

Franciszek Pistelok<sup>1</sup>, Maciej Pilarczyk<sup>2</sup>, Ludmiła Kolek<sup>2</sup>, Aleksandra Jankowska<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN

<sup>2</sup>Zakład Ichtiobiologii i Gospodarki Rybackiej PAN w Gołyszach

## Zmiany warunków troficznych stawów a przeżywalność narybku karpia w okresie wczesnowiosennym

### Wstęp

W ciągu ostatnich kilkunastu lat obserwuje się znaczne obniżenie stężeń podstawowych wskaźników eutrofizacji wód. Może ono wynikać z rozbudowy sieci kanalizacji komunalnej, będącej następstwem realizacji zatwierdzonego 16 grudnia 2003 roku krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych zakładającego budowę, rozbudowę lub modernizację oczyszczalni ścieków komunalnych oraz wprowadzenie wysoko sprawnych metod oczyszczania ścieków.

Stawy doświadczalne Zakładu Ichtiobiologii i Gospodarki Rybackiej w Gołyszach (ZIGR) zasilane są wodą dopływającą z Wisły, poniżej oczyszczalni ścieków w Skoczowie, która od 2003 roku przejmuje ścieki pochodzące nie tylko ze Skoczowa, ale także z gminy Brenna oraz północnej części gminy Ustroń. Zmiana jakości wody w Wiśle skutkuje drastycznym obniżeniem ładunków biogenów dostarczanych do stawów wraz z wodą podczas ich zalewania. Prowadzone badania hydrologiczne wskazują na wzrost stężenia tlenu i spadek zawartości związków organicznych i nieorganicznych (rys. 1, dane pozyskane przez WIOŚ Katowice).

Ładunki biogenów, w tym głównie azotu i fosforu dostarczane z wodą podczas wiosennego zalewania stawów mają istotny wpływ na ich stan troficzny. Azot amonowy jest głównym substratem dla autotroficznych glonów

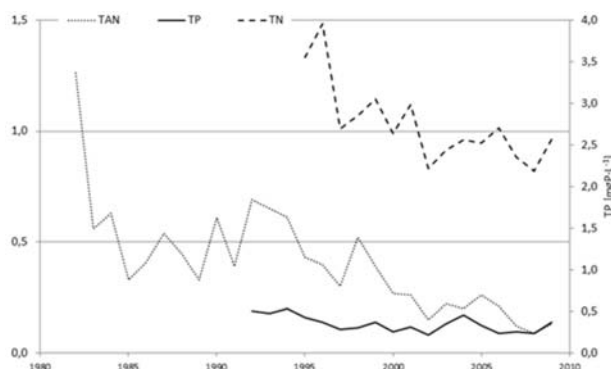
oraz chemoautotroficznego bakterioplanktonu (Avnimelech i in. 1989, Hargreaves 1998, Diana i in. 1997, Boyd 2012). Odpowiednia ilość związków azotowych stymuluje produkcję pierwotną (Schroeder 1978, Knut-Hansel i in. 1991), wpływając na szybki rozwój naturalnej bazy pokarmowej, co determinuje tempo wzrostu narybku karpia (Hulata i in. 1982, Knut-Hansel i in. 1991), kondycję (McCue 2010) oraz ogólne wyniki produkcyjne ryb. Niedobór pokarmu dla ryb prowadzi, w początkowej fazie, do przyspieszenia tempa metabolizmu oraz redukcji glikogenu (Blasco i in. 1992, Shimeno i in. 1997). Kolejnym etapem jest spadek masy ciała (Hulata i in. 1982, Blasco i in. 1992, Ruane i in. 2002, McCue, 2010) oraz reakcje kataboliczne lipidów i białek (Ruane i in. 2002). Brak pokarmu jest czynnikiem stresogennym, przyczyniającym się do obniżenia odporności na patogeny (Yin i in. 1995), powstawania wad rozwojowych, pogorszenia dobrostanu oraz podwyższenia śmiertelności ryb (m.in. Tort i in. 1998, Damsgard i in. 2004).

Przypuszcza się, że niskie stężenie azotu w stawach w okresie wczesnowiosennym jest przyczyną spadku podaży pokarmu naturalnego dla narybku karpia, co prowadzi do strat w obsadach na skutek zwiększonej śmiertelności ryb. Problem jest szczególnie ważny ze względu na stosowaną technologię produkcji karpia. W stawach narybkowych nie stosuje się powszechnie nawożenia ani dokarmiania ryb w okresie od obsad (przełom marca i kwietnia) do połowy maja (Gieratowski i in. 1963, Szumiec 1998). W tym czasie narybek karpia musi pobierać pokarm rozwijający się w stawie w sposób naturalny.

