

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10152
<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 582.232.1:577.112:546.15

Indicators of spirulina biomass growth at different doses of iodine in the nutrient medium

L. V. Bondarenko, N. M. Bohatko, V. A. Grishko✉, V. M. Zotsenko

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Article info

Received 28.10.2024
Received in revised form
28.11.2024
Accepted 29.11.2024

Bila Tserkva National Agrarian
University, pl. Soborna, 8/1,
Bila Tserkva, 09117, Ukraine.
Tel.: +38-098-595-20-02
E-mail: vetalgwa44@gmail.com

Bondarenko, L. V., Bohatko, N. M., Grishko, V. A., & Zotsenko, V. M. (2024). Indicators of spirulina biomass growth at different doses of iodine in the nutrient medium. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 26(101), 351–356. doi: 10.32718/nvlvet-a10152

Iodine is an essential nutritional factor in the body of biological objects and affects the absorption and metabolism of nutrients. Iodine is a mandatory component of mineral and vitamin premixes and mineral mixtures used in livestock and poultry feeding. In the production of premixes and mixtures, iodine is mainly used in the form of potassium iodide. The use of potassium iodide in premixes for feeding hydrobionts (shrimps, crayfish) has a number of disadvantages, including the rapid dissolution of the compound in water. As a result, aquatic organisms do not receive iodine in the required amount. *Spirulina platensis* is able to accumulate trace elements in its cells. Using these properties, it is possible to obtain spirulina biomass as a feed additive enriched with iodine. The aim of the study was to investigate the effect of different doses of iodine in the form of potassium iodide modified in skim milk on the change in the optical density of the nutrient medium, which characterises the growth of biomass of the blue-green algae. Five groups were formed for the experiment. In the control group, potassium iodide was added to the culture medium, which provided an additional addition of iodine in the amount of 1.0 mg/dm³ iodine. The nutrient medium from experimental groups I, II, III and IV was supplemented with 1.0, 2.0, 4.0 and 6.0 mg/dm³ of iodine in the form of potassium iodide modified in skim milk. *Spirulina* was cultivated in the nutrient medium with different doses of iodine for 10 days. The optical density and iodine content were determined in the nutrient medium. It has been experimentally established that the intensity of blue-green algae cell growth (as measured by optical density) depended on the content of iodine in the nutrient medium. The highest index of optical density of the nutrient medium with spirulina at the end of the experiment was found in the experimental group where 4.0 mg/dm³ of iodine was added to the latter. It was found that the use of modified potassium iodide in skim milk resulted in a 10.3 % reduction in iodine loss from the nutrient medium compared to unmodified potassium iodide.

Key words: blue-green algae, photoreactors, Zarrouk's medium, optical density, potassium iodide, skim milk.

Показники росту біомаси спіруліни за різних доз йоду у поживному середовищі

Л. В. Бондаренко, Н. М. Богатко, В. А. Гришко✉, В. М. Зоценко

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

Йод є есенціальним фактором живлення в організмі біооб'єктів, має вплив на засвоєння і обмін поживних речовин. Йод є обов'язковою складовою мінерально-вітамінних преміксів та мінеральних блендів, які використовуються в годівлі сільськогосподарських тварин та птиці. Під час виробництва преміксів та блендів в основному використовують Йод у формі калію йодиду. Використання калію йодиду в складі преміксів у годівлі гідробіонтів (креветки, раки) має ряд недоліків в тому числі швидке розчинення сполуки у воді. Внаслідок чого гідробіонти не отримують Йод у регламентованій нормі. *Spirulina platensis* здатна накопичувати у своїх клітинах мікроелементи. Використовуючи такі властивості можливо отримати біомасу спіруліни як кормову добав-

