

УДК 639.4/636.02

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.2.32>

## ВПЛИВ СКЛАДУ КАЛЬЦІЄВОЇ СУМІШІ В РАЦІОНІ ХАРЧУВАННЯ НА РІСТ І РОЗВИТОК РАВЛИКІВ

**Ткачук О.П.** – д.с.-г.н.,

професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища,  
Вінницький національний аграрний університет

**Левчук О.В.** – к.пед.н.,

доцент кафедри математики, фізики та комп'ютерних технологій,  
Вінницький національний аграрний університет

**Крижанівський В.В.** – студент III курсу факультету екології, лісівництва  
та садово-паркового господарства,  
Вінницький національний аграрний університет

У статті наведено результати експериментальних досліджень впливу різного складу кальцієвої суміші у раціоні харчування на ріст і розвиток равликів, зокрема динаміку розмірів і маси. Доведено вплив різного складу кальцієвої суміші в раціоні харчування на ріст і розвиток равликів двох видів: *Achatina tigrava* і *Achatina fulica*. З'ясовано відмінності у рості і розвитку кожного з видів ахатин. Виявлено найкращий харчовий раціон (кальцієву суміш з овочами та фруктами) для кожного з двох видів моллюсків. В неї входить: подрібнена в порошок шкаралупа курячих яєць, як природний кальцій для равликів – 80 г, сухий білковий корм гамарус, який використовується в якості корму для акваріумних рибок та черепах – 10 г, гречка – 50 г, кунжут – 30 г, каша «Геркулес» – 30 г, рибне борошно – 60 г, трикальцій фосфат-неорганічна суміш з мікроелементів – 60 г.

При вивченні впливу різних складів кальцієвої суміші в раціоні на ріст і розвиток равликів двох видів можна використовувати наступні методи математичної обробки: описову статистику, дисперсійний аналіз, регресійний аналіз. Крім того для групування равликів, які демонструють схожі моделі росту та розвитку на основі складу суміші кальцію в раціоні можна використовувати кластерний аналіз. Для визначення найважливіших факторів, які сприяють росту та розвитку равликів можна використовувати аналіз основних компонентів. Цей аналіз може допомогти визначити, які фактори, такі як склад кальцієвої суміші в раціоні або фактори навколишнього середовища, мають найбільш значний вплив на ріст і розвиток равликів.

Загалом, математична обробка даних є важливим кроком у дослідженні впливу різних складів кальцієвої суміші в раціоні на ріст і розвиток равликів двох видів. Комбінація описової статистики, дисперсійного аналізу, регресійного аналізу, кластерного аналізу та аналіз основних компонентів дозволить дослідникам краще зрозуміти взаємозв'язок між раціоном харчування та ростом і розвитком равлика. Зазначений підхід дозволить приймати обґрунтовані рішення щодо оптимального складу суміші кальцію в раціон для різних видів равликів.

**Ключові слова:** равлики, харчування, раціон, кальцій, ріст, довжина, маса, математична обробка.

**Tkachuk O.P., Levchuk O.V., Kryzhanivskiy V.V. Influence of the composition of the calcium mixture in the diet on the growth and development of snails**

The article presents the results of experimental research on the effect of different composition of calcium mixture in the diet on the growth and development of snails, in particular the dynamics of size and mass. The effect of different composition of calcium mixture in the diet on the growth and development of snails of two species: *Achatina tigrava* and *Achatina fulica* was proven. Differences in the growth and development of each species of achatina have been clarified. The best food ration (calcium mixture with vegetables and fruits) for each of the two types of molluscs was found. It includes: powdered chicken eggshell as natural calcium for snails – 80 g, dry protein food hamarus, which is used as feed for aquarium fish and turtles – 10 g, buckwheat – 50 g, sesame – 30 g, porridge «Hercules» – 30 g, fish meal – 60 g, tricalcium phosphate-inorganic mixture of trace elements – 60 g.

When studying the influence of different compositions of the calcium mixture in the diet on the growth and development of snails of two species, the following methods of mathematical processing can be used: descriptive statistics, variance analysis, regression analysis. In addition, cluster analysis can be used to group snails that show similar patterns of growth and development based on the composition of the calcium mixture in the diet. Principal component analysis can be used to determine the most important factors that contribute to the growth and development of snails. This analysis can help determine which factors, such as the composition of the calcium mixture in the diet or environmental factors, have the most significant effect on the growth and development of snails.

In general, the mathematical processing of the data is an important step in the study of the influence of different compositions of the calcium mixture in the diet on the growth and development of snails of two species. A combination of descriptive statistics, analysis of variance, regression analysis, cluster analysis, and principal component analysis will allow researchers to better understand the relationship between diet and snail growth and development. This approach will make it possible to make informed decisions about the optimal composition of the calcium mixture in the diet for different types of snails.

**Key words:** snails, nutrition, diet, calcium, growth, length, weight, mathematical processing.

**Постановка проблеми.** Одними з найдавніших мешканців планети є равлики (ахатини, *Achatina*). Ці молюски з'явилися більше 500 мільйонів років тому. Ахатини – це найбільший наземний черевоногий молюск, який відноситься до класу черевоногих молюсків підкласу легеневих равликів. Вони добре адаптуються до середовища існування та розповсюджені по всій земній кулі. Тіло їх асиметричне і складається з ноги з підошвою, тулуба та голови. В черепашку голова і нога втягуються з допомогою дуже сильного спеціального мускула.

Батьківщина Ахатин – східна Африка: Танзанія і Кенія. Вони були завезені в країни Південної та Південно-Східної Азії на острови Тихого океану, Карибського моря. Ахатини були також спеціально розповсюджені по Європі для розведення і живання в їжу через їх високу кулінарну цінність. Багато кухонь світу використовують їх м'ясо в якості делікатесу. Функціонують навіть спеціальні ферми для їх розведення. Віднедавна вчені почали використовувати равлика в якості донора нервової тканини для лікування мозку. Уже навіть є результати подібної терапії у шурів. Вивчення цих молюсків – це перспектива розвитку. Тому дослідження особливостей росту равликів на основі екотрофних харчових зв'язків, є особливо актуальним для застосувань у різних сферах, де цих молюсків потрібно утримувати в лабораторних умовах.