W latach 2012-2014 przeprowadzone zostały badania terenowe, których celem było określenie wpływu różnych technik nawożenia stawów na warunki środowiskowe oraz na produkcję narybku karpia.

### Materiały i metody

W roku 2012 badania przeprowadzono na kompleksie 12 stawów doświadczalnych Zakładu Ichtiobiologii i Gospodarki Stawowej PAN w Gołyszach o powierzchni jednostkowej 1500 m<sup>2</sup> i średniej głębokości około 1 m.



Rys. 1. Zmiana średniorocznych stężeń podstawowych wskaźników eutrofizacji wody w rzece Wiśle w Skoczowie: TAN – azot amonowy, TP – fosfor ogólny, TN – azot ogólny

Układ doświadczalny, schemat nawożenia stawów oraz dokarmiania ryb w latach 2012-2014

Rok	Obsada				Nawożenie				
	zalanie stawów	data	sztuk/staw	średnia masa (g)	wariant	nawóz	ilość	uwagi	karmienie
2012	26.03	23-24.04	600	20	Kontrola (K)	Brak nawożenia			Brak karmienia w początkowym okresie, po 15 maja karmienie śrutą zbożową
					Mineralne (M)	Saletra amonowa	13 dawek, łącznie 65 kg/staw	3 dawki przed obsadą	
					Organiczne (O)	Obornik	650 kg/staw	jednorazowa dawka na 19 dni przed obsadą	
2013	11.03	23-24.03	300	27	Kontrola (K)	Brak nawożenia			śruta zbożowa
					Mineralne (M)	Mocznik	14 dawek po 32 kg/staw	od maja do końca sierpnia w odstępach tygodniowych	
						Superfosfat	14 dawek po 28 kg/staw		
					Organiczne (O)	Obornik	700 kg/staw	jednorazowa dawka przed zalaniem stawu	
						Mocznik	7 dawek łącznie 15,4 kg/staw	raz w tygodniu od lipca do końca sierpnia	
						Superfosfat	7 dawek łącznie 9,1 kg/staw		
					Wczesne mineralne (WM)	Mocznik	14 dawek łącznie 32 kg/staw	od marca do końca sierpnia	
Superfosfat	22 dawki łącznie 28 kg/staw								
2014	10.03	1.04	250	70	Nawożenie standardowe, karmienie standardowe (A)	Mocznik	18 dawek łącznie 28 kg/staw	od 14.04 do 12.08	śruta zbożowa od 28.04
						Superfosfat	20 dawek łącznie 12 kg/staw	od 8.04 do 18.08	
					Nawożenie przyspieszone, karmienie standardowe (B)	Mocznik	21 dawek łącznie 28 kg/staw	od 7.03 do 12.08, 3 pierwsze dawki po 10% przeznaczonego nawozu	śruta zbożowa od 28.04
						Superfosfat	20 dawek łącznie 12 kg/staw	od 8.04 do 18.08, pierwsza dawka obejmująca 20% przeznaczonego nawozu	
					Nawożenie standardowe, karmienie przyspieszone (C)	Mocznik	18 dawek łącznie 28 kg/staw	od 14.04 do 12.08	śruta zbożowa od 7.04
						Superfosfat	20 dawek łącznie 12 kg/staw	od 8.04 do 18.08	
					Nawożenie przyspieszone, karmienie przyspieszone (D)	Mocznik	21 dawek łącznie 28 kg/staw	od 7.03 do 12.08, 3 pierwsze dawki po 10% przeznaczonego nawozu	śruta zbożowa od 7.04
						Superfosfat	20 dawek łącznie 12 kg/staw	od 8.04 do 18.08, pierwsza dawka obejmująca 20% przeznaczonego nawozu	

W latach 2013 i 2014 eksperyment prowadzono na 16 stawach doświadczalnych kompleksu Gołysz o powierzchni jednostkowej 720 m<sup>2</sup> i głębokości 1,5 m. Schemat nawożenia oraz dokarmiania ryb w poszczególnych latach prezentuje tabela 1.

Przez wszystkie sezony badawcze prowadzono monitoring parametrów jakościowych wody, obejmujący analizę ilościową podstawowych form pierwiastków biogennych (w roku 2014 część analiz nie została przeprowadzona ze względów technicznych), hydrobiologicznych (podstawowe grupy i biomasa zooplanktonu i bentosu) oraz właściwości fizykochemicznych wody. Próby wody pobierano raz w tygodniu, w godzinach porannych (8.00-9.00). Pomiaru fizykochemiczne wykonywano za pomocą sondy tlenowej OxiCal-SL oraz elektrody pH SenTix 41. Analizy zawartości pierwiastków biogennych wykonano w oparciu