ку збагачену Йодом. Метою роботи було дослідження впливу різних доз Йоду у формі калію йодиду модифікованого у знежиреному молоці на зміну оптичної густини поживного середовища, що характеризує нарощування біомаси синьо-зеленої водорості. Для експерименту формували п'ять груп. У контрольній групі до поживного середовища додавали калій йодид, що забезпечувало додаткове внесення Йоду у кількості $1,0 \text{ мг/дм}^3$ Йоду. До поживного середовища із I; II III та IV дослідної групи додатково вносили $1,0$; $2,0$; $4,0$ та $6,0 \text{ мг/дм}^3$ Йоду у формі калію йодиду модифікованого у знежиреному молоці. Культивування спіруліни на поживному середовищі із різними дозами Йоду проводили продовж 10 діб. У поживному середовищі визначали показники оптичної густини і вміст Йоду. Експериментально встановлено, що інтенсивність нарощування клітин синьо-зеленої водорості (за показником оптичної густини) залежала від вмісту в поживному середовищі Йоду. Найбільший показник оптичної густини поживного середовища із спіруліною на кінець експерименту було встановлено у дослідній групі, де до останнього додатково вносили $4,0 \text{ мг/дм}^3$ Йоду. Встановлено, що за використання калію йодиду модифікованого у знежиреному молоці втрати йоду із поживного середовища менші на $10,3 \%$ у порівнянні з немодифікованим калієм йодидом.

Ключові слова: синьо-зелена водорість, фітореактори, середовище Заррука, оптична густина, калій йодид, знежирене молоко.

Вступ

Йод відіграє важливе значення у анаболічних і катаболічних процесах живих організмів. Елемент має різноманітний біологічний вплив на фізіологічний ріст, розвиток тканин, стимулює ліпідний, білковий та вуглеводневий обмін, активує поглинання Оксигену тканинами і підвищує коефіцієнт його застосування. Йод приймає участь у регулюванні теплообміну, підвищує активність ряду ензимів, бере участь у синтезі білку на клітинному рівні та ряду дихальних ензимів, стимулює трофічні та імунні процеси, еритропоез, лейкопоез, секреторну функцію молочних залоз та залоз у травній системі (Spallek et al., 2012; Vovkohon & Merzlov, 2013; Costa et al., 2013; Vovkohon & Merzlov, 2014; Maruthupandi et al., 2019; Reis et al., 2024; da Silva Lopes et al., 2024).

Низький вміст Йоду у складі раціонів має негативний вплив на ріст, розвиток і здоров'я людини та тварин. Основною причиною такого явища є те, що певні біогеохімічні зони (в тому числі на території України) мають знижений вміст Йоду у ґрунті, воді та рослинах.

Комбікорми та раціони для сільськогосподарських тварин та птиці збагачують додаючи мінеральні бленди або премікси. У складі останніх Йод, у більшості випадків, перебуває у мінеральній формі. Традиційно для виготовлення преміксів застосовують як джерело Йоду калій йодид. Використання раціонів або розсипних комбікормів для риби, креветки чи раків із вмістом преміксу в який входить калій йодид має ряд проблем. Основною проблемою є те, що калій йодид, в складі комбікорму і кормосумішей для риби та інших гідробіонтів, потрапляючи у воду може швидко розчинятись і переходити у воду. Дане явище буде призводити, до зменшення споживання Йоду гідробіонтами від норми, а відповідно і до зниження їх продуктивності.

Властивість ціанобактерії *Spirulina platensis* змінювати свій хімічний склад в залежності від зміни мінерального складу поживного середовища на якій її вирощують (Merzlova, 2015) створює передумови для збагачення її Йодом. Елемент у складі спіруліни зможе мати нерозчинну, біодоступну форму для живлення гідробіонтів.

Біомаса спіруліни за рахунок свого хімічного складу є цінною кормовою добавкою для сільськогосподарських тварин та птиці. В сухій речовині клітин *Spirulina platensis* міститься понад $45,0 \%$ білка. Вміст лізину у білку спіруліни є вищим чим у деяких зерно-

вих злакових та бобових. Біомаса спіруліни багата ліпідами, вітамінами металами-біотиками та іншими біологічно активними речовинами. *Spirulina platensis* у організмі тварин і людини проявляє імуностимулюючу та антиоксидантну дію (Reed et al., 1985; Vinogradova & Wasser, 2000; Kartysh et al., 2000; Khan et al., 2005; Merzlova, 2015).

Невивченими залишаються питання нарощування біомаси синьо-зеленої водорості за вмісту різних доз Йоду у формі калію йодиду модифікованому в знежиреному молоці.

Мета дослідження

Тому метою роботи було встановлення впливу додавання різних доз Йоду за рахунок модифікованої форми калію йодиду до поживного середовища на збільшення біомаси спіруліни та втрати елемента.

Матеріал і методи досліджень

Для встановлення впливу невисоких доз Йоду у поживному середовищі на нарощування біомаси синьо-зеленої водорості застосовували трихомну культуру (штам ЛГУ-603). Експерименти проведено із застосуванням стаціонарних скляних фітореакторів розташованих у віварії Білоцерківського національного аграрного університету. Освітлення поживного середовища із культурою ціанобактерій проводили безперебійно поступово збільшуючи його інтенсивність до 4500 люкс.

Клітини спіруліни культивували в поживному середовищі Заррука (стандартна рецептура) виготовленому із використанням дистильованої води (Reed et al., 1985; Khan et al., 2005). Культивування спіруліни проводили підтримуючи температуру $29-30^\circ\text{C}$. Починаючи із 2 доби культивування поживне середовище перемішували за допомогою помп.

До поживного середовища Заррука у контрольній групі додатково вносили Йод із розрахунку $1,0 \text{ мг/дм}^3$ у формі калію йодиду та $5 \text{ см}^3/20 \text{ дм}^3$ свіжого знежиреного молока.

У поживне середовище із I дослідної групи додатково вносили Йод із розрахунку $1,0 \text{ мг/дм}^3$. Поживне середовище із II дослідної групи додатково містило $2,0 \text{ мг/дм}^3$ Йоду. У III та IV дослідних групах до поживного середовища додавали, відповідно, $4,0$ та $6,0 \text{ мг/дм}^3$ Йоду. Вміст Йоду у поживному середовищі із дослідних груп збільшували додаванням калію йодиду модифікованого у знежиреному молоці. В

кожній групі було по 4 фітореактори. У кожному фітореакторі містилось по 20,0 дм³ поживного середовища (табл. 1).

Для встановлення показників оптичної густини поживного середовища із клітинами спіруліни та визначення в ньому вмісту Йоду проби відбирали на 2, 4, 6, 8 та 10 добу культивування. Визначення опти-

чної густини поживного середовища разом із спіруліною проводили спектрофотометричним методом. За показником оптичної густини проводили аналіз на-рощування клітин біомаси спіруліни. Вміст Йоду у поживному середовищі визначали за методикою опи-саною у методичних рекомендаціях (Kotsiumbas et al., 2016).

Таблиця 1

Схема експерименту

Група	Додано знежиреного молока без вмісту калію йодиду в один фітореактор, см ³	Додано знежиреного молока із вмістом модифікованого калію йодиду в один фітореактор, см ³	Додатковий вміст Йоду, мг/дм ³
I дослідна	-	5,0	1,0
II дослідна	-	5,0	2,0
III дослідна	-	5,0	4,0
IV дослідна	-	5,0	6,0
Контрольна	5,0	-	1,0

Результати досліджень

Після внесення культури спіруліни у поживні се-редовища визначали його оптичну густину (перша доба експерименту), згідно чого було встановлено, що оптична густина у контролі і у дослідних групах була аналогічною і була в межах 0,32–0,33 D (табл. 2).

Під час етапу адаптації клітин культури (2-а доба експерименту) не було виявлено статистично значу-щої розбіжності показників оптичної густини пожив-ного середовища із біомасою спіруліни між групами. За внесення до поживного середовища додатково 2,0 мг/дм³ Йоду показник оптичної густини поживного середовища був аналогічний контролю. Найбільший показник оптичної густини поживного середовища було виявлено у III та IV дослідних групах. Різниця із контролем становила 4,4 %.

У контрольній групі показник оптичної густини збільшився на 40,6 % відносно даних отриманих на початку дослідження. У I дослідній групі збільшення показника оптичної густини відносно 1-ї доби стано-вило 34,3 %. Найбільша різниця показника оптичної густини поживного середовища у порівнянні із даними на початок дослідження була у IV дослідній групі. Збільшення показника було в межах 46,8 %.

По закінченню фази адаптації синьо-зеленої водо-рості до хімічного складу поживного середовища (96 година культивування) у I дослідній групі збільшення показника оптичної густини відносно початку ви-рощування біомаси спіруліни було у 2,96 рази. Показ-ник D у поживному середовищі із II, III та IV був вищим порівнюючи із показником на першу добу культивування, відповідно, у 3,08; 3,33 та 3,78 рази. Найменше збільшення оптичної густини на 4-у добу культивування було встановлено у контрольній групі. Різниця із показником на 1-у добу культивування становила 2,7 рази.

У I дослідній групі за впливу додаткового внесен-ня Йоду оптична густина поживного середовