyczne	34
6.4. Charakterystyka porównawcza wybranych cech dorszy atlantyckich z Morza Północnego w trzech wariantach ubarwienia	34
6.4.1. Cechy zewnętrzne	34
6.4.2. Tempo wzrostu długości ciała	36
6.4.3. Pokarm i odżywianie się	37
6.4.4. Badania genetyczne	37
6.4.5. Cechy merystyczne	39

6.4.6. Analiza dyskryminacyjna	40
7. Dyskusja	43
8. Wnioski	53
Załącznik	55
Piśmiennictwo	85
Summary	95
Zusammenfassung	97

Summary

Analysis of selected biological, morphological and genetic characteristics of North Sea cod (*Gadus morhua* L., 1758) found in different variants of body colouration

Due to the unique nature of the research material, the research results presented in this study are innovative. They are the result of a comprehensive comparative analysis of the selected characteristics of the cod with a different body colouration, carried out for the first time in Poland and Europe.

Predominant in the examined sample of the cod with the brown colouration was the fish of the class with the total length of TL 45.1–55.0 cm (44.9% of the sample), which belonged to the fifth age group. The most individuals of the fish with the red colouration were found in the second age group, in the classes with the length of 25.1–35.0 cm and 35.1–45.0 cm. The cod with the standard colouration of the body was the most numerous in the third age group in the classes with the length of 35.1–45.0 cm. Taking into account the results obtained from backward readings, it was found that the largest annual increases were achieved by the cod with the standard colouration, while the increases of the cod with brown and red colouration were similar.

The comparison of the increase in the length of the studied fish, calculated with the use of the von Bertalanffy model, showed the fastest growth of the cod with the standard body colouration and the slowest growth of the cod with the brown colouration. The brown cod achieved also the smallest value of the asymptotic length.

The von Bertalanffy model was a well-chosen mathematical equation – the obtained theoretical lengths in all variants of the cod colouration coincided with the results of the backward readings.

The food composition of the cod researched was similar. In case of the brown and red cod, a greater share of invertebrates was observed, especially in the last classes of the length, while the food of the fish of the standard colouration of the last classes of the length consisted almost exclusively of fish. For all individuals, regardless of the colouration of the skin, along with the increase in their length, the proportion of fish in the diet increased and the number of invertebrate organisms decreased.

Although the nutrients found in the stomachs of the fish researched were similar, however, depending on the form of colouration and the class of the length, their share in the food mass was different. Therefore, the composition of the food was considered as the main cause of the different colouration of the North Sea cod.

The results of the genetic research for the COI gene showed unequivocally that the research material belonged to the *Gadus morhua* species. The genetic diversity within the examined sequences is too small to differentiate the examined individuals in the terms of colour on the basis of the marker used.

The morphological research executed, allowed to conclude that the colourful forms of Atlantic cod from the North Sea differ among each other with their body shape, especially with the lengths: preanal length, upper jaw length, length of head, maximum body depth, minimum body depth and the distances between D_2 – D_3 bases and between A_1 – A_2 bases.

The statistical analysis of the results showed that the greatest impact on the distinction of the brown cod from the other two variants had the following features: the biggest body height, the preanal length, the upper jaw length and the length of head. It results from that the higher the body depth, the shorter preanal length, the longer upper jaw length and the smaller the length of the head, the more likely it is the cod with a brown colouration. In turn, the red cod from the two other colour variants distinguished the most: the distance between the second and third bases, the smallest body depth and the distance between the anal bases.

Zusammenfassung

Analyse ausgewählter biologischer, morphologischer und genetischer Merkmale des Dorschs (*Gadus morhua* L., 1758) aus der Nordsee in verschiedenen Färbungsvarianten

Aufgrund des einmaligen Charakters des Untersuchungsmaterials haben die in der Arbeit präsentierten Ergebnisse einen bahnbrechenden Charakter; sie stellen das Resultat einer breit aufgefassten Vergleichsanalyse ausgewählter Merkmale von Dorschen mit verschiedener Körperfärbung dar, die zum ersten Mal in Polen und Europa durchgeführt wurde.

In der analysierten Probe der Dorsche mit brauner Färbung überwogen Fische aus der Klasse der Gesamtlänge TL 45,1–55,0 cm (44,09 % der Probe), die zur 5. Altersgruppe gehörten. Unter Fischen mit roter Färbung stammten die meisten aus der 2. Altersgruppe und den Längenklassen 25,1–35,0 cm und 35,1–45,0 cm. Dorsche mit Standardfärbung kamen am zahlreichsten in der 3. Altersgruppe in der Längenkategorie 35,1–45,0 cm vor.

Unter Berücksichtigung der ermittelten Ergebnisse aus der Rückwärtsablesung konnte festgestellt werden, dass die höchsten Jahreswuchse von Dorschen mit Standardfärbung erzielt wurden und die Jahreswuchse der Dorsche mit brauner und roter Färbung ähnlich ausfielen. Der Vergleich des Längenwachstums der untersuchten Fische, das anhand des Modells von Bertalanffy berechnet wurde, ergab, dass die Dorsche mit Standardfärbung am schnellsten und die mit brauner Färbung am langsamsten wuchsen. Die braunen Dorsche erzielten auch den niedrigsten Wert der asymptotischen Länge. Das Modell von Bertalanffy bildete eine treffend gewählte mathematische Gleichung, denn die ermittelten theoretischen Längen in allen stimmten mit den Ergebnissen der Rückwärtsablesungen überein.

Die Zusammensetzung der Nahrung der untersuchten Dorsche war ähnlich. Bei braunen und roten Dorschen konnte ein größerer Anteil an Wirbellosen, insbesondere in den letzten Längenklassen beobachtet werden; bei Fischen mit Standardfärbung in den letzten Längenklassen kamen fast ausschließlich andere Fische als Nahrung vor. Unabhängig von der Färbung nahm der Fischanteil an der Nahrung zusammen mit dem Längenwachstum der Fische bei allen Individuen zu und der Wirbellosenanteil ab. Die Nährstoffe in den Mägen der untersuchten Fische waren zwar ähnlich, ihr Anteil an der Nahrungsmasse war aber in Abhängigkeit von der Färbung und Längenkategorie unterschiedlich. Die Zusammensetzung der Nahrung wird somit als die Hauptursache der Entstehung verschiedener Färbungsvarianten des Dorschs in der Nordsee interpretiert.

Ergebnisse genetischer Untersuchungen für das COI Gen zeigten eindeutig, dass das Untersuchungsmaterial zur Tierart *Gadus morhua* gehört. Genetische Differenzierung in den untersuchten Sequenzen ist zu wenig, als dass man die untersuchten Individuen im Hinblick auf die Färbung auf der Grundlage des eingesetzten Markers differenziert.

Die durchgeführten morphologischen Untersuchungen lassen feststellen, dass sich die Färbungsvarianten des Atlantischen Kabeljaus durch die Körperform, insbesondere die folgenden

Längen unterscheiden: Präanale Länge, Oberkieferlänge, Kopflänge, maximale und minimale Körpertiefe sowie Abstand zwischen Rückenflossen D_2-D_3 und Afterlossen (A_1-A_2).

Die statistische Analyse der ermittelten Ergebnisse zeigte, dass folgende Merkmale den größten Einfluss auf die Unterscheidung der braunen Dorsche von den zwei sonstigen Varianten hatten: Maximale Körpertiefe, präanale Länge, Oberkieferlänge und Kopflänge. Daraus ergibt sich, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein Dorsch braune Färbung hat, mit der größeren Körpertiefe, kürzeren präanalen Länge und einem längeren Oberkiefer steigt. Rote Dorsche unterscheiden sich von den zwei sonstigen Färbungsvarianten vor allem durch: Abstand zwischen der zweiten und dritten Rückenflosse, minimale Körpertiefe und Abstand zwischen den Afterflossen.