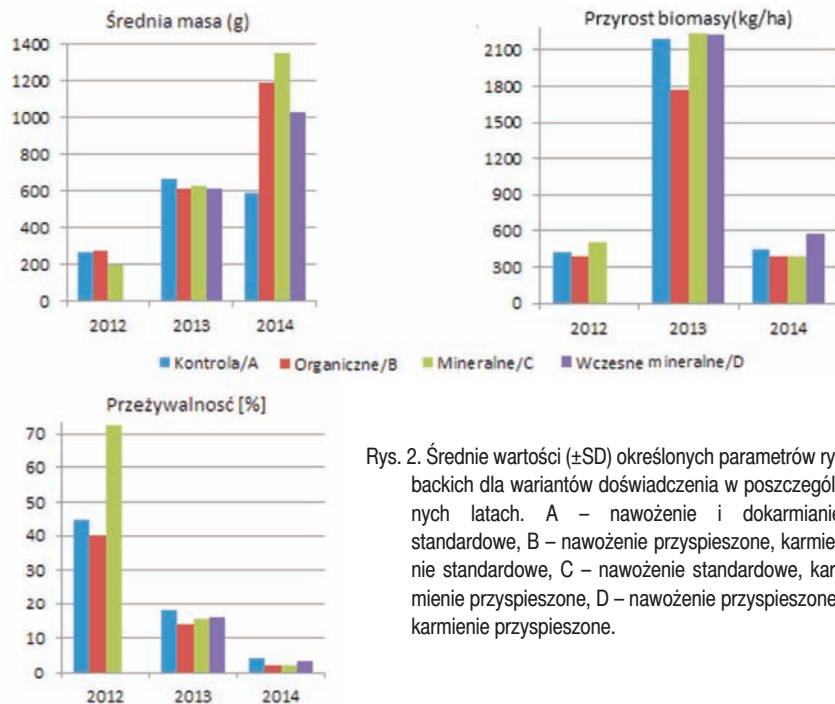
o metody opisane przez Clesceri i in. 1998. W połowie sezonu (odłowy kontrolne, 2012 rok – maj, 2013-2014 – lipiec) oraz podczas odłowów końcowych (2012 rok – lipiec, 2013 – wrzesień, 2014 – październik) wykonano podstawowe pomiary morfometryczne ryb.

Wyniki pomiarów morfometrycznych ryb przeanalizowano z zastosowaniem układu zagnieżdżonego Anova.

## Wyniki

Wyniki uzyskane podczas odłowów kontrolnych i końcowych ryb wyrażono poprzez średnią masę jednostkową, przeżywalność, oraz przyrost biomasy obsad (rys. 2).

Podczas odłowów końcowych przeprowadzonych w pierwszym sezonie badań (24 maja) z różnych stawów pobrano różną ilość narybku (od 4 do 30 sztuk) (nie zdołano odłowić planowanych 30 sztuk na staw). Wyniki pomiarów



Rys. 2. Średnie wartości ( $\pm$ SD) określonych parametrów rybackich dla wariantów doświadczenia w poszczególnych latach. A – nawożenie i dokarmianie standardowe, B – nawożenie przyspieszone, karmienie standardowe, C – nawożenie standardowe, karmienie przyspieszone, D – nawożenie przyspieszone, karmienie przyspieszone.

morfometrycznych wykazały, że ryby ze stawów nawożonych organicznie (O) miały najwyższą masę jednostkową ciała (średnio około 273 g/szt.). Niewiele mniejszą masę miały ryby odłowione ze stawów kontrolnych (K) (średnio 263 g/szt.), natomiast najniższą średnią masę, około 193 g/szt., osiągnęły ryby ze stawów nawożonych mineralnie (M). Analiza wariancji, przeprowadzona na podstawie wyników uzyskanych po odłowach końcowych w tych stawach, wykazała istnienie statystycznie istotnych różnic pomiędzy wariantami doświadczenia w przypadku przeżywalności obsad i masy jednostkowej ( $p < 0,01$ ). W stawach nawożonych mineralnie odnotowano istotnie wyższą przeżywalność obsad narybku karpia (72%), niż w pozostałych wariantach (40% – wariant O i 45% wariant K), ( $p = 0,001$ ). Pomimo mniejszej, niż w pozostałych wariantach ( $p = 0,004$ ), średniej masy jednostkowej ryb w tym wariantcie, uzyskano najwyższy przyrost biomasy (521,57 kg/ha) w porównaniu z pozostałymi wariantami (K – 399,39 kg/ha, O – 342,06 kg/ha), ( $p < 0,005$ ), zatem całkowity wynik produkcyjny w wariantach K i O był niższy w porównaniu z wariantem M.