Кальцій є важливим мінералом для росту та розвитку равликів, оскільки він необхідний для формування їхніх черепашок. Таким чином, наявність і склад кальцію в раціоні може мати значний вплив на ріст і розвиток равликів. Тому питання розробки кормового раціону та оптимального складу кальцієвої суміші у харчуванні для різних видів равликів є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найпопулярнішими видами равликів є *Achatina achatina*, *Archachatina marginata* і *Achatina fulica*. Проте економічна цінність *Achatina fulica* нижча інших. Найживанішим у глобальному масштабі є найбільший наземний равлик *Achatina achatina*, але його важче розводити [1].

Харчовий потенціал окремих видів равликів є досить значним. М'ясо равликів є дієтичною альтернативою традиційному м'ясу, адже воно відрізняється високим вмістом білка та низьким вмістом жиру. До того ж вживання равликів не показало потенційного ризику для здоров'я людини через забруднення токсичними металами [2].

Загалом, науковці сходяться в думці що м'ясо морського равлика має високий вміст вуглеводів та є джерелом вітаміну Е, фосфору, калію, кальцію та натрію [3]. Підтверджено потенціал черепашки равликів у якості джерела корму для бройлерів

та курей-несучок, дрібною та великої рогатої худоби [4]. Тому питання, пов'язані з впливом раціону на ріст та характеристики равликів є актуальними [5–8].

Результати досліджень впливу різних доз кальцію в раціоні на ріст та твердість черепашки равлика *Helix aspersa* свідчать про незначні відмінності в рості. Окремі дані вказують на позитивний вплив дієти на черепашку равлика, за якою кальцій не включається в раціон, а пропонується окремо [9].

Визначення характеру впливу харчового кальцію на ріст та товщину черепашки в тканинах равлика *Achatina fulica* свідчать про змінність дії концентрації кальцію на масу. Спочатку загальна маса зростає, а з часом знижується за рахунок потоншення черепашки [10].

**Постановка завдання.** Метою наших досліджень було за допомогою екотрофічних харчових зв'язків виявити вплив різного складу кальцієвої суміші в раціоні харчування на ріст і розвиток равликів видів: *Achatina tigrava* і *Achatina fulica*; виявити відмінності у рості і розвитку кожного з видів ахатин; встановити найкращий харчовий раціон для кожного з досліджуваних видів моллюсків.

Для досліду було використано по шість равликів з кожного виду Ахатин (*Achatina tigrava* та *Achatina fulica*). Кожен равлик розвивався окремо в прозорому контейнері об'ємом 2 літри. В контейнери насипали 1–2 см кокосового субстрату і висадили котячу траву для постійного корму. В равликів виду *Achatina tigrava* вологість в контейнері підтримували близько 80%, а в равликів виду *Achatina fulica* – 60%. Це зумовлено тим, що равлики *Achatina tigrava* вимагають більш вологого середовища, ніж равлики *Achatina fulica*. Для підтримання оптимальної вологості контейнери та моллюсків обприскували теплою водою 1–3 рази на день. Температуру підтримували на рівні 20–27 °С. Для цього під контейнер був постелений термічний коврик з регулятором температурного режиму.

Равликів годували один раз у три дні. Раціон харчування складався із трьох варіантів: Перший варіант включав збалансований корм із кальцієвої суміші з овочами та фруктами. В неї входить: подрібнена в порошок шкаралупа курячих яєць, як природний кальцій для равликів – 80 г, сухий білковий корм гамарус, що використовується в якості корму для акваріумних рибок та черепах – 10 г, гречка – 50 г, кунжут – 30 г, каша «Геркулес» – 30 г, рибне борошно – 60 г, трикальцій фосфат – неорганічна суміш з мікроелементів – 60 г. Другий варіант включав подрібнену в порошок шкаралупу яєць з овочами та фруктами. Третій варіант передбачав харчування равликів овочами та фруктами (банани, огірки, капуста, помідори та інше) без інших харчових домішок.

Масу равликів вимірювали спеціальними електронними ювелірними вагами. Довжину равликів визначали по черепашці равлика за допомогою лінійки. Кожному равлику з двох видів присвоювали латинські літери –  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ . Два равлики з кожного виду ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) споживали збалансовану кальцієву суміш. Інші два равлики ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) – подрібнену в порошок шкаралупу яєць з овочами і фруктами. Ще два равлика ( $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ ) споживали овочі і фрукти без інших харчових домішок.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Равлик *Achatina tigrava* отримав свою назву за ефектний колір, схожий на тигровий. Сягають ці моллюски довжини понад 30 см, а маса становить до 500 г. Черепашки у цих моллюсків мають насичений помаранчевий або яскраво-жовтий колір, а на цьому тлі – візерунок з темно-коричневих ліній. Вони виглядають граціозно, мають благородний вид, неквапливі, здаються навіть ледачими – весь денний час проводять, зарившись в ґрунтову підстилку і лише з настанням темряви вибираються «пополювати» на смачні свіжі овочі.

*Achatina fulica* – великий сухопутний африканський равлик, який досить часто живе в тераріумах, окремі екземпляри досягають довжини до 20 см. Може досягати маси 350 г. Колір черепашки варіює залежно від раціону, зазвичай вона смугаста жовтих і червоно-коричневих відтінків.

Моллюски активні при температурі від 9 °С до 29 °С, а при температурі від 2 °С до 8 °С вони впадають в сплячку. Ахатини харчуються зеленими частинами рослин і плодами. Для побудови черепашки ахатини охоче поїдають вапняні породи, черепашки мертвих моллюсків, крейду і шкаралупу яєць.

