



H₂O SCITECH
INSTYTUT WODY



Projekt USAGE

Raport D.4.3.

Dobór optymalnej strategii karmienia i obsady zwierząt: wyniki wstępne

2023

Miejska farma akwaponiczna z systemem oczyszczania wód opadowych
Urban Stormwater Aquaponics Garden Environment (USAGE)

Dofinansowanie



Fundusze norweskie



Narodowe Centrum Badań
i Rozwoju

Partnerzy projektu



Centrum Analiz Społeczno –
Ekonomicznych



Politechnika Warszawska



Politechnika Krakowska



Norweski Instytut Badań Wodnych



Fundacja Fridtjofa Nansena

H2O SciTech – Instytut Wody

Fundacja H2O SciTech – Instytut Wody została powołana w 2019 roku we Wrocławiu. Celem Fundacji jest prowadzenie w sposób samodzielny i ciągły badań podstawowych, badań przemysłowych oraz eksperymentalnych prac rozwojowych, jak również rozpowszechnianie na szeroką skalę wyników takich działań poprzez nauczanie, publikację i transfer wiedzy.

Projekt USAGE

Interdyscyplinarne i międzynarodowe przedsięwzięcie, którego celem jest opracowanie i budowa dwóch instalacji akwaponicznych we Wrocławiu i w Oslo. Instalacje są połączone z systemem zbierania i oczyszczania wód opadowych. Projekt skupia się na budowie wielofunkcyjnej przestrzeni ekologicznej hodowli zwierząt i roślin, uwzględniając oszczędność wody.

USAGE jest projektem pilotażowym zapewniającym wartość badawczą i edukacyjną. Na obu farmach prowadzone są analizy, aby sprawdzić potencjał komercyjny projektu. Projekt zakłada również aspekt społeczny – farmy są miejscem edukacyjnym dla dzieci, młodzieży, dorosłych; miejscem spotkań w zielonej przestrzeni miasta.

Cel raportu

Raport powstał jako produkt D.4.3. projektu USAGE. Celem omawianego zadania było dobranie gatunku zwierząt do chowu w sekcji zwierzęcej będącej częścią systemu akwaponicznego Miejskiej AquaFarmy, a następnie selekcja optymalnej strategii karmienia oraz obsady.

Raport D.4.3.

Dobór optymalnej strategii karmienia i obsady zwierząt: wyniki wstępne

Selection of optimal feeding strategy and density of animals: preliminary results

Autorzy:

Antoni Tkacz
Specjalista ds. upraw i analiz
antoni.tkacz@h2o-scitech.eu

dr Kamilla Myrdek-Rak
Dyrektor ds. rozwoju
kamila.rak@h2o-scitech.eu

Spis treści

| | |
|--------------------------------------------------|----|
| Streszczenie | 2 |
| Wprowadzenie | 2 |
| Określenie zagęszczenia zwierząt | 4 |
| Dobór strategii karmienia | 13 |
| Wpływ ilości zwierząt i pokarmu na wzrost roślin | 14 |
| Podsumowanie i rekomendacje | 16 |
| Bibliografia | 18 |

Streszczenie

W marcu 2023 r. została uruchomiona Miejska Farma Aquaponiczna (Miejska AquaFarma), która stanowi małoskalową instalację pilotażową w projekcie USAGE. Do chowu w sekcji zwierzęcej systemu akwaponicznego wybrano gartunek *Cherax quadricarinatus* (rak czerwonoszczypcowy), który spełniał przyjęte kryteria i prawidłowo zaadaptował się do zapewnionych warunków, o czym świadczyło wczesne linienie i przyrost masy. Optymalną obsadę zwierząt ustalono na **6-9 dojrzałych osobników na m²** na podstawie obserwacji zachowań agresywnych (wynikających z terytorialnej natury gatunku). W szczytowym momencie w systemie znajdowało się 30 osobników o łącznej masie ponad 1500 g, które karmione były paszą tonącą dla ryb w dawce **3% masy zwierząt / 48 h**. Dobrane zagęszczenie zwierząt i strategia karmienia pozwalały z powodzeniem uprawiać warzywa liściowe i zioła na powierzchni ok. 5 m², bez wykorzystania dodatkowego nawożenia.