W roku 2013 masa jednostkowa ryb oraz przeżywalność we wszystkich wariantach była porównywalna, z najwyższymi wartościami obu parametrów odnotowanymi dla wariantu kontrolnego (masa – 668,63 g/szt., przeżywalność – 18%). Podobnie niewielkie różnice pomiędzy wariantami odnotowano w przypadku

przyrostu biomasy karpia, gdzie najwyższa średnia wartość tego parametru wynosiła 2238,29 kg/ha (M), a najniższa 1772,25 kg/ha (O).

Ostatni sezon badań dał bardzo zróżnicowane wyniki, bez wyraźnej przewagi któregoś z wariantów pod względem przyrostu biomasy, masy czy przeżywalności ryb. Najniższą średnią masę jednostkową miały ryby ze stawów A, jednak przeżywalność ryb w tych stawach była najwyższa (12%). Wartości przyrostu biomasy były zróżnicowane – 575,48 kg/ha w stawach D, 445,47 kg/ha – A oraz 393,20 kg/ha i 392,37 kg/ha odpowiednio w stawach B i C.

Zarówno w sezonie 2013, jak i 2014 przeżywalność ryb była niewysoka osiągając skrajne wartości (8-23,3%) w stawach wariantu WM w sezonie 2013 oraz stawach wariantu A w sezonie 2014 (0-12%). Są to zbyt niskie wartości, aby można było wyznaczyć wariant dający najlepsze wyniki produkcyjne. Analiza statystyczna ( $p < 0,05$ ;  $n = 4$ ), oparta na danych z obu sezonów, wykazała brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy wariantami doświadczenia w przypadku przeżywalności narybku, masy jednostkowej czy przyrostu biomasy ryb.

Wyniki pomiarów warunków fizykochemicznych wody w stawach były bardzo podobne we wszystkich sezonach eksperymentu. Średnie wartości zestawiono w tabeli 2.

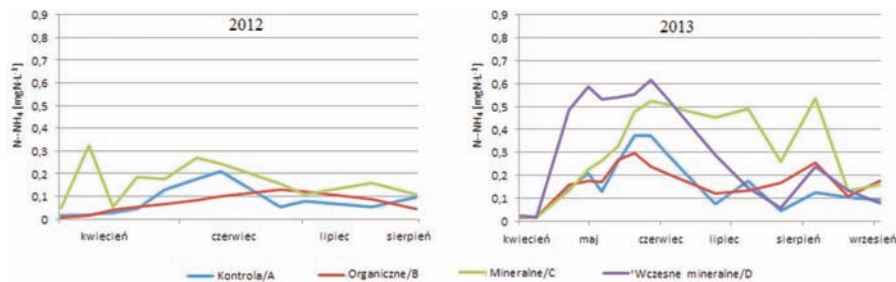
Wyniki pomiarów zawartości podstawowych form pierwiastków biogennych w stawach na przestrzeni kolejnych sezonów ilustrują wykresy (rys. 3-7).

TABELA 2

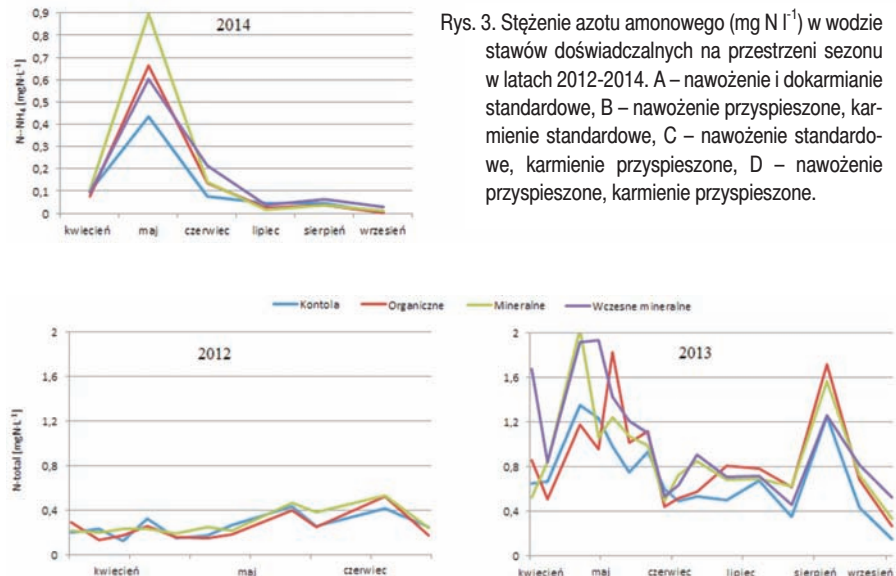
Minimalne, średnie i maksymalne wartości pomiarów temperatury, pH i tlenu rozpuszczonego w wodzie stawów doświadczalnych w latach 2012-2014