Для дослідження впливу різних складів кальцієвої суміші в раціоні на ріст і розвиток равликів цих видів, ми виконали наступні кроки: створили експериментальне середовище, придатне для росту та розвитку равликів. Воно включало забезпечення відповідного субстрату, температури, вологості та освітленості; підготували різні раціони для равликів, змінюючи склад кальцію в раціоні; розділили равликів двох видів на 3 групи, кожна з яких отримала різний раціон, переконавшись, що групи мають однаковий розмір і вік; спостерігали за ростом і розвитком равликів протягом певного періоду часу та регулярно фіксували масу та довжину равликів (табл. 1); здійснили аналіз зібраних даних, щоб визначити вплив різних складів суміші кальцію в раціоні на ріст і розвиток равликів; порівняли довжину і масу равликів з кожного раціону та визначили, який раціон є найбільш корисним для росту та розвитку кожного виду равликів; встановили висновки за результатами експерименту та визначили основні закономірності і тенденції, що описують ріст та розвиток равликів.

Аналіз одержаних результатів та зведення їх до наочного вигляду було здійснено засобами Mathcad (рис. 1). Для обробки даних було обрано названу універсальну інтегровану систему, яка має значні можливості в роботі із задачами математичної статистики. Зокрема містить численну кількість вбудованих спеціальних функцій, що дозволяють швидко опрацювати вибірку випадкових величин [11, 12].

Статистичний аналіз Mathcad дав змогу уникнути громіздких обчислень з використанням поширених формул для знаходження числових характеристик випадкових величин, достатньо тільки ввести дані спостережень чи результати вимірювання.

Таблиця 1

**Динаміка показників росту ахатин виду *Achatina tigrava***

Варіант	Досліджувані показники	Днів від початку досліді							
		1	8	15	22	29	36	43	50
α 1	Довжина, мм	35	39	40	42	45	46	47	47
	Маса, г	8,70	9,28	9,50	9,72	9,97	10,80	12,73	13,05
β 1	Довжина, мм	35	37	38	40	42	43	44	44
	Маса, г	8,70	8,90	9,23	9,50	9,66	10,00	11,25	11,56
δ 1	Довжина, мм	35	36	37	38	40	41	41	42
	Маса, г	8,70	8,80	8,90	9,00	9,25	9,30	10,20	10,40

На окремих етапах нами було використано методи математичної статистики, вибір яких зумовлений специфікою дослідження. Початкові дані (зміна показників росту) ми формували у вигляді матриць. При вивченні впливу різних складів кальцієвої суміші в раціоні на ріст і розвиток равликів двох видів, ми використовували різні методи математичної обробки.

Для підсумовування та опису даних, зібраних під час експерименту ми використовували описову статистику. Щоб забезпечити базове розуміння даних ми визначили міри центральної тенденції (середнє та медіана) і міри дисперсії (середнє квадратичне відхилення та розмах). Дані представлено на рис. 1 і 2.

Для перевірки статистичної значущості відмінностей між групами, в даному випадку равликami за різних раціонах, використовували дисперсійний аналіз. Це дозволило визначити, чи є відмінності в рості та розвитку равликів які харчувалися за різними раціонами, чи вони були значними, чи могли виникнути випадково.

Регресійний аналіз використовували для визначення зв'язку між складом кальцієвої суміші в раціоні та довжиною і масою равликів. Цей аналіз допоміг визначити характер залежності між двома змінними, і може бути використаний для прогнозування росту та розвитку равликів на різних дістах.

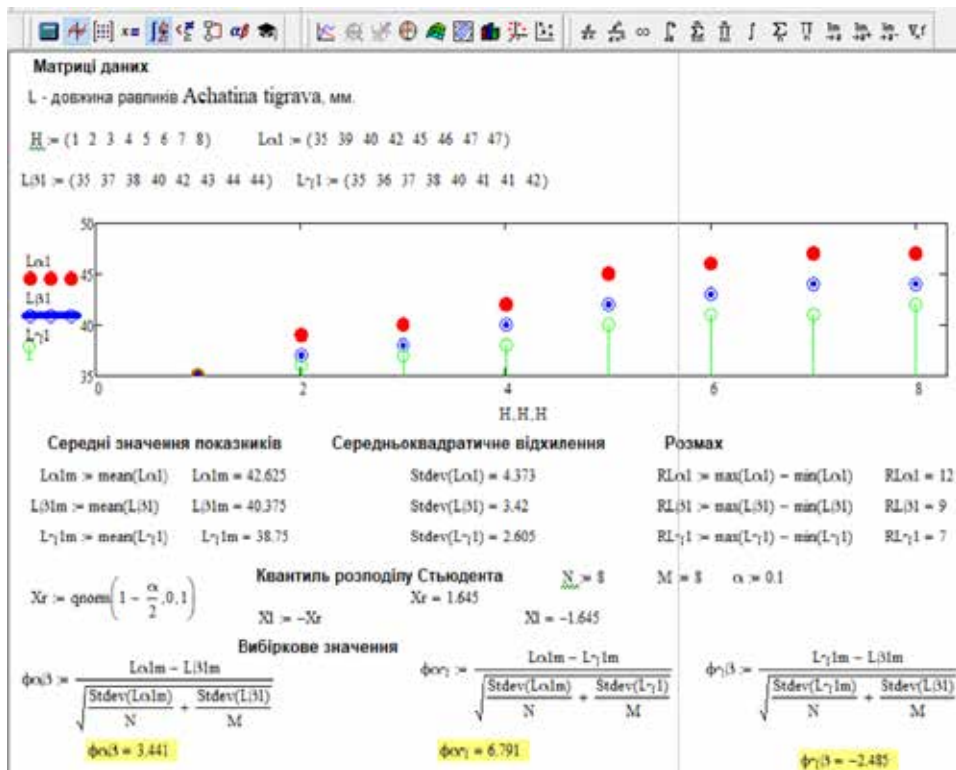


Рис. 1. Перевірка гіпотези про відмінність числових характеристик довжини, мм *Achatina tigrava*

З метою оцінки та порівняння показників росту (довжини та маси) було знайдено мінімальне, максимальне значення, середнє арифметичне, моду, медіану, дисперсію, середнє квадратичне відхилення, використовуючи вбудовані функції: mean, min, max, mode, median, Var, Stdev. Для прикладу на рис. представлено робочі документи Mathcad з характеристиками динаміки зміни довжини та маси равликів *Achatina tigrava*. Аналогічна обробка даних здійснювалась в інших випадках. На основі отриманих даних ми сформували таблиці.

Отож, на початку дослідження в молюсків виду *Achatina tigrava* показники росту однакові – маса 8,70 г і довжина 35 мм. За результатами дослідження ми виявили що найкращі показники росту має равлик  $\alpha_1$ : равлик  $\alpha_1$  – середня довжина 42,625 мм і маса 10,469 г; равлик  $\beta_1$  – середня довжина 40,375 мм і маса 9,85 г; равлик  $\gamma_1$  – середня довжина 38,75 мм і маса 9,319 г.

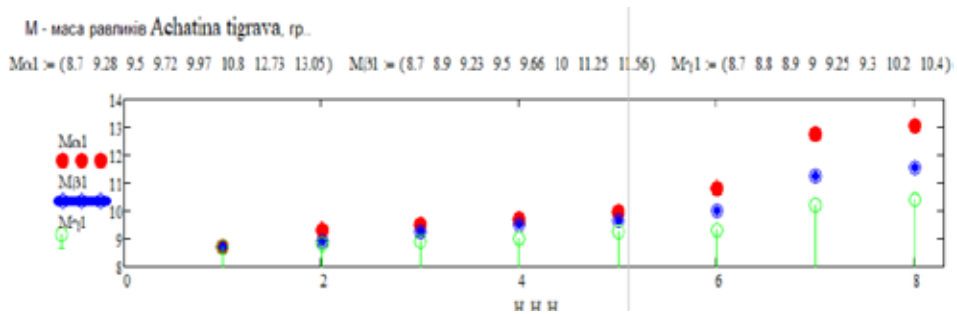


Рис. 2. Динаміка зміни маси, г *Achatina tigrava*

Таблиця 2

**Числові характеристики та коефіцієнти рівняння регресії показників росту *Achatina tigrava***

Равлик <i>Achatina tigrava</i>	Показник росту	Середнє значення <i>Mean</i>	Середнє квадратичне відхилення <i>Stdev</i>	Розмах <i>R</i>	Коефіцієнти рівняння регресії, $f(x) = ae^{bx} + c$
$\alpha_1$	Довжина, мм	42,625	4,373	12	$a = 3,416 \cdot 10^6$ $b = 5,054 \cdot 10^{-7}$ $c = -3,416 \cdot 10^6$
$\beta_1$		40,375	3,42	9	$a = 2,107 \cdot 10^6$ $b = 6,498 \cdot 10^{-7}$ $c = -2,107 \cdot 10^6$
$\gamma_1$		38,75	2,605	7	$a = 1,153 \cdot 10^6$ $b = 9,086 \cdot 10^{-7}$ $c = -1,153 \cdot 10^6$
$\alpha_1$	Маса, г	10,469	1,611	4,35	$a = 0,53$ $b = 0,285$ $c = 8,117$
$\beta_1$		9,85	1,047	2,86	$a = 0,459$ $b = 0,255$ $c = 8,142$
$\gamma_1$		9,319	0,641	1,7	$a = 0,135$ $b = 0,336$ $c = 8,511$

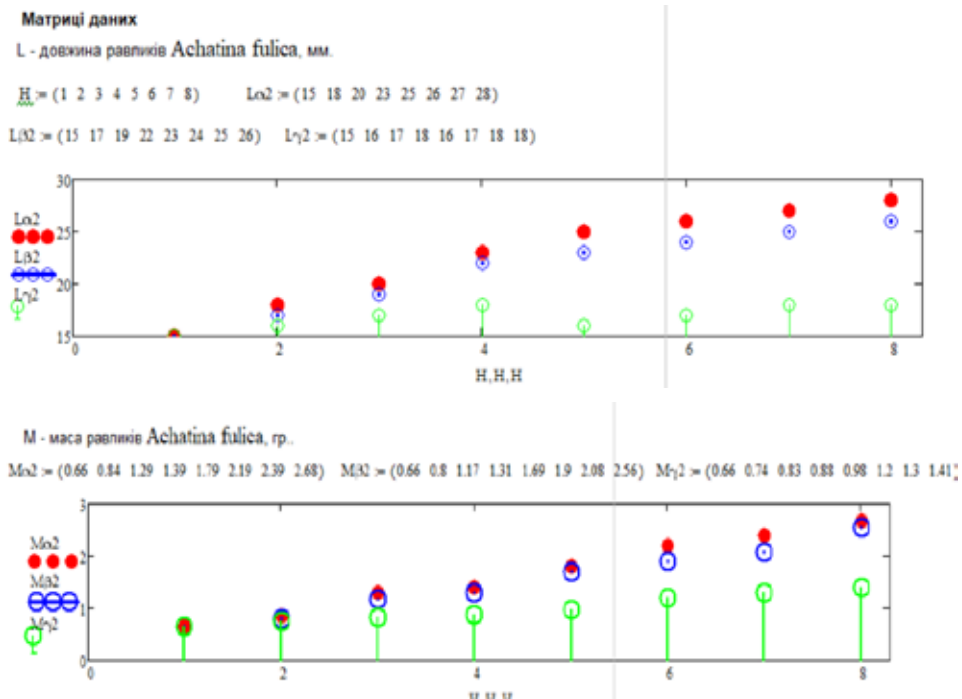
Розмах вибірки відповідно: 12; 9; 7 та 4,35; 2,86; 1,7. Також ми оцінили величини, що характеризують відхилення показників росту від середнього: дисперсію – 4,373; 3,42; 2,605 та 1,611; 1,047; 0,641.

В таблицях 3, 4 та рис. 3 наведено дані для равликів *Achatina tigrava*.

Таблиця 3

Динаміка показників росту *Achatina fulica*

Варіант	Досліджувані показники	Днів від початку досліду							
		1	8	15	22	29	36	43	50
$\alpha_2$	Довжина, мм	15	18	20	23	25	26	27	28
	Маса, г	0,66	0,84	1,29	1,39	1,79	2,19	2,39	2,68
$\beta_2$	Довжина, мм	15	17	19	22	23	24	25	26
	Маса, г	0,66	0,80	1,17	1,31	1,69	1,90	2,08	2,56
$\delta_2$	Довжина, мм	15	16	17	18	16	17	18	18
	Маса, г	0,66	0,74	0,83	0,88	0,98	1,20	1,30	1,41

Рис. 3. Динаміка зміни довжини, мм та маси, г *Achatina fulica*

Отже, на початку досліду показники росту равликів виду *Achatina fulica* були однакові – маса 0,66 грам і довжина 15 мм. З таблиці 2 ми бачимо що по завершенню досліду найвищі показники росту в равлика  $\alpha_2$ : равлик  $\alpha_2$  – середня маса 1,654 г і довжина 22,75 мм; равлик  $\beta_2$  – середня маса 1,521 г і довжина 21,375 мм; равлик  $\gamma_2$  – середня маса 1 г і довжина 16,875 мм. Розмах вибірки відповідно: 13; 11; 3 та 2,02; 1,9; 0,75. Дисперсія – 4,652; 3,962; 1,126 та 0,732; 0,654; 0,274.

Таблиця 4

**Числові характеристики та коефіцієнти рівняння регресії  
показників росту *Achatina fulica***

Равлик <i>Achatina fulica</i>	Показник росту	Середнє значення <i>Mean</i>	Середнє квадратичне відхилення <i>Stdev</i>	Розмах <i>R</i>	Коефіцієнти рівняння регресії, $f(x) = ae^{bx} + c$
$\alpha_2$	Довжина, см	22,75	4,652	13	$a = 2,991 \cdot 10^6$ $b = 6,21 \cdot 10^{-7}$ $c = -2,991 \cdot 10^6$
$\beta_2$		21,375	3,962	11	$a = 2,539 \cdot 10^6$ $b = 6,237 \cdot 10^{-7}$ $c = -2,539 \cdot 10^6$
$\gamma_2$		16,875	1,126	3	$a = 4,346 \cdot 10^5$ $b = 7,943 \cdot 10^{-7}$ $c = -4,346 \cdot 10^5$
$\alpha_2$	Маса, г	1,654	0,732	2,02	$a = 27,449$ $b = 0,01$ $c = -27,111$
$\beta_2$		1,521	0,654	1,9	$a = 3,654$ $b = 0,056$ $c = -3,221$
$\gamma_2$		1	0,274	0,75	$a = 0,551$ $b = 0,116$ $c = 0,037$

Попередні результати порівняння показників росту равликів свідчать про те, що числові характеристики досліджуваних показників в усіх випадках відрізняються. Для більш точної оцінки було здійснено перевірку на статистичну значущість відмінностей показників росту двох видів равликів за різних умов харчування.

З метою перевірки статистичних гіпотез про ступінь розбіжностей між вибірками випадкових величин було використано критерій Стьюдента зі ступенем вільності розподілу  $N-1$ , де  $N$  – об'єм вибірки. Це параметричний критерій, який використовують тоді, коли вид розподілу або функція розподілу вибірки нам задані і досліджувані величини підлягають нормальному закону розподілу. Він містить у формулі розрахунку параметри розподілу [13].

Показником прийняття чи відхилення гіпотези був квантиль розподілу Стьюдента  $X_g$  та  $X_l$ , що був критичним значенням для прийняття чи відхилення гіпотези. Якщо вибіркове значення  $\phi$  знаходилося в межах  $X_l < \phi < X_g$ , то нульова гіпотеза приймалася. Для рівня значущості 0,9 зазначена нерівність мала вигляд:  $-1,645 < \phi < 1,645$ . Робочий документ Mathcad з відповідними обрахунками, що містить перевірку гіпотез, наведено на рис. 2.

Для точного підтвердження нами було сформульовано такі гіпотези:

$H_0$ : показники росту равликів не відрізняються, різні показники є випадковими.

$H_1$ : Різні показники росту равликів не є випадковими, показники росту порівнюваних равликів суттєво відрізняються.



Для перевірки гіпотези було здійснено попарне порівняння показників росту равликів  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $\gamma_1$ . У випадку порівняння равликів *Achatina tigrava*  $\alpha_1$  і  $\beta_1$  квантиль розподілу Стюдента  $X_T = 1,645$  та  $X_I = -1,645$  та вибіркове значення  $\varphi = 3,441$ . Отже, невиконання нерівності  $-1,645 < \varphi < 1,645$  стало підставою для відхилення нульової гіпотези: різні довжини равликів не є випадковими, показники довжини порівнюваних равликів  $\alpha_1$  та  $\beta_1$  суттєво відрізняються. Вибіркові значення показника  $\varphi$  для інших пар равликів такі:

*Achatina tigrava*:

- довжина:  $\varphi(\alpha_1, \beta_1) = 3,441$ ,  $\varphi(\alpha_1, \gamma_1) = 6,791$ ,  $\varphi(\beta_1, \gamma_1) = -2,485$ .
- маса:  $\varphi(\alpha_1, \beta_1) = 1,71$ ,  $\varphi(\alpha_1, \gamma_1) = 4,061$ ,  $\varphi(\beta_1, \gamma_1) = -1,468$ .

Практично у всіх випадках різні довжини равликів не є випадковими, показники довжини порівнюваних равликів суттєво відрізняються. Проте, різниця показників маси для пари  $\beta_1, \gamma_1$  є випадковою. Це означає, що відмінності в раціонах суттєво не вплинули на зміну маси.

*Achatina fulica*:

- довжина:  $\varphi(\alpha_2, \beta_2) = 1,954$ ,  $\varphi(\alpha_2, \gamma_2) = 15,66$ ,  $\varphi(\beta_2, \gamma_2) = -6,395$ .
- маса:  $\varphi(\alpha_2, \beta_2) = 0,465$ ,  $\varphi(\alpha_2, \gamma_2) = 3,533$ ,  $\varphi(\beta_2, \gamma_2) = -1,823$ .

Отже, для виду *Achatina fulica* у переважній більшості пар різні довжини равликів не є випадковими, показники довжини порівнюваних равликів суттєво відрізняються. Лише в одному випадку для пари  $\alpha_2, \beta_2$  різниця показників маси є випадковою. Це означає, що відмінності в раціонах суттєво не вплинули на зміну показника.

Крім того, маючи набір точок (експериментальних даних), ми поставили за мету побудувати неперервну криву, що найкраще б відповідала експериментальній залежності. Для цього було здійснено регресійний аналіз, тобто підбір параметрів функції для найкращої апроксимації експериментальних даних (рис. 3, 4).

Існує кілька математичних функцій, які можна використовувати для опису росту та розвитку равликів під впливом різного складу кальцієвої суміші в раціоні. Вибір математичної функції залежатиме від характеру даних і конкретних дослідницьких питань, які розглядаються.

Попередня оцінка даних дозволила нам зробити висновок про експоненціальний ріст показників. Наш вибір зумовлюється й тим, що експоненціальні функції використовуються для процесів, які затухають чи наростають до стійких станів. Це стосується динаміки чисельності популяції. Ми використали вбудовану функцію  $\text{expfit}$ , щоб виконати експоненціальну регресію в середовищі Mathcad. На рис. 4 наведено приклад регресійного аналізу для равлика *Achatina tigrava*  $\alpha_1$ .

Динаміка показників росту равликів описується експоненціальною залежністю з вірогідністю апроксимації 0,9. Наприклад, для довжини равлика  $\alpha_1$  виду *Achatina tigrava* рівняння регресії має вигляд  $L = 3,416 \cdot 10^6 \cdot e^{5,054 \cdot t} \cdot 10^{-71} - 3,416 \cdot 10^6$ , де  $L$  – довжина равлика,  $t$  – час. Коефіцієнти рівняння регресії для інших равликів наведено в таблицях 2 та 4.

Зауважимо, що коефіцієнти кореляції між табличними значеннями та значенням функції, розрахованим для рівняння регресії, у всіх випадках наближено дорівнюють 1. Це свідчить про високу достовірність отриманих даних. На рис. 5 наведено порівняльні лінії регресії показників росту равликів двох досліджуваних видів.

Отже, результати дослідження підтвердили висновок про те, що найкращі показники росту мають равлики  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$ , які харчувалися за першим раціоном.

У значній кількості робіт, присвячених загальним методам дослідження та організації експериментів, наголошується на дієвості кореляційного аналізу.

Величина коефіцієнта кореляції  $r$ , що лежить в межах  $-1 \leq r \leq 1$ , може слугувати характеристикою тісноти лінійного зв'язку [14, 15].

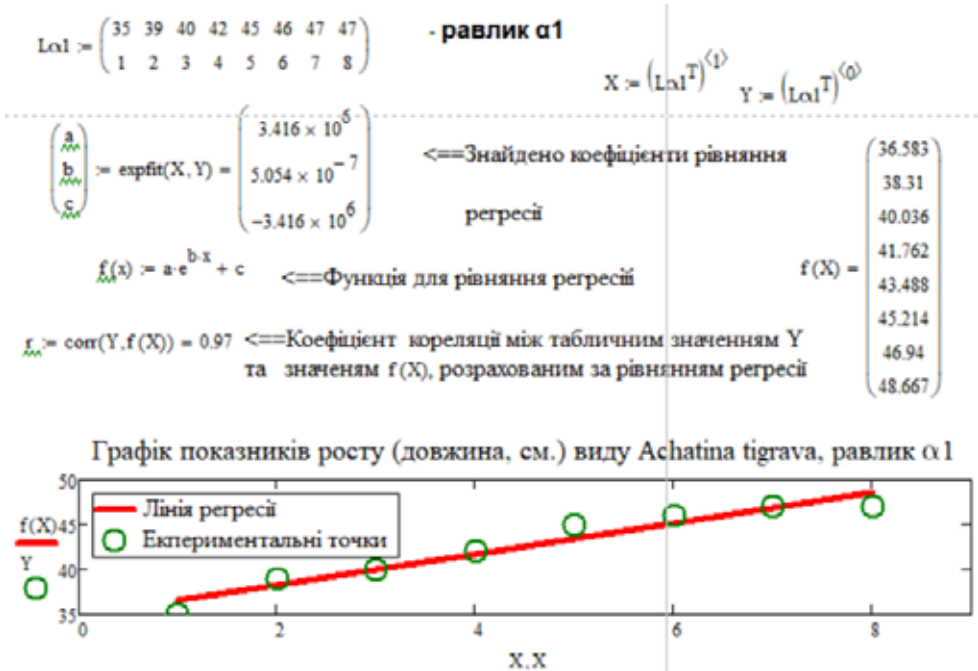


Рис. 4. Експоненціальна регресія показників довжини, мм *Achatina tigrava*

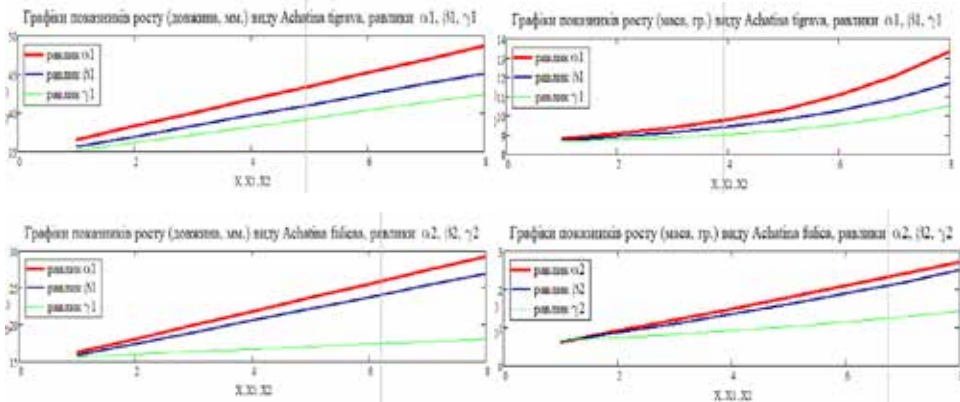


Рис. 5. Лінії регресії довжини, мм та маси, г *Achatina tigrava* та *Achatina fulica*

Для відповіді на запитання: на скільки тісним є зв'язок між довжиною та масою равліків, ми визначили коефіцієнти кореляції та коваріації (табл. 5, рис. 6).

Таблиця 5

**Коефіцієнти кореляції та коваріації між довжиною та масою *Achatina tigrava* та *Achatina fulica***

Коефіцієнт	<i>Achatina tigrava</i>			<i>Achatina fulica</i>		
	$\alpha_1$	$\beta_1$	$\gamma_1$	$\alpha_2$	$\beta_2$	$\gamma_2$
Коефіцієнт кореляції <i>Corr</i>	0,85	0,892	0,863	0,967	0,962	0,718
Коефіцієнт коваріації <i>Cvar</i>	5,241	2,794	1,261	2,883	2,181	0,194

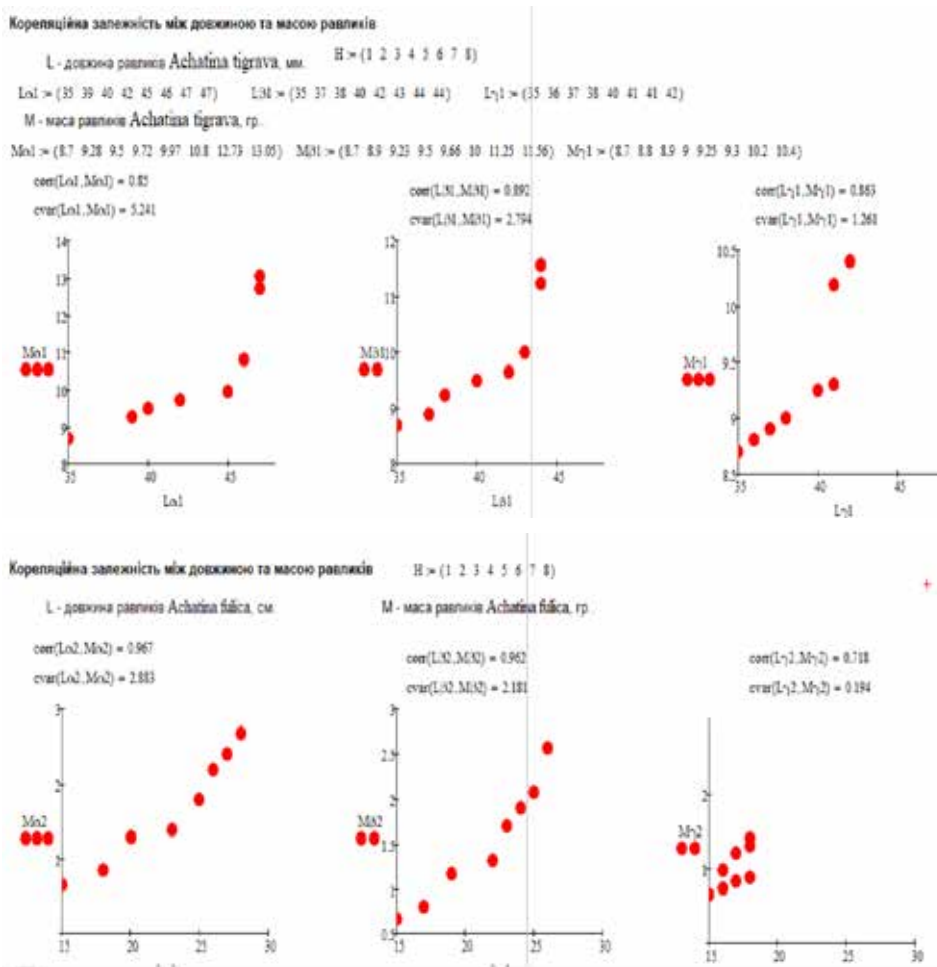


Рис. 6. Кореляційна та коваріаційна залежність між довжиною, мм та масою, г *Achatina tigrava* та *Achatina fulica*

Результати свідчать про тісний зв'язок між довжиною та масою равликів усіх видів. У всіх випадках коефіцієнти кореляції вказують на те, що існує сильна позитивна лінійна залежність між довжиною та масою равликів, де збільшення довжини пов'язане зі збільшенням маси.

Цей зв'язок можна пояснити тим, що равлики, як і більшість живих організмів, мають певну пропорційну залежність між довжиною тіла і масою. Коли равлик росте, об'єм його тіла також збільшується, що вимагає більшої маси для підтримки його структурної цілісності та фізіологічних функцій.

Встановлене співвідношення може бути корисним у наукових дослідженнях, оскільки дозволяє дослідникам оцінювати масу равликів на основі їх довжини. В кожному окремому випадкові потрібно врахувати коефіцієнт коваріації між довжиною та масою равликів. Саме він вказує на те, наскільки ці дві змінні одночасно змінюються. Це дозволяє без необхідності не зважувати чи вимірювати довжину кожного окремого равлика.

