ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

УДК 639.3:636.085.2
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.37

РІСТ МОЛОДІ АФРИКАНСЬКОГО СОМА (CLARIAS GARIEPINUS) ЗА РІЗНИХ РІВНІВ АРГІНІНУ У КОМБІКОРМАХ

Вознюк Р.Р. *– д.філос.,*
асистент кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П.Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-4710-5371
Голубєва Т.А. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П.Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-2467-5972
Недашківський В.М. *– д.с.-г.н., професор,*
завідувач кафедри генетики, розведення та годівлі тварин,
Білоцерківський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5487-6807
Соболєв О.І. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри генетики, розведення та годівлі тварин,
Білоцерківський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-3239-0560
Позняковський Ю.В. *– к.с.-г.н.,*
науковий співробітник кафедри годівлі тварин та технології кормів
імені П.Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-0120-0296

Статтю присвячено вивченню впливу різних співвідношень аргініну до лізину у складі екструдованих комбікормів на інтенсивність росту, ефективність використання корму та збереженість молоді африканського сома (Clarias gariepinus). Дослідження виконано

© Вознюк Р.Р., Голубєва Т.А., Недашківський В.М., Соболєв О.І., Позняковський Ю.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

в межах державного наукового проєкту № 0124U000924. Експериментальну частину проведено у 2026 році на базі ТОВ «Аквафарм» в умовах рециркуляційної аквакультурної системи (РАС) за температури води 26°С протягом 28 діб. Об'єктом дослідження слугувала молодь африканського сома з початковою середньою масою 44,91–45,02 г. Сформовано три групи риб по 1500 екземплярів, які отримували ізоазотисті й ізоенергетичні комбікорми зі співвідношенням аргініну до лізину 0,65 (1-ша контрольна), 1,00 (2-га) та 1,34 (3-тя дослідна), де вміст аргініну регулювали внесенням L-аргініну.

За результатами досліджень зафіксовано, що оптимізація співвідношення аргінін/лізин до 1,00 у раціоні 2-ї групи забезпечила найкращі ростові показники молоді африканського сома. Середня маса риб на 28 добу в цій групі становила 190,22 г, що на 7,68 г перевищувало показник контролю (182,54 г), хоча виявлена різниця не мала статистичної значущості ($p > 0,05$). Аналогічні тенденції зафіксовано за абсолютним (145,20 г) та середньодобовим приростом (5,19 г проти 4,91 г у контролі). Водночас збільшення співвідношення аргінін/лізин до 1,34 у 3-й групі призвело до пригнічення росту: середня маса риб склала 179,40 г, що поступилося показникові 2-ї групи на 10,82 г із наявністю статистично достовірної різниці ($p < 0,05$).

Показник конверсії корму в 3-й групі становив 0,787, що був найнижчим порівняно з контролем (0,847) та 2-ю групою (0,821). Збереженість риб протягом експерименту залишалася на високому рівні в усіх групах (97,67–98,23 %).

Зроблено висновок, що для стимулювання ростових процесів та підвищення ефективності використання корму в годівлі молоді африканського сома (Clarias gariepinus) оптимальним є застосування комбікормів зі співвідношенням аргініну до лізину 1,00.

Ключові слова: *африканський сом (Clarias gariepinus), аргінін, лізин, співвідношення амінокислот, інтенсивність росту, конверсія корму.*

Vozniuk R.R., Holubieva T.A., Nedashkivskyi V.M., Sobolev O.I., Poznyakovsky Yu.V. Growth performance of juvenile african catfish (Clarias gariepinus) fed diets with different arginine levels

The article is devoted to studying the effect of different dietary arginine-to-lysine (Arg:Lys) ratios in extruded compound feeds on growth performance, feed utilization efficiency, and survival rate of juvenile African catfish (Clarias gariepinus). The study was carried out within the framework of state research project № 0124U000924. The experimental part was conducted in 2026 at "Aquafarm" LLC in a recirculating aquaculture system (RAS) at a water temperature of 26 °C for 28 days. The object of the study was juvenile African catfish with an initial average body weight of 44.91–45.02 g. Three groups of fish with 1500 individuals each were formed and fed isonitrogenous and isoenergetic compound feeds with Arg:Lys ratios of 0.65 (1st control group), 1.00 (2nd experimental group), and 1.34 (3rd experimental group), where the arginine level was adjusted by adding crystalline L-arginine.