Wprowadzenie

Znaczenie sekcji zwierzęcej

Chów zwierząt jest nieodłącznym elementem produkcji akwaponicznej. Choć w większości przypadków przeważająca część przychodów farm akwaponicznych pochodzi ze sprzedaży produktów roślinnych, to sekcja zwierzęca zaopatruje krążący w systemie roztwór w składniki pokarmowe przyswajalne dla roślin i tym samym stanowi o ekologicznym charakterze upraw.

Dodatkową korzyścią płynącą z prowadzenia produkcji zwierzęcej na farmach miejskich jest możliwość dostarczania końcowym odbiorcom świeżych produktów akwakultury, które w obecnych systemach dystrybucji są transportowane z centralnych hurtowni zaopatrujących sklepy i restauracje. Dzięki pominięciu kilku ogniw w łańcuchu dostaw, produkcja odciska mniejszy ślad węglowy, a produkty zachowują najwyższą jakość. Taki schemat sprawia, że możliwe i społecznie akceptowalne staje się oferowanie żywych zwierząt akwakultury, a zwłaszcza gatunków niszowych i wysokomarżowych, niedostępnych na rynku produktów konwencjonalnych.

Wymagania prawne

W Polsce chów, hodowla i wprowadzanie do obrotu żywych zwierząt i produktów pochodzenia zwierzęcego jest regulowane prawnie i nadzorowane przez miejscowe Inspektoraty Weterynaryjne. Aby uzyskać wpis do rejestru i możliwość sprzedaży produktów produkcji pierwotnej (nieprzetworzonych, np. żywych zwierząt) należy nie tylko spełniać wymogi dotyczące przystosowania miejsca produkcji, ale również upewnić się, że wybrany gatunek nie należy do inwazyjnych.

Farmy małoskalowe, przykładem których jest Miejska AquaFarma, najczęściej wyposażone są w sekcję zwierzęcą, która zasilana jest pojedynczym obiegiem wody (woda swobodnie przemieszcza się pomiędzy poszczególnymi zbiornikami). W takim przypadku zwykle nie jest możliwe wprowadzenie do chowu różnych gatunków zwierząt, gdyż nawet w przypadku jednego gatunku, należy zapewnić możliwość separacji zwierząt pod względem wielkości (stadium rozwoju). Dobrą praktyką jest rozdział narybku pochodzącego od różnych dostawców, co ułatwia rejestrację wprowadzania i wyprowadzania zwierząt.

Warunki chowu

Na farmach akwaponicznych możliwe jest przygotowanie i regulacja większości ustawień systemu. Temperatura i odczyn wody to podstawowe parametry, które mają najistotniejsze znaczenie przy wyborze gatunków. Prawidłowa regulacja temperatury wody wymaga dużej ilości energii, zwłaszcza w przypadku konieczności chłodzenia. Z tego względu należy przeanalizować potencjalne temperatury otoczenia w trakcie całego sezonu, wybrać najefektywniejszą metodę chłodzenia/ogrzewania wody i sprawdzając wymagania poszczególnych gatunków dobrać taki, którego chów będzie możliwy przy dostępnej technologii.

Określenie zagęszczenia zwierząt

Kryteria wyboru i charakterystyka gatunku

Miejska AquaFarma to pilotażowa instalacja akwaponiczna (*small-scale urban pilot installation*, SUPI), która powstała w trakcie realizacji projektu USAGE. Założeniem jest zbadanie opłacalności ekonomicznej produkcji małej skali, a także prowadzenie obserwacji biologicznych i technologicznych oraz działań edukacyjnych zmierzających do upowszechniania wiedzy o proponowanym rozwiązaniu dotyczącym nowych systemów produkcji żywności.

Aby wprowadzony gatunek zwierząt pomógł spełniać założone funkcje, przy jego wyborze wzięto pod uwagę poniższe kryteria:

1. gatunek jest atrakcyjny dla odwiedzających, co zwiększa zainteresowanie i ułatwia działania edukacyjne;

2. gatunek jest niszowy, przez co jego wartość rynkowa jest wysoka, a poczynione obserwacje mają znaczenie dla rozwoju technologii;
3. gatunek dobrze znosi wysokie temperatury wody, dzięki czemu nie jest wymagane energochłonne chłodzenie;
4. gatunek jest odporny na krótkotrwałe spadki natlenienia wody, dzięki czemu ewentualne awarie systemu nie stanowią zagrożenia;
5. gatunek jest dostępny w hodowlach na terenie kraju i dobrze znosi krótki transport.

Po dokładnym przeanalizowaniu założonych wytycznych do chowu w sekcji zwierzęcej na farmie akwaponicznej wybrano raka czerwonoszczypcowego (*Cherax quadricarinatus*).



Fot. 1. *Ch. quadricarinatus* z widocznym czerwonym zabarwieniem szczypców

Rak czerwonoszczypcowy (*Cherax quadricarinatus*)

Cherax quadricarinatus jest gatunkiem raka słodkowodnego z rodziny *Parastacidae*. Naturalnie występuje jako gatunek endemiczny na obszarze Queensland i Terytorium Północnego Australii oraz na obszarze południowo-wschodniej Papui Nowej Gwinei. Ze względu na szybki wzrost, tolerancję na stosunkowo duże zagęszczenie i zmienne warunki, rak czerwonoszczypcowy coraz częściej wprowadzany jest do hodowli w sztucznych stawach w krajach półkuli południowej¹. W literaturze dostępne są również wyniki doświadczeń dotyczących systemów recyrkulacyjnych, jednak technologia ta wciąż jest słabo rozwinięta ze względu na trudności w intensyfikacji produkcji do poziomu przynoszącego opłacalność ekonomiczną².

Tab. 1. Optymalne warunki chowu dla *Ch. quadricarinatus*

| Parametr | Wartość |
|----------------------------|-------------------------------|
| Temperatura wody | 23 – 27°C |
| pH wody | 7,8 – 8,6 |
| Twardość węglanowa wody | 9 – 10 dKH |
| Tlen rozpuszczony w wodzie | 5 – 7 mg/L |
| Wymiana wody | min. 1 objętość zbiornika / h |

¹ Ghanawi J., Saoud I. 2012. Molting, reproductive biology and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Aquaculture* 358-359: 183-195

² Sundar L., Chen G. 2020. Study on the growth performance of lettuce (*Lettuca sativa*) and pak choi (*Brassica chinensis*) in different aquaponic growing systems. *Horticulturae* 6(4): 1-11

Dostępna technologia

System akwaponiczny, w który została wyposażona Miejska AquaFarma, składa się z trzech zbiorników, każdy o maksymalnej pojemności 1000 L, przeznaczonych do produkcji zwierzęcej (zbiorniki mają formę walca o powierzchni dna nie przekraczającej 1 m²) oraz regału przeznaczonego do uprawy roślin, który składa się z 4 półek (jedna przeznaczona do uprawy metodą DWC – *deep water culture* oraz trzy do upraw metodą NFT – *nutrient film technique*).

Przez większość czasu sekcja zwierzęca i roślinna pozostawały rozdzielone; było to możliwe, gdyż funkcjonują w ramach dwóch osobnych obiegów wody. Do zbiorników ze zwierzętami pompowana jest woda, która następnie spływa do jednostki zawierającej filtry mechaniczne, złożę biologiczne i sterylizator UV. Jednocześnie regał do produkcji roślinnej zasilany jest ze zbiornika buforowego, wewnątrz którego funkcjonuje osobny filtr z funkcją odkażania promieniowaniem ultrafioletowym.

W ramach systemu istnieje możliwość dowolnego przesyłania wody (za pomocą odpowiednich zaworów) między obiegiem sekcji zwierzęcej i roślinnej. Taki układ pozwala na utrzymanie odmiennych warunków w poszczególnych obiegach (np. pod względem odczynu wody) oraz umożliwia przepompowywanie wody bogatej w biogeny tylko w jednym kierunku: z sekcji zwierzęcej do roślinnej. Po każdorazowym transferze straty w obiegu sekcji zwierzęcej uzupełniane są czystą wodą, co ułatwia utrzymanie optymalnych warunków bytowych.

Dostosowanie obsady

Najistotniejszym aspektem produkcji akwaponicznej jest właściwie zbilansowany system. Standardowo obsadę zwierząt dobiera się w taki sposób, aby ilość składników pokarmowych

powstałych w wodzie z wprowadzonego pokarmu dla zwierząt zaspokajała potrzeby żywieniowe zakładanej liczby roślin. W literaturze przedmiotu można napotkać próby ilościowego uchwycenia sytuacji równowagi, czego przykładem jest propozycja zawarta w instrukcji FAO: *Small-scale aquaponic food production*, która zaleca, że utrzymanie każdego metra kwadratowego sekcji roślinnej wymaga dobowego dawkowania 40-50 g (dla warzyw liściowych) lub 50-80 g (dla warzyw zawiązujących owoce) pokarmu, co łatwo można przeliczyć na maksymalną łączną masę zwierząt w systemie³.

Autorzy opracowań podkreślają wysoki potencjał *Ch. quadricarinatus* w produkcji akwakulturowej związany ze stosunkowo nieagresywnym zachowaniem (np. w porównaniu do *Ch. destructor*). Cecha ta wynika prawdopodobnie z przystosowania gatunku do okresowych drastycznych wzrostów zagęszczenia zwierząt w okresie suszy i kurczenia się zbiorników wodnych. Pasywność obserwowana jest również w chowie prowadzonym w sztucznych stawach, jednak w recyrkulacyjnych systemach zamkniętych może pojawiać się terytorializm, kanibalizm i zachowania agresywne, które znacznie utrudniają intensyfikację produkcji. Z tego względu proces dostosowywania zagęszczenia raków w przestrzeni systemu Miejskiej AquaFarmy prowadzony był z uwzględnieniem przede wszystkim obserwacji zachowań i przeżywalności zwierząt, a dopiero w drugiej kolejności dostosowania obsady do potrzeb produkcji roślinnej.

³ FAO. 2014. Small-scale aquaponic food production. FAO technical paper 589: 16-18

Introdukcja raków podzielona była w czasie na trzy główne fazy:

1. Pierwsze zwierzęta z hodowli zewnętrznej

System akwaponiczny znajdujący się na Miejskiej AquaFarmie został po raz pierwszy napełniony i uruchomiony 2 marca 2023 r. Upřednio przeprowadzono zaszczepianie złoża biologicznego, które zostało przeniesione do systemu po stwierdzeniu zadowalającej efektywności bakterii nitryfikacyjnych. Po dwóch tygodniach – gdy ustalono właściwe warunki zgodnie z danymi zaczerpniętymi z literatury – do zbiorników wprowadzono pierwsze raki, początkowo zaledwie 3 dojrzałe osobniki (dwa samce i jedną samicę, o łącznej masie ok. 110 g), z powodu niskiej dostępności zwierząt w hodowlach krajowych w wiosennym okresie.

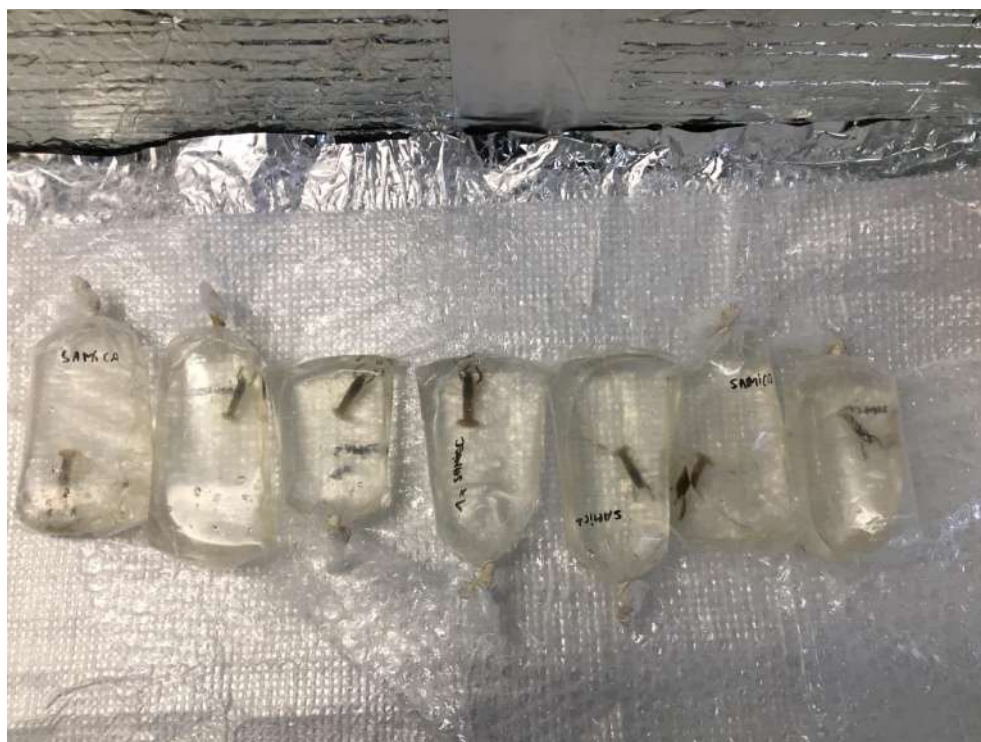


Fot. 2. Rak czerwonoszczypcowy korzystający z przygotowanej kryjówki

Zwierzęta zaaklimatyzowały się prawidłowo, o czym świadczyło pobieranie pokarmu i pierwsze linienie po ok. 6 tygodniach. W zbiornikach zapewniono kryjówki z rur PVC o odpowiedniej średnicy; nie obserwowano agresywnych interakcji.

2. Zwiększenie obsady i rozmnażanie w systemie

W trakcie funkcjonowania systemu przeprowadzano regularne testy wody (przede wszystkim z uwzględnieniem stężenia: amoniaku, azotynów, azotanów, fosforanów). Mała ilość zwierząt nie powodowała wzrostu zawartości substancji toksycznych w wodzie, dlatego 18.05.2023 r. zdecydowano się na wprowadzenie kolejnych zwierząt z hodowli zewnętrznej: siedem sztuk raków o wielkości 6-7 cm i łącznej masie ok. 15 g.



Fot. 3. Sześciocentymetrowe raki pozyskane z hodowli zewnętrznej

Jednocześnie, w tym samym miesiącu, uzyskano blisko 100 osobników będących potomstwem samicy umieszczonej na farmie w pierwszym etapie.

Do września 2023 r. raki z hodowli własnej były trzymane w osobnych zbiornikach, po czym przeniesione do systemu (gdy

osiągnęły wielkość 4-5 cm). W tym momencie raki z hodowli zewnętrznej osiągnęły masę ~30 g i obserwowano największe nasilenie zachowań agresywnych. W wyniku walk i kanibalizmu utracono pięć, z siedmiu zakupionych zwierząt.



Fot. 4. Raki z własnej hodowli tuż po wylęgu (wielkość: ok. 10 mm)

3. Zmiana rozmieszczenia i kolejna introdukcja

Na początku października 2023 r. zmieniono rozmieszczenie zwierząt. 100-gramowe raki z pierwszego etapu umieszczono w jednym zbiorniku z dwiema sztukami 30-gramowych raków, zakupionych w drugim etapie i siedmioma 6-gramowymi osobnikami z własnej hodowli. Taki układ pozwolił przetestować możliwość wspólnego przetrzymywania zwierząt będących na różnych etapach rozwoju, a także przeznaczyć dwa zbiorniki na kolejne zwierzęta od zewnętrznego dostawcy.

Tab. 2. Schemat rozmieszczenia zwierząt w końcowym etapie oceny zagęszczenia

| Kategoria | Zbiornik | | |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| | AKW-1 | AKW-2 | AKW-3 |
| >100 g (>20 cm) | 2 ♂ | 2 ♂ + 4 ♀ | 3 ♂ + 3 ♀ |
| 20-100 g (10-20 cm) | 2 ♂ | 0 | 0 |
| 0-20 g (0-10 cm) | 2 ♂ + 3 ♀ | 0 | 0 |

10.10.2023 r. zakupiono 12 szt. dojrzałych raków *Cherax quadricarinatus*, każdy o masie ok. 100 g (20-25 cm), w tym siedem samic i pięć samców. Zostały one rozdzielone: po 6 osobników do dwóch zbiorników. Na tym etapie w systemie znajdowało się łącznie 21 raków o masie całkowitej ok. 1500 g. W dalszym ciągu nie obserwowano wzrostu stężenia amoniaku, jednak zwiększone dawki pokarmu zanieczyszczały instalację hydrauliczną, co powodowało konieczność zmniejszenia wymiany wody i doprowadziło do nieznacznego pogorszenia jej jakości (spadek pH, zazielenienie, nadmiar osadów dennych).

Na tym etapie uznano, że niemożliwe jest dalsze zwiększanie ilości zwierząt przy istniejącej instalacji i ustalono optymalne zagęszczenie: **6-9 dojrzałych osobników / m²**.

Na podstawie obserwacji duże zwierzęta (powyżej 20 cm) nie były w stanie powodować wzajemnych obrażeń w trakcie interakcji, co najprawdopodobniej wynika z ich zmniejszonej ruchliwości i niewielkich różnic masowych w tej fazie rozwoju. Również wspólny chów zwierząt różnej wielkości w jednym zbiorniku okazał się korzystnym rozwiązaniem. Raki o długości 10-20 cm, wśród których uprzednio odnotowano najwyższą

śmiertelność, nie stanowiły już zagrożenia dla słabszych osobników, ponieważ ich aktywność została ograniczona przez konkurencję ze strony zwierząt o masie powyżej 100 g (>20 cm).

Dobór strategii karmienia

Stan wiedzy

W naturalnym środowisku *Ch. quadricarinatus* jest gatunkiem wszystkożernym. Może prowadzić aktywność drapieżniczą, jak również żywić się materiałem roślinnym, w tym algami. Raki żerują przy dnie, przede wszystkim w czasie zapadania zmierzchu.

Ze względu na brak pasz przeznaczonych dla raków czerwonoszczypcowych zalecane jest stosowanie komercyjnych pasz tonących dla ryb hodowlanych o charakterystyce podanej w poniższej tabeli⁴.

Tab. 3. Charakterystyka pasz zalecanych dla *Ch. quadricarinatus*

| Składnik/parametr | Wartość |
|-------------------|---------|
| Białko surowe | 20-60% |
| Tłuszcze | 5-10% |
| Granulacja | 2-6 mm |

Przeważające składniki pochodzenia roślinnego

Trwałość i przystosowanie do systemów recyrkulacyjnych

⁴ Ghanawi J., Saoud I. 2012. Molting, reproductive biology and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Aquaculture* 358-359: 183-195

Zgodnie z danymi z opracowań naukowych rekomendowane dawki pokarmu zawierają się w przedziale 3-5% masy zwierząt na dobę⁵.

Procedura doboru strategii karmienia – Miejska AquaFarma

Do karmienia raków zakupiono komercyjną, tonącą paszę dla ryb karpiowatych o granulacji 4,5 mm i zawartość 24% białka surowego.

Początkowo dawki zostały ustalone zgodnie z informacjami zaczerpniętymi z publikacji naukowych⁶. Następnie zwiększano je lub zmniejszano do momentu aż ustalono ilość pokarmu, która prawie w całości była pobierana przez raki (po karmieniu nie wzrastała nadmiernie ilość osadów dennych), tj. **3% łącznej masy zwierząt / 48 godzin**. Dobrana pasza i przedstawiony schemat karmienia zapewniały prawidłowy rozwój raków. Obserwowano linienie co 6-8 tygodni z jednoczesnym, blisko 100% przyrostem masy.

Wpływ ilości zwierząt i pokarmu na wzrost roślin

Metoda żywienia roślin – Miejska AquaFarma

Jak uprzednio wspomniano, w systemach akwaponicznych rekomendowane jest stosowanie od 40 do 80 g paszy dla zwierząt na dobę w celu utrzymania 1 m² produkcji roślinnej. Taki schemat jest wysoce szacunkowy, jako że zapotrzebowanie na składniki pokarmowe nie zawsze jest wprost proporcjonalne do

⁵ Jones C. 1989. The biology and aquaculture of *Ch. quadricarinatus*. Queensland Department of Primary Industries, Walkamin: 69-70

⁶ Sundar L., Chen G. 2020. Study on the growth performance of lettuce (*Lettuca sativa*) and pak choi (*Brassica chinensis*) in different aquaponic growing systems. Horticulturae 6(4): 1-11

powierzchni upraw. Istotne znaczenie mają również rozstawa roślin, gatunek, czy aktualna faza rozwojowa, a także skład używanego pokarmu, charakterystyka metabolizmu zwierząt oraz wydajność filtracji biologicznej.

W systemie Miejskiej AquaFarmy maksymalne wykorzystanie przestrzeni uprawowej rozpoczęto w momencie ustalenia optymalnej obsady zwierząt. W szczytowym zagęszczeniu na farmie znajdowało się 30 osobników o różnej wielkości i łącznej masie ponad 1500 g. Na tym etapie prowadzono karmienie dawką 45 g / 48 h, co daje ok. 22 g karmy na dobę.

Transfer wody z obiegu sekcji zwierzęcej do obiegu sekcji roślinnej odbywał się tylko raz tygodniowo (ok. 70-100 L, jako uzupełnienie strat). W pozostałym czasie część akwakulturowa pozostawała odizolowana i zachodziła w niej jedynie filtracja biologiczna, pozwalająca przekształcić związki amonowe w azotany łatwiej przyswajalne dla roślin. Postępując według przedstawionego harmonogramu ustabilizowano EC (przewodność elektryczną) roztworów na poziomie 0,6 mS/cm w sekcji zwierzęcej i 1,5 mS/cm w sekcji roślinnej, jednocześnie nie dopuszczając do wzrostu stężenia jonów amonowych (< 0,5 mg/L) i zachowując odmienne pH w obiegach – optymalne dla roślin i raków. Zawartość azotanów w roztworze zasilającym rośliny utrzymywała się w zakresie 50-300 mg/L.

W opisanych warunkach z powodzeniem prowadzono uprawę warzyw liściowych i ziół (np. kapusta pak choi, kolendra siewna, rukiew wodna) o powierzchni ~5 m² nie obserwując – w postaci objawów wizualnych – istotnych niedoborów składników odżywczych. Utrudniona okazała się uprawa truskawki dnia neutralnego, gatunku kwitnącego i owocującego. Rośliny zawiązywały owoce, jednak często nie osiągały prawidłowych

rozmiarów i właściwego kształtu, a na liściach odnotowano objawy niedoborów m.in. fosforu i magnezu.

Podsumowanie i rekomendacje

Dobór gatunku zwierząt

Podstawowymi kryteriami doboru gatunków zwierząt do chowu na miejskich farmach małej skali są: tolerancja na warunki zapewnione przez dostępną technologię, wartość ekonomiczna i dostępność zdrowego narybku w hodowlach.

Rak czerwonoszczypcowy spełnia wymagania produkcji, której przykładem jest Miejska AquaFarma. Gatunek z powodzeniem aklimatyzuje się w zapewnionym sztucznym środowisku, aktywnie żeruje, prawidłowo linieje, a także rozmnaża się bez przeszkód. Jako że cykl rozwoju zwierząt jest długi, to szczególną uwagę należy zwrócić na obecność rynku zbytu oferującego ceny, które pozwolą uzyskać przychód z hodowli pomimo wysokich kosztów operacyjnych.

Ustalenie obsady

W przypadku skorupiaków ustalenie optymalnego zagęszczenia zwierząt powinno być przeprowadzane stopniowo, na podstawie szczegółowej obserwacji zachowań i przeżywalności.

Optymalna obsada dla *Ch. quadricarinatus*, to 6-9 osobników na m². Wprowadzanie dorosłych zwierząt (> 20 cm) z hodowli zewnętrznych i chów do momentu uzyskania masy konsumpcyjnej (ok. 200-300 g) pozwala uniknąć śmiertelności wynikającej z zachowań agresywnych i kanibalizmu. Podobnie przetrzymywanie zwierząt z różnych kategorii wielkościowych w jednym zbiorniku, łagodzi ich aktywność i ułatwia produkcję.

W celu dalszej intensyfikacji obsady należałoby zmodyfikować instalację hydrauliczną (zwiększyć światło rur odprowadzających wodę). Korzystnym rozwiązaniem może być również wypłaszczenie zbiorników hodowlanych, co umożliwiłoby wprowadzenie przegród i odizolowanie poszczególnych osobników.

Żywienie

Stosunkowo łatwo można zapewnić odpowiedni pokarm dla raków czerwonoszczypcowych stosując komercyjne tonące pasze dla ryb hodowlanych (np. karpowatych).

Zalecana dawka pokarmu to ok. 3% łącznej masy zwierząt na 48 godzin. Zapewnia ona regularne linienie i przyrosty masy, a także pozwala na prowadzenie produkcji warzyw liściowych i ziół na powierzchni około 5 m².

Uprawa roślin owocujących (co stwierdzono na przykładzie truskawki) jest utrudniona ze względu na wyższe wymagania pokarmowe (m.in. zapotrzebowanie na fosfor). Aby zoptymalizować produkcję tej grupy roślin rekomendowane jest suplementowanie nawozami organicznymi.

Wprowadzenie dodatkowego nawożenia jest możliwe, gdy produkcja zwierzęca i roślinna odbywa się w rozdzielonych obiegach wody, którą tylko okresowo przesyła się z sekcji zwierzęcej do roślinnej. Takie rozwiązanie umożliwia też utrzymywanie różnych odczynów w każdym z obiegów oraz maksymalizuje czystość wody w zbiornikach ze zwierzętami, ponieważ jej straty uzupełniane są odpowiednio oczyszczoną wodą wodociągową lub uzdatnioną wodą opadową.

Bibliografia

1. FAO. 2014. Small-scale aquaponic food production. FAO technical paper 589: 16-18
2. FAO. *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). Fisheries and Aquaculture Department: 1-12
3. Ghanawi J., Saoud I. 2012. Molting, reproductive biology and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). Aquaculture 358-359: 183-195
4. Jones C. 1989. The biology and aquaculture of *Ch. quadricarinatus*. Queensland Department of Primary Industries, Walkamin: 69-70
5. Sundar L., Chen G. 2020. Study on the growth performance of lettuce (*Letuca sativa*) and pak choi (*Brassica chinensis*) in different aquaponic growing systems. Horticulturae 6(4): 1-11
6. Ustawa z dnia 16 grudnia 2005 r. o produktach pochodzenia zwierzęcego, Dz. U. z 2006 r. Nr 17, poz. 127

H2O SCITECH – INSTYTUT WODY

Ul. Tarasa Szewczenki 24,
51-351 Wrocław, Polska

www.h2o-scitech.eu

www.aqfarm.eu