Rok	Warianty	Parametry wody								
		temperatura ( $^{\circ}$ C)			pH			Tlen ( $\text{mgO}_2 \text{ l}^{-1}$ )		
		min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia
2012	K	8,1	27,3	17,8	6,6	9,6	8,0	3,3	15,5	9,0
	O	8,4	26,9	17,8	6,7	9,4	7,8	1,7	13,8	7,4
	M	8,3	26,9	18,0	6,2	10,2	8,1	0,7	16,9	10,0
2013	K	10,6	24,25	17,4	6,88	8,63	7,39	3,76	12,96	7,73
	O	10,48	23,55	17,9	6,77	9,22	7,46	3,13	13,72	7,72
	M	10,78	24,83	17,6	6,78	8,6	7,43	3,49	12,02	7,6
	WM	10,78	24,05	17,31	6,87	9,39	7,47	1,14	13,82	7,55
2014	A	8,5	25,1	17,99	7,04	9,36	7,78	0,28	14,56	7,83
	B	8,38	24,55	17,92	6,98	9,79	7,84	1,07	16,92	7,57
	C	8,48	24,83	17,69	6,96	9,31	7,72	2,11	14,45	7,22
	D	8,33	24,1	17,69	6,87	9,41	7,77	2,27	15,58	7,3

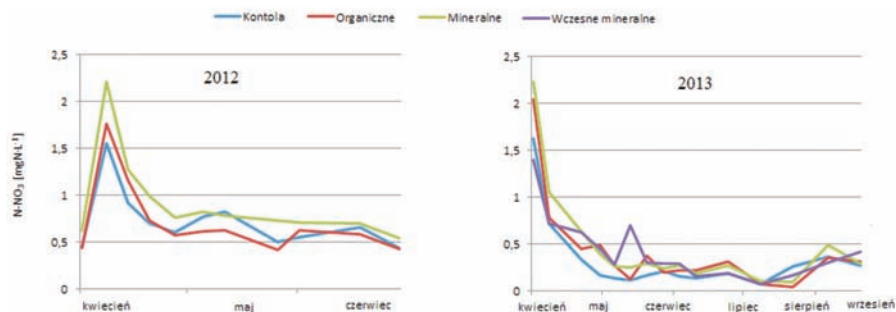
K – kontrola, O – nawożenie organiczne, M – nawożenie mineralne, WM – nawożenie wczesne mineralne, A – nawożenie i dokarmianie standardowe, B – nawożenie przyspieszone, karmienie standardowe, C – nawożenie standardowe, karmienie przyspieszone, D – nawożenie przyspieszone, karmienie przyspieszone



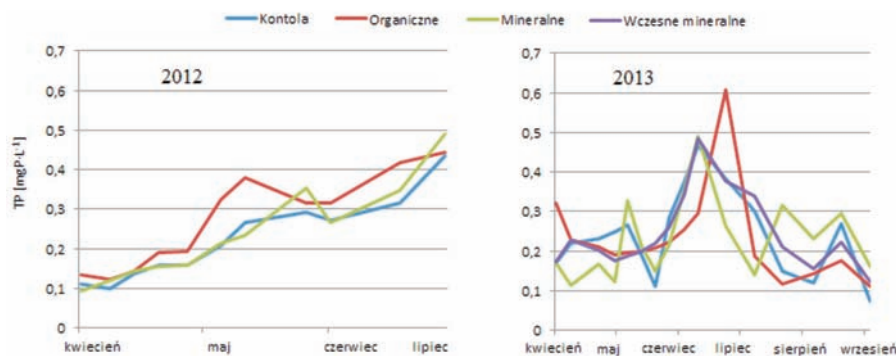
Rys. 3. Stężenie azotu amonowego ( $\text{mg N l}^{-1}$ ) w wodzie stawów doświadczalnych na przestrzeni sezonu w latach 2012-2014. A – nawożenie i dokarmianie standardowe, B – nawożenie przyspieszone, karmienie standardowe, C – nawożenie standardowe, karmienie przyspieszone, D – nawożenie przyspieszone, karmienie przyspieszone.



Rys. 4. Stężenie azotu ogólnego ( $\text{mg N l}^{-1}$ ) w wodzie stawów doświadczalnych na przestrzeni sezonu w latach 2012 i 2013



Rys. 5. Stężenie azotanów ( $\text{mg N-NO}_3 \text{ l}^{-1}$ ) w wodzie stawów doświadczalnych na przestrzeni sezonu w latach 2012 i 2013



Rys. 6. Stężenie fosforu ogólnego ( $\text{mg P l}^{-1}$ ) w wodzie stawów doświadczalnych na przestrzeni sezonu w latach 2012 i 2013

## Dyskusja

Na podstawie średnich dla parametrów fizycznych wody (tlen, temp., pH), wykazano nieznaczne różnice pomiędzy poszczególnymi wariantami stawów. W okresie od połowy maja do września w sezonie 2014, niezależnie od wariantu, obserwowano silny rozwój roślinności wodnej i pokrycie 50-80% powierzchni stawów przez rzęś wodną oraz niski poziom tlenu rozpuszczonego. Rozrost roślinności wodnej już wtedy sugerował brak obecności żerujących ryb. Niskie stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie stawu wpływa negatywnie na asymilację substancji pokarmowych, a przez to również na wyniki produkcyjne ryb (Kolasa-Jamińska 1987).

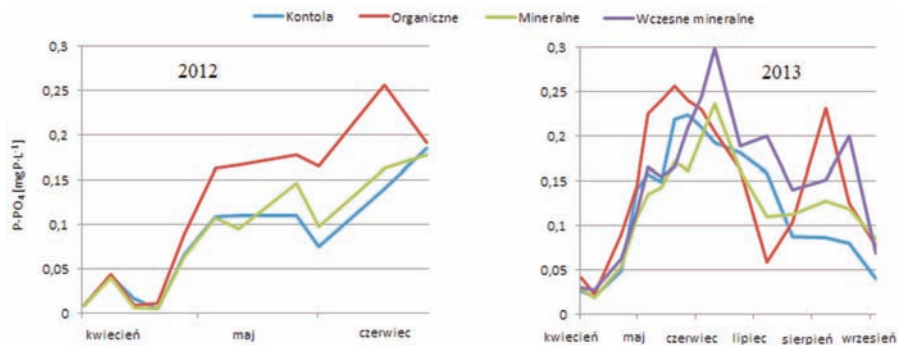
Jak pokazują liczne badania (m.in. Kolasa-Jamińska 2002, Hussein 2012), stężenie biogenów, a zwłaszcza azotu amonowego zależy od stopnia intensyfikacji produkcji. Zwykle wraz ze wzrostem intensyfikacji wzrasta poziom azotu amonowego (Datta 2015). Jednak, jak pisze Kolasa-Jamińska (1987), nie bez wpływu na stężenie tego związku jest sposób użytkowania stawu we wcześniejszych latach. Azot amonowy może pochodzić ze zmineralizowanych odchodów ryb czy martwej materii organicznej (Hargreaves 1998). Stężenie azotu amonowego bliskie zeru na początku sezonu świadczy o jego niskiej akumulacji w materii organicznej w osadach dennych oraz o tym, że niewielkie ilości zostały wprowadzone do stawów wraz z wodą zasilającą stawy. We wszystkich stawach obserwowano wzrost stężenia azotu amonowego po kilku tygodniach od zalania (wpływ nawożenia mineralnego) i spadek wraz z upływem czasu, co świadczy o bieżącym jego wykorzystywaniu przez fitoplankton. Można jednak wnioskować, że zastosowane w 2013 i 2014 roku nawożenie mineralne nie zaspokoilo



w pełni zapotrzebowania fitoplanktonu na biogeny, gdyż przez większość czasu trwania badań woda stawów pozostawała przejrzysta, co wskazywało na słaby rozwój organizmów planktonowych. Według Swingle (1947) wzrost planktonu, stymulowany przez nawożenie mineralne, ogranicza ilość roślinności wodnej poprzez zacienianie dna stawu. W stawach badanych w 2013 i 2014 obserwowano obfity wzrost roślinności wodnej, co wskazuje nie tylko na brak żerujących ryb, ale także na słaby rozwój fitoplanktonu. Co więcej, rozwój roślinności wodnej, jak i fitoplanktonu znacznie różnił się w poszczególnych stawach, również wewnątrz tych samych wariantów nawożenia. Podobne wyniki odnotował Swingle (1947), co potwierdza jego teorię dotyczącą niejednorodnego wpływu nawożenia stawów na rozwój fitoplanktonu.

Fosfor, podobnie jak azot, ulega akumulacji na dnie stawów, jednak zwykle jest on zbyt silnie związany w osadach dennych, aby mogły one służyć jako źródło tego pierwiastka (Boyd i in. 2008). Zapotrzebowanie na fosfor w stawie w dużej mierze jest zależne od temperatury wody, która ma wpływ na proces fotosyntezy. Poziom stężenia fosforu jest odwrotnie proporcjonalny do wzrostu temperatury (Kolasa-Jamińska 1987). W eksperymencie opisana korelacja była obserwowana tylko na początku sezonu 2012. W roku 2013 wzrost i spadek zarówno fosforu ogólnego, jak i fosforanów występował niezależnie od temperatury wody. Wzrastający poziom związków fosforowych w miarę upływu czasu w roku 2012 oraz charakter fluktuacyjny w roku 2013 może mieć związek z innymi warunkami pogodowymi, jak zachmurzenie oraz występowaniem roślinności pływającej po powierzchni wody (2013, 2014), co ogranicza doptyw promieni słonecznych prowadząc do osłabienia procesu fotosyntezy i tym samym do obniżenia zapotrzebowania na biogeny, w tym fosfor.

Wyniki osiągnięte w eksperymencie potwierdzają występowanie zjawiska masowych śnięć ryb we wczesnym okresie wiosennym. Na podstawie analizy średniej masy jednostkowej ryb oraz przeżywalności obsad w badanych wariantach można stwierdzić, że zdecydowana większość obserwowanych strat karpia miała miejsce na początku sezonu produkcyjnego. Pozwoliło to na znacznie większy przyrost biomasy ryb na skutek mniejszej konkurencyjności o pokarm naturalny. Jak wynika z danych uzyskanych w pierwszym sezonie badawczym, zwiększenie dostępności biogenów poprzez nawożenie mineralne w okresie wczesnowiosennym pozwala na uzyskanie wyższej przeżywalności obsad oraz całkowitego przyrostu biomasy, co jest zgodne z wynikami Boyda (1998), według którego



Rys. 7. Stężenie fosforanów (mg P-PO<sub>4</sub> l<sup>-1</sup>) w wodzie stawów doświadczalnych na przestrzeni sezonu w latach 2012 i 2013

odpowiednio dostosowane nawożenie mineralne pozwala na osiągnięcie bardzo dobrych wyników produkcyjnych. Niemniej jednak, ze względu na niską przeżywalność obsad w latach 2013 (poniżej 25%) i 2014 (0-12%) zastosowanie przyspieszonego nawożenia mineralnego oraz dokarmiania, mającego stymulować rozwój pokarmu naturalnego, nie dało pożądanych rezultatów w postaci podniesienia przeżywalności karpia. Narybek w momencie zarybiania nie wykazywał oznak słabej kondycji czy złego stanu zdrowia. Co więcej, podczas odłowów kontrolnych w roku 2014 przeprowadzono testy na obecność wirusa KHV, które dały wynik negatywny. Nie zaobserwowano również wyraźnej presji ze strony ptaków rybożernych. Należy zatem wykluczyć powyższe czynniki jako bezpośrednie przyczyny niskiej przeżywalności ryb. Można wnioskować, iż straty w obsadach są zapewne spowodowane sumowaniem się wielu czynników, np. nowymi rodzajami zanieczyszczeń czy ogólnymi warunkami fizykochemicznymi wody, które mogą być pośrednią przyczyną stresu głodowego skutkującego osłabieniem i większą podatnością na choroby.

Pomiędzy środowiskiem naturalnym i akwakulturą zachodzi nieustanna interakcja, dlatego też dla podtrzymania równowagi w obu strefach niezbędne jest śledzenie zmian zachodzących w środowisku i w odpowiedzi podejmowanie właściwych działań w sferze produkcji stawowej.

## Literatura

- Avnimelech Y., Mokady S., Schroeder G.L. 1989 – Circulated ponds as efficient bioreactors for single-cell protein production – Israeli J. Aquaculture Bamidgeh 41: 58-66.
- Blasco J., Fernandez J., Gutierrez J. 1992 – Fasting and refeeding in carp, *Cyprinus carpio* L.: the mobilization of reserves and plasma metabolite and hormone variations – J. Comp. Physiol. 162: 539-546.
- Boyd C.E. 1998 – Water quality for pond aquaculture – Research and development series No. 43. 37 s. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Alabama Agriculture Experiment Station. Auburn Univ.
- Boyd C.E., Penseng P., Boyd C.E. 2008 – New Nitrogen Fertilization Recommendations for Bluegill Ponds in the Southeastern United States – N. Am. J. Aquacult. 70: 308-313.
- Boyd C.E. 2012 – Nutrient Cycling. Aquaculture pond fertilization: Impact of Nutrient Input on Production. (Ed.) C.C. Mischke. Inc. Published 2012 by John Wiley & Sons Inc. 237-239.
- Clesceri L.S., Greenberg A.E., Eaton A.D. 1998 – Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition – American Public