According to the research results, optimizing the arginine-to-lysine ratio to 1.00 in the diet of the 2nd group provided the best growth performance of juvenile African catfish. The average body weight of fish on day 28 in this group reached 190.22 g, which exceeded the control group indicator (182.54 g) by 7.68 g, although the observed difference was not statistically significant ($p>0,05$). Similar trends were recorded for absolute weight gain (145.20 g) and average daily gain (5.19 g vs. 4.91 g in control). At the same time, increasing the arginine-to-lysine ratio to 1.34 in the 3rd group resulted in growth suppression: the average body weight of fish was 179.40 g, which was significantly lower than that of the 2nd group by 10.82 g ($p<0,05$).

The feed conversion ratio in the 3rd group was 0.787, which was the lowest compared to the control group (0.847) and the 2nd group (0.821). Fish survival during the experiment remained high across all groups (97.67–98.23 %).

It was concluded that to stimulate growth processes and improve feed efficiency in juvenile African catfish (Clarias gariepinus) feeding, compound feeds with an arginine-to-lysine ratio of 1.00 are optimal.

Key words: *African catfish (Clarias gariepinus), arginine, lysine, amino acid ratio, growth performance, feed conversion ratio.*

Актуальність теми дослідження. Аквакультура є важливою галуззю виробництва продовольства для забезпечення глобальної продовольчої та нутрієнтної безпеки з метою подолання проблем голоду та недоїдання. За загальною думкою

науковців та експертів зростаючий світовий попит та водні біоресурси неможливо покрити лише за рахунок вилову в природних водоймах через надмірні обсяги, зміну клімату, забруднення та неналежне ведення рибного господарства [1, 2]. Водночас обсяги продукції аквакультури та її частка у світовому забезпеченні рибою значно зросли й досягли 122,6 млн тонн, з яких 87,5 млн тонн припадає на водних тварин, а 35,1 млн тонн – на водорості [1]. Крім того, за останні 20 років обсяги виробництва в аквакультурі зросли більш ніж утричі, що супроводжувалося численними досягненнями у напрямку забезпечення сталості цього сектору [3]. Наразі частка аквакультури у світовому забезпеченні харчовою рибою перевищує 50 %, випереджаючи показники промислового рибальства, обсяги вилову якого протягом останніх років загалом знижувалися [1].

Разом з тим, серед різноманіття перспективних об'єктів аквакультури особливе місце посідає африканський сом (*Clarias gariepinus*). Завдяки своїм унікальним біологічним особливостям цей вид набув значного поширення та популярності в аквакультурі країн Африки [4], Азії [5] та Європи [6, 7].

Водночас ефективне культивування *C. gariepinus* в РАС потребує використання високоякісних і збалансованих комбікормів із достатнім рівнем протеїну, необхідного для забезпечення високих темпів росту та реалізації продуктивного потенціалу риб [8]. Потреба кларієвого сома у протеїні та його поживна цінність досліджувалися в низці наукових робіт [9, 10, 11, 12], однак ефективність його використання значною мірою залежить від амінокислотного складу корму та збалансованості незамінних амінокислот [12, 13].

Дисбаланс незамінних амінокислот може потенційно призвести до зниження темпів росту та збільшення викиду метаболічних сполук азоту в навколишнє середовище [8]. Хоча в природі існує понад 200 різних типів амінокислот, лише 10 з них вважаються незамінними (або необхідними) для риб. Ці незамінні амінокислоти включають метіонін, аргінін, треонін, триптофан, гістидин, ізолейцин, лізин, лейцин, валін та фенілаланін, які не можуть синтезуватися рибою в достатніх кількостях для задоволення потреб клітин, тому їх необхідно отримувати з кормами [8, 13]. Отримання високих ростових показників *C. gariepinus* можливе лише за умови використання протеїну з оптимальним співвідношенням незамінних амінокислот.