**Висновки і пропозиції.** Равлики ахатини ростуть швидко від повноцінного корму (кальцієвої суміші), з різними мікроелементами та корисними для них речовинами. Равлики, яких годували звичайним кормом (подрібненою в порошок шкаралупою яєць з овочами та фруктами) ростуть добре, але гірше, ніж ті равлики, які споживали повноцінний корм. А якщо равликів годувати звичайним кормом без кальцію (тільки овочами та фруктами), то вони ростуть набагато гірше в порівнянні з тими равликами, в чий раціон входив кальцій.

За допомогою досліджень ми довели вплив різного складу кальцієвої суміші в раціоні харчування на ріст і розвиток равликів двох видів: *Achatina tigrava* і *Achatina fulica*. З'ясували відмінності у рості і розвитку кожного з видів ахатин. За результатами дослідження виявили найкращий харчовий раціон (кальцієву суміш з овочами та фруктами) для кожного з двох видів моллюсків. В неї входить: подрібнена в порошок шкаралупа курячих яєць, як природний кальцій для равликів – 80 г, сухий білковий корм гамарус, який використовується в якості корму для акваріумних рибок та черепах – 10 г, гречка – 50 г, кунжут – 30 г, каша «Геркулес» – 30 г, рибне борошно – 60 г, трикальцій фосфат-неорганічна суміш з мікроелементів – 60 г.

Результати дослідження будуть корисні для вивчення фізіологічних особливостей моллюсків та розробки практичних рекомендацій по вирощуванню та догляду за ахатинами як в домашніх, так і в лабораторних умовах.

При вивченні впливу різних складів кальцієвої суміші в раціоні на ріст і розвиток равликів двох видів можна використовувати наступні методи математичної обробки: описову статистику, дисперсійний аналіз, регресійний аналіз. Крім того для групування равликів, які демонструють схожі моделі росту та розвитку на основі складу суміші кальцію в раціоні можна використовувати кластерний аналіз. Для визначення найважливіших факторів, які сприяють росту та розвитку равликів можна використовувати аналіз основних компонентів. Цей аналіз може допомогти визначити, які фактори, такі як склад кальцієвої суміші в раціоні або фактори навколишнього середовища, мають найбільш значний вплив на ріст і розвиток равликів.

Загалом, математична обробка даних є важливим кроком у дослідженні впливу різних складів кальцієвої суміші в раціоні на ріст і розвиток равликів двох видів. Комбінація описової статистики, дисперсійного аналізу, регресійного аналізу, кластерного аналізу та аналізу основних компонентів дозволить дослідникам краще зрозуміти взаємозв'язок між раціоном харчування та ростом і розвитком равлика. Зазначений підхід дозволить приймати обґрунтовані рішення щодо оптимального складу суміші кальцію в раціон для різних видів равликів.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Marian Asantewah Nkansah, Eric Amakye Agyei, Francis Opoku, Mineral and proximate composition of the meat and shell of three snail species. *Heliyon*. 2021. Vol. 7. Issue 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08149>.
2. Dennis Caetano, Andre Miranda, Susana Lopes, João Paiva, Alexandre Rodrigues, Andreia Videira, Cristina M.M. Almeida, Nutritional and toxicity profiles of two species of land snail, *Theba pisana* and *Otala lactea*, from Morocco. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. Vol. 100. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103893>
3. Felici A., Bilandžić N., Magi G.E., Iaffaldano N., Fiordelmondo E., Doti G., Roncarati A. Evaluation of long sea snail *hinia reticulata* (gastropod) from the middle adriatic sea as a possible alternative for human consumption. *Foods*. 2020. № 9 (7). P. 905.
4. Tchakounte F.M., Kana J.R., Azine P.C., Meffowoet C.P., Djuidje V.P. Effects of dietary level of calcium on body proportion and nutritional value of African giant snail (*Archachatina marginata*). *J. Anim. Res.* 2019. № 3. Article 020.
5. Tzovenis I., Ipsilantis I. Effect of calcium carbonate in the diet on the growth and shell quality of the snail *Cornu aspersum*. *International Journal of Livestock Research*. 2018. № 8(1). P. 156–161.
6. Fontana F., Ribeiro J.M.C., Carvalho M., Cardoso D.N. Influence of calcium and magnesium supplementation in the diet on growth and shell properties of *Helix aspersa* Muller snails. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2017. № 101(1).
7. Zhai J., Zhang Z., Zheng J., Xu Z., Yin J. (2021). Effect of calcium and phosphorus levels on growth performance, shell quality, and mineral metabolism of juvenile land snails (*Achatina fulica*). *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021. № 12(1). P. 1–9.
8. Chuanprasit C., Sornplang P., Kittayapong P. Effect of dietary calcium on growth and calcium content of *Achatina fulica* (Bowdich) and *Pomacea canaliculata* (Lamarck) snails. *Kasetsart Journal of Natural Science*. 2019. № 53(1). P. 31–38.
9. Palafox J.M., Sañudo-Barajas J.A. The effect of dietary calcium on growth, survival and calcium content of *Helix aspersa* snails. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2020. № 51(3). P. 776–782.
10. Ireland M.P. The effect of dietary calcium on growth, shell thickness and tissue calcium distribution in the snail *Achatina fulica*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*. 1991. Vol. 98, Issue 1. P. 111–116. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(91\)90587-3](https://doi.org/10.1016/0300-9629(91)90587-3).
11. Дзісь В.Г., Левчук О.В., Дячинська О.М. Прикладна математика на основі MathCAD: навч. посіб. Вінниця, 2020. 378 с.
12. Сєдухіна Т.М. Обробка інформації за допомогою математичного пакета MathCAD. Навчально-методичний посібник. Жовті Води, 2020. 56 с.
13. Гойко О.В. Проблеми описування та використання статистичних методів у наукових роботах і статтях. Медична інформатика та інженерія. 2010. № 2. С. 35–38.
14. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. Київ, 1998. 132 с.
15. Заграй Я.М., Котовенко О.А., Карасьова В.О. Статистичний аналіз в екології: навч. Посібник. Київ, 2001. 132 с.