- Health Association, American Water Works Association, Water environmental Federation. 4-103, 4-122, 4-1390, 4-153.
- Damsgard B., Sorum U., Ugelstad I., Eliassen R.A., Mortensen A. 2004. Effects of feeding regime on susceptibility of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to cold water vibriosis – *Aquaculture* 239: 37-46.
- Datta S. 2015 – [http://www.researchgate.net/publication/259175404\\_Management\\_of\\_Water\\_Quality\\_in\\_Intensive\\_Aquaculture](http://www.researchgate.net/publication/259175404_Management_of_Water_Quality_in_Intensive_Aquaculture).
- Diana J.S., Szyper J.P., Batterson T.R., Boyd C.E., Piedrahita R.H. 1997 – *Water quality in ponds – W: Dynamics of pond aquaculture*. (Eds) H.S. Egna i C.E. Boyd. CRC Press: 57-59.
- Gieratowski M., Gościński W., Kossakowski J., Międzyński T., Rudnicki A. 1963 – *Hodowla ryb w stawach – Państwowe Wydaw. Rolnicze i Leśne, Warszawa*: 636 s.
- Hargreaves J.A. 1998 – Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds – *Aquaculture* 166: 181-212.
- Hulata G., Moar D., Wohlarth G. 1982 – Effects of crowding and availability of food on growth rate of fry in the European and Chinese races of the common carp – *J. Fish Biol.* 20: 323-321.
- Hussein A.S. 2012 – Effect of organic and chemical fertilization on growth performance, phytoplankton biomass and fish production in carp polyculture system – *Egypt J. Aquat. Biol.* 16(2): 133-143.
- Knut-Hansel C.F., Batterson T.R., McNabb C.D., Harahat I.S., Sumantadina K., Eidman H.M. 1991 – Nitrogen input, primary productivity and fish yield in fertilized freshwater ponds in Indonesia – *Aquaculture* 94: 49-63.
- Kolasa-Jamińska B. 1987 – Investigation on intensification of carp fingerling production. 5. Physical and chemical properties of water – *Acta Hydrobiologica*, 29(3): 325-337.
- Kolasa-Jamińska B. 2002 – Ecological aspects of pond fish culture intensification. 3. Water quality in ponds of different fish production intensification levels – *Arch. Pol. Fish.* 10: 35-45.
- McCue M.D. 2010 – Starvation physiology: Reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge – *Comparative Biochemistry and Physiol., Part A* 156: 1-18.
- Ruane N.M., Huisman E.A., Komen J. 2002 – The influence of feeding history on the acute stress response of common carp (*Cyprinus carpio*) – *Aquaculture* 210: 245-257.
- Schroeder G. 1978 – Autotrophic and heterotrophic production of micro-organisms in intensively manured fish ponds, and related fish yields – *Aquaculture* 14: 303-325.
- Shimeno S., Shikata T., Hosokawa H., Masumoto T., Kheyyali D. 1997 – Metabolic response to feeding rates in common carp, *Cyprinus carpio* – *Aquaculture* 151: 371-377.
- Swingle H.S. 1947 – Experiments on pond fertilization – *Alabama Agricultural Experiment – Station Bulletin* (Auburn Univ).
- Szumiec M. 1998 – Środowisko fizyczne stawów, jego uwarunkowania i oddziaływanie. Półwiecze działalności rybackiego ośrodka Polskiej Akademii Nauk w Gołyszach. Zakład Doświadczalny Gospodarki Stawowej PAN Gołysz: 31-45.
- Tort L., Rotllant J., Rovira L. 1998 – Immunological suppression in gilthead sea bream *Sparus aurata* of the north west Mediterranean at low temperatures – *Comp. Biochem. Physiol. A* 120: 175-179.
- WIOŚ, Katowice – <http://www.katowice.pios.gov.pl/index.php?tekst=monitoring/informacje/i>.
- Yin Z., Lam T.J., Sin Y.M. 1995 – The effects of crowding stress on the non-specific immuneresponse in fancy carp (*Cyprinus carpio* L.) – *Fish & Shellfish Immunology*, 5(7): 519-529.

Przyjęto po recenzji 25.11.2015 r.

## CHANGES IN TROPHIC CONDITIONS IN PONDS AND THE SURVIVAL OF CARP FRY IN EARLY SPRING

Franciszek Pistelok, Maciej Pilarczyk, Ludmiła Kolek, Aleksandra Jankowska

**ABSTRACT.** In 2012-2014, field studies were conducted with the aim of verifying the impacts different techniques of fertilizing ponds had on environmental conditions and the production of carp fry. The results obtained from the experiment confirm that mass fish kills occurred in the early spring, which led to the low production of fry. Based on the analyses of mean values of individual weight and stock survival in the various treatments tested, it can be concluded that the decided majority of losses were incurred at the beginning of the production season. However, because of low stock survival in 2013 and 2014, the accelerated mineral fertilization and supplementary feeding applied that was aimed at stimulating the development of natural food did not have the desired effect of increasing carp survival. Thus, it must be concluded that stock losses can be the result of a combination of many factors: new types of pollution or overall physicochemical water conditions that could have been an indirect cause of starvation stress that resulted in weakened fish condition and higher susceptibility to disease.

**Keywords:** trophic conditions of ponds, fertilizing ponds, carp fry survival