Однак потреби африканського сома в окремих незамінних амінокислотах залишаються недостатньо вивченими. Окремі дослідження були присвячені визначенню потреб *C. gariepinus* у таких амінокислотах, як лізин [14, 15] та метіонін [16, 17], що підтверджує важливість оптимізації амінокислотного складу комбікормів. Водночас дані щодо потреби африканського сома в інших незамінних амінокислотах, зокрема аргініні, є обмеженими, що зумовлює необхідність подальших досліджень у цьому напрямі.

Постановка проблеми. Аргінін – незамінна амінокислота для оптимального росту риб. Він відіграє важливу фізіологічну роль і визнаний незамінною в раціоні багатьох видів риб і є найбільш універсальною амінокислотою для риб [12]. Дефіцит аргініну в раціоні призводить до уповільнення росту та поганого засвоювання білка, як показано у кижуча (*Oncorhynchus kisutch*) [18], європейського морського окуня (*Dicentrarchus labrax*) [19] та індійського великого коропа (*Cirrhinus mrigala*) [20].

Вміст аргініну є обмеженим у деяких джерелах рослинного протеїну, таких як кукурудзяне борошно, а також у раціонах на основі зеїну чи казеїну, тому потреба в цій амінокислоті має задовольнятися за рахунок її екзогенного надходження

з кормом [21]. Було показано, що внесення аргініну стимулює ріст та покращує ефективність засвоєння корму у багатьох видів риб. Залежно від видової специфіки, потреба в аргініні коливається від 1,0 % до 3,1 % сухої маси раціону, що відповідає 3,8–8,1 % від вмісту сирого протеїну [22].

Дослідження показали, що аргінін у раціоні відіграє фундаментальну роль у загальній активності імунної системи риб [23, 24]. Встановлено, що збагачення раціону аргініном у кількості, яка вдвічі перевищує норму, необхідну для оптимального росту, сприяє підвищенню виживаності канального сома (*Ictalurus punctatus*) після інфікування *Edwardsiella ictaluri* [25]. Внесення добавок аргініну стимулює макрофаги до секреції цитокінів – процес, який також опосередковується поліамінами [26]. Помірне надходження аргініну з кормом є оптимальним для посилення фагоцитозу, тоді як його вищі дози сприяють зростанню вмісту гемоглобіну, гематокриту та кількості еритроцитів у периферичній крові [25].

Водночас ефективність використання аргініну в організмі риб може залежати не лише від його абсолютного вмісту в кормі, а й від співвідношення з іншими амінокислотами, зокрема лізином. Аргінін і лізин мають подібні шляхи транспорту та метаболічні взаємозв'язки, унаслідок чого надлишок однієї з них потенційно може впливати на засвоєння та використання іншої [27]. Водночас характер і вираженість такої взаємодії можуть відрізнятися залежно від виду риб та рівня амінокислот у раціоні [28, 29, 30].

Водночас, незважаючи на важливу роль аргініну в забезпеченні росту, білкового обміну та фізіологічних функцій риб, питання його потреби в раціонах *C. gariepinus* залишається недостатньо вивченим. Кількість досліджень, безпосередньо присвячених визначенню потреби африканського сома в аргініні, є обмеженою, а наявні дані значною мірою отримані в дослідженнях попередніх років [31, 32].

З огляду на сучасні підходи до рецептури комбікормів та необхідність точного балансування амінокислотного складу раціонів, дослідження потреби *C. gariepinus* в аргініні залишається актуальним напрямом досліджень.

Методика досліджень. Дослідження проводились в межах державного наукового проєкту № 0124U000924. Дослідження впливу різних рівнів аргініну в комбікормах для африканського сома (*Clarias gariepinus*) проведено у 2026 р. на базі ТОВ «Аквафарм» (м. Васильків, Київська обл., Україна).

З метою оцінки впливу співвідношення аргініну до лізину у раціоні на інтенсивність росту та ефективність використання корму *C. gariepinus* було сформовано три дослідні групи риб. Особини контрольної (1-ї) групи отримували комбікорм з співвідношення аргініну до лізину 0,65. У раціонах 2-ї та 3-ї дослідних груп це співвідношення оптимізували до 1,00 та 1,34 відповідно. Тривалість досліду становила 28 діб від початкової середньої маси близько 45 г (табл. 1).

Таблиця 1

Схема досліду

Показник	Група		
	1	дослідні	
	контрольна	2	3
Вміст аргініну в кормі по відношенню до лізину, %	66	100	134
Кількість риб у досліді, екз.	1500	1500	1500
Середня маса 1 екз. риб на початку досліду, г	45	45	45

На початку досліду для кожної групи за принципом аналогів відібрали по 1500 екз. риб з початковою середньою масою 45,02–44,91 г, яких утримували у круглих басейнах робочим об'ємом 1 м³, діаметром 1,5 м і висотою 0,75 м. Щільність посадки на початку досліду становила 67,37–67,53 кг/м³.

Піддослідних риб вирощували у рециркуляційній аквакультурній системі (РАС), яка складалася з круглих басейнів, фільтра механічного очищення, сумматора та фільтра біологічного очищення. Водообмін у системі відбувався один раз на годину, щоденна підміна води становила 10 % об'єму системи. Температуру води в РАС протягом усього досліду підтримували на рівні 26°С. що відповідає умовам вирощування молоді кларієвого сома. Контроль температури проводився щоденно. Тривалість досліду становила 28 діб.

Добова норма згодовування комбікорму для піддослідних риб становила 4,5 % від маси риб. Розмір гранул комбікорму – 3,0 мм.

Хімічний склад комбікормів визначали в лабораторії кафедри годівлі тварин та технології кормів ім. П. Д. Пшеничного Національного університету біоресурсів і природокористування України з використанням стандартних методик відповідно до чинних державних стандартів України.

Вміст сухої речовини та вологи у комбікормах визначали методом висушування у сушильній шафі СНОЛ 58/350: загальну вологу – за температури 65 ± 2°С, гігроскопічну вологу – за температури 103 ± 2°С. Вміст сирої золи визначали методом сухого озолення у муфельній печі SNOL-8.2/1100 за температури 550 ± 20°С.

Загальний азот визначали за методом К'єльдаля: озолення проводили на блоці Gerhardt Turbotherm TT-625, дистиляцію – на напівавтоматичному паровому дистиляторі VELP Scientifica UDK139. Вміст сирого протеїну розраховували за коефіцієнтом 6,25.

Вміст сирого жиру визначали методом Сокслета на апараті Gerhardt Soxtherm SOX 412, як екстрагент використовували діетиловий ефір. Сиру клітковину визначали за методом Геннеберга і Штомана шляхом послідовного промивання зразків у розведеній сірчаній кислоті та розчині гідроксиду калію з використанням апарата Gerhardt FibreBag-System FBS6.

Вміст безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) визначали розрахунковим методом як різницю між вмістом органічної речовини та сумою сирого протеїну, сирого жиру і сирої клітковини.

Вміст амінокислот визначали на автоматичному аналізаторі амінокислот ААА Т-339 після кислотного гідролізу білка 6 М розчином хлористоводневої кислоти протягом 24 год за температури 110°С. Для калібрування та кількісної оцінки хроматограм використовували стандартні розчини амінокислот Lachema. Вміст триптофану визначали окремо після лужного гідролізу зразків (4 М NaOH, 100–110°С) із подальшим іонообмінно-хроматографічним розділенням на тому самому аналізаторі з флуориметричним детектуванням (λ збудження = 280 нм).

Наприкінці досліду було проведено зважування риб із використанням лабораторних електронних ваг AXIS AD 500. Обліку підлягала вибірка, що становила щонайменше 10 % від загальної чисельності особин у кожній групі. За результатами зважувань визначали збереженість поголів'я, абсолютний та середньодобовий прирости, відносний приріст, споживання корму та витрати корму на 1 кг приросту.

Обробку біометричних даних проводили на персональному комп'ютері з використанням програми Statistica 10. Достовірність відмінностей між групами оцінювали

за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з подальшим використанням критерію множинних порівнянь Тьюкі HSD та Тьюкі-Крамера як пост-хок тесту. Нормальність розподілу вибіркових даних перевіряли за допомогою критерію Шапіро-Вілка та P-plot (ймовірнісного графіка). У разі, якщо розподіл даних істотно відрізнявся від нормального, застосовували непараметричний критерій Манна–Уїтні. Різницю між групами вважали статистично достовірною при $p < 0,05$.

Результати досліджень. Під час проведення досліду рибу годували трьома ізоазотистими та ізоенергетичними екструдованими комбікормами, збалансованими відповідно до потреб *C. gariepinus* у період вирощування від 45 г до до закінчення дослідного періоду. Комбікорми відрізнялися лише за вмістом аргініну, рівень якого регулювали внесенням кристалічного L-аргініну. При цьому співвідношення аргінін:лізин становило 0,65 у комбікормі для 1-ї (контрольної) групи, 1,00 – для 2-ї та 1,34 – для 3-ї дослідної групи. Решта компонентів рецептури була однаковою для всіх груп. Рецептуру досліджуваних комбікормів наведено у таблиці 2, а їх хімічний склад та поживну цінність – у таблиці 3.

Таблиця 2

Рецепти досліджуваних комбікормів

Показник	Групи		
	1 контрольна	дослідні	
		2	3
Рибне борошно	25,221	25,221	25,221
Висівки пшеничні	2,702	2,702	2,702
Зерно пшениці	9,728	9,980	10,215
Кров'яне борошно	7,386	5,693	4,053
Високобілковий соняшниковий концентрат	7,882	7,882	7,882
Соєвий шрот	7,882	7,882	7,882
Премікс	1,982	1,982	1,982
Кормові дріжджі	3,603	3,603	3,603
Зерно кукурудзи	11,710	11,710	11,710
Альгімун (сульфатовані полісахариди)	0,180	0,180	0,180
Сіль кухонна	0,090	0,090	0,090
L-лізин	1,802	1,802	1,802
DL-метіонін	0,901	0,901	0,901
L-Аргінін 98,5 %	0,000	1,441	2,846
Глютен пшеничний	9,008	9,008	9,008
Соєва олія	0,901	0,901	0,901
Фосфатидний концентрат соняшниковий	0,901	0,901	0,901
Риб'ячий жир	4,053	4,053	4,053
Жир кормовий	4,053	4,053	4,053
Антиоксидант	0,015	0,015	0,015
Разом	100	100	100

Початкова маса піддослідних особин у всіх групах була однорідною та статистично не мала істотних відмінностей, коливаючись у межах від 44,91 до 45,02 грамів (табл. 4).

Таблиця 3

Хімічний склад та поживна цінність досліджуваних комбікормів

Показник	Групи		
	1 контрольна	дослідні	
		2	3
Суха речовина, %	90,00	90,00	90,00
Валова енергія, МДж	1,731	1,731	1,731
Сирий протеїн, %	42,093	42,092	42,098
у сирому протеїні міститься, %:			
лізин	4,379	4,368	4,358
гістидин	1,419	1,411	1,402
аргінін	2,867	4,352	5,819
треонін	2,187	2,182	2,176
метіонін	3,128	3,123	3,118
валін	2,745	2,733	2,722
фенілаланін	2,712	2,703	2,694
ізолейцин	1,905	1,903	1,901
лейцин	4,099	4,082	4,067
Сирий жир, %	12,132	12,133	12,133
Сира клітковина, %	2,125	2,125	2,126
БЕР, %	24,763	24,772	24,775
Сира зола, %	6,982	6,981	6,980

Таблиця 4

Продуктивні показники молоді кларієвого сома за різного співвідношеннння аргініту до лізину

Показник	Групи		
	1 контрольна	Дослідні	
		2	3
Досліджуваний фактор: аргінін/лізин, %	66	100	134
Збереженість риб, %	98,23	98,00	97,67
Маса риб на початку досліду (x±SD, n=1500), г	45,02±2,907	45,02±2,854	44,91±2,840
Маса риб на 28 добу досліду (x±SD, n=150), г	182,54±29,797^{ab}	190,22±27,592^{a}	179,40±32,337^{b}
Абсолютний приріст, г	137,52	145,20	134,49
Середньодобовий приріст, г	4,91	5,19	4,80
Відносний приріст, %	120,86	123,45	119,91
Витрати корму на 1 кг приросту, кг	0,847	0,821	0,787

Примітки: Значення з різними надрядковими літерами (a, b) у межах одного рядка достовірно різняться при $p < 0,05$ (критерій Тьюкі HSD).

У результаті проведених досліджень зафіксовано, що особини 2-ї групи, які отримували комбікорм із співвідношенням аргініну до лізину 1,00, за середньою масою тіла переважали рибу контрольної групи, якій згодовували комбікорм з співвідношенням агрініну до лізину 0,65, на 7,68 грамів. Попри тенденцію до збільшення даного показника, виявлена розбіжність виявилася статистично незначущою ($p > 0,05$).

Разом із цим у 3-й дослідній групі, особини якої споживали комбікорм із співвідношенням аргініну до лізину 1,34, спостерігалися дещо нижчі показники росту. Зокрема, середня маса риб у цій групі була меншою за контроль на 3,14 грамів, що також не мало статистичної значущості ($p > 0,05$). Проте між 2-ю та 3-ю дослідними групами зафіксовано статистично достовірну різницю: середня маса риб 3-ї групи поступилася показникові 2-ї групи на 10,82 грамів ($p < 0,05$).

Показники абсолютного приросту маси риби характеризувалися аналогічною тенденцією. Особини 3-ї дослідної групи поступалися за цим параметром контролю на 3,03 грамів, а 2-й дослідній групі – на 10,71 грамів. Разом із цим, риба 2-ї групи перевищувала контрольну за абсолютним приростом маси на 7,68 грамів.

Аналіз середньодобового приросту показав, що найкращі результати спостерігалися у 2-й дослідній групі, де цей показник становив 5,19 грамів. Це на 0,28 грамів перевищувало значення контрольної групи та на 0,39 грамів – показник 3-ї дослідної групи.

Щодо відносного приросту маси риби, то найвищий показник зафіксовано у 2-й дослідній групі, де він становив 123,45 %. У контрольній групі цей параметр складав 120,86 %, тоді як найнижче значення спостерігалося у 3-й дослідній групі – 119,91 %.

За результатами досліджень виявлено відмінності у показниках конверсії корму між дослідними та контрольною групами. Зокрема, найкращий коефіцієнт конверсії корму спостерігався у 3-й дослідній групі й становив 0,787, що на 0,060 менше порівняно з контролем та на 0,034 нижче порівняно з 2-ю групою.

Збереженість риб залишалася на високому рівні впродовж усього експериментального періоду. У контрольній групі цей показник був найвищим і становив 98,23 %. У 2-й дослідній групі збереженість поступалася контролю на 0,23 %, а в 3-й групі – на 0,56 %.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що використання комбікорму зі співвідношенням аргініну до лізину 1,00 забезпечило найкращі ростові показники африканського сома (*Clarias gariepinus*), перевищивши контроль за середньою масою на 7,68 г ($p > 0,05$), та сприяло покращенню конверсії корму. Згодовування ж раціону зі співвідношенням аргініну до лізину 1,34 призвело до пригнічення росту риби, унаслідок чого середня маса особин 2-ї групи достовірно переважала показник 3-ї групи ($p < 0,05$).

Таким чином, для стимулювання ростових процесів та підвищення ефективності використання корму в годівлі кларієвого сома найкраще застосовувати співвідношення аргініну до лізину 1,00.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. The state of world fisheries and aquaculture 2022. FAO, 2022. URL: https://doi.org/10.4060/cc0461en

2. Climate change effects on aquaculture production: sustainability implications, mitigation, and adaptations / S. Maulu et al. *Frontiers in sustainable food systems*. 2021. Vol. 5. URL: https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.609097

3. A 20-year retrospective review of global aquaculture / R. L. Naylor et al. Nature. 2021. Vol. 591, no. 7851. P. 551–563. URL: https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6

4. Addressing catfish (clarias spp.) supply gap in nigeria: a perspective on strategies for sustainable aquaculture growth / K. Srikulnath et al. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, no. 21. P. 9645. URL: https://doi.org/10.3390/su17219645

5. Sustainable aquaculture in thailand: balancing economic growth and ecological integrity with north african catfish integration / K. Srikulnath et al. Aquaculture research. 2025. Vol. 2025, no. 1. URL: https://doi.org/10.1155/are/2688051

6. Proteau J.-P., Hilge V., Linhart O. État actuel et perspectives de la production aquacole des poissons-chats (Siluroidei) en Europe. *Aquatic living resources*. 1996. Vol. 9. P. 229–235. URL: https://doi.org/10.1051/alr:1996057

7. Pasch J., Palm H. W. Economic analysis and improvement opportunities of african catfish (clarias gariepinus) aquaculture in northern germany. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, no. 24. P. 13569. URL: https://doi.org/10.3390/su132413569

8. Nutritional requirements and effect of culture conditions on the performance of the African catfish (Clarias gariepinus): a review / S. Langi et al. Cogent food & agriculture. 2024. Vol. 10, no. 1. URL: https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2302642

9. Determination of optimum dietary crude protein requirement for maximum growth of african catfish (clarias gariepinus) / M. R. Ali et al. *Sarhad journal of agriculture*. 2024. Vol. 40, no. 2. URL: https://doi.org/10.17582/journal.sja/2024/40.2.595.602

10. Ahmad M. H. Response of African Catfish,Clarias gariepinus, to Different Dietary Protein and Lipid Levels in Practical Diets. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2008. Vol. 39, no. 4. P. 541–548. URL: https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00178.x

11. Wilson R. P., Moreau Y. Nutrient requirements of catfishes (Siluroidei). *Aquatic living resources*. 1996. Vol. 9. P. 103–111. URL: https://doi.org/10.1051/alr:1996045

12. Nutrient requirements of fish. Washington, D.C. : National Academies Press, 1993. URL: https://doi.org/10.17226/2115

13. Miles R. D., Chapman F. A. Benefits of fish meal in aquaculture diets. *Edis*. 2006. Vol. 2006, no. 12. URL: https://doi.org/10.32473/edis-fa122-2006

14. Dietary lysine requirement of the african catfish,clarias gariepinus / O. A. Fagbenro et al. *Journal of applied aquaculture*. 1998. Vol. 8, no. 2. P. 71–77. URL: https://doi.org/10.1300/j028v08n02_07

15. Nutritional requirements and effect of culture conditions on the performance of the African catfish (*Clarias gariepinus*): a review / S. Langi et al. *Cogent food & agriculture*. 2024. Vol. 10, no. 1. URL: https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2302642

16. Fagbenro O. A., Balogun A. M., Fasakin E. A. Dietary methionine requirement of the african catfish,clarias gariepinus. *Journal of applied aquaculture*. 1999. Vol. 8, no. 4. P. 47–54. URL: https://doi.org/10.1300/j028v08n04_06

17. Quantifying methionine requirement of juvenile African catfish (Clarias gariepinus) / F. E. Elesho et al. *Aquaculture*. 2021. Vol. 532. P. 736020. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736020

18. Luzzana U., Hardy R. W., Halver J. E. Dietary arginine requirement of fingerling coho salmon (Oncorhynchus kisutch). *Aquaculture*. 1998. Vol. 163, no. 1-2. P. 137–150. URL: https://doi.org/10.1016/s0044-8486(98)00228-2

19. Tibaldi E., Tulli F., Lanari D. Arginine requirement and effect of different dietary arginine and lysine levels for fingerling sea bass (Dicentrarchus labrax). *Aquaculture*. 1994. Vol. 127, no. 2-3. P. 207–218. URL: https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90427-8

20. Sveier H., Raae A. J., Lied E. Growth and protein turnover in Atlantic salmon (Salmo salar L.); the effect of dietary protein level and protein particle size. *Aquaculture*. 2000. Vol. 185, no. 1-2. P. 101–120. URL: https://doi.org/10.1016/s0044-8486(99)00344-0

21. Mai K., Mercer J. P., Donlon J. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, Haliotis tuberculata L. and Haliotis discus hannai Ino. Aquaculture. 1994. Vol. 128, no. 1-2. P. 115–130. URL: https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90107-4

22. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, D.C. : National Academies Press, 2011. URL: https://doi.org/10.17226/13039

23. Quantitative arginine requirement of Atlantic salmon (Salmo salar) reared in sea water / S. P. Lall et al. *Aquaculture*. 1994. Vol. 124, no. 1-4. P. 13–25. URL: https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90350-6

24. Effects of dietary arginine on hematological parameters and innate immune function of channel catfish / J. A. Buentello et al. *Journal of aquatic animal health*. 2007. Vol. 19, no. 3. P. 195–203. URL: https://doi.org/10.1577/h07-004.1

25. Buentello J. A., Gatlin D. M. The dietary arginine requirement of channel catfish (Ictalurus punctatus) is influenced by endogenous synthesis of arginine from glutamic acid. *Aquaculture*. 2000. Vol. 188, no. 3-4. P. 311–321. URL: https://doi.org/10.1016/s0044-8486(00)00344-6

26. Dietary arginine requirement of juvenile yellow grouper Epinephelus awoara / Q.-C. Zhou et al. *Aquaculture*. 2012. Vol. 350-353. P. 175–182. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.042

27. Evaluating the impact of arginine-to-lysine ratios on growth performance, antioxidant defense, and immune modulation in juvenile largemouth bass (micropterus salmoides) / Y. Sun et al. *Animals*. 2025. Vol. 15, no. 13. P. 1947. URL: https://doi.org/10.3390/ani15131947

28. Effects of dietary arginine and lysine levels on growth performance and biochemical parameters of juvenile Japanese flounder Paralichthys olivaceus / M. S. Alam et al. *Fisheries science*. 2002. Vol. 68, no. 3. P. 509–516. URL: https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00455.x

29. Effects of different arginine/lysine level on growth performance, body composition and digestive enzyme activity of Macrobrachium rosenbergii / X. J. Dong et al. *Aquaculture nutrition*. 2018. Vol. 24, no. 3. P. 1101–1111. URL: https://doi.org/10.1111/anu.12649

30. Berge G. E., Sveier H., Lied E. Effects of feeding Atlantic salmon (Salmo salar L.) imbalanced levels of lysine and arginine. *Aquaculture nutrition*. 2002. Vol. 8, no. 4. P. 239–248. URL: https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2002.00211.x

31. Fagbenro O. A., Nwanna L. C., Adebayo O. T. Dietary arginine requirement of the african catfish,clarias gariepinus. Journal of applied aquaculture. 1999. Vol. 9, no. 1. P. 59–64. URL: https://doi.org/10.1300/j028v09n01_05

32. Singh S., Khan M. A. Dietary arginine requirement of fingerling hybridClarias(Clarias gariepinus×Clarias macrocephalus). *Aquaculture research*. 2006. Vol. 38, no. 1. P. 17–25. URL: https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01618.x

Дата першого надходження статті до видання: 25.10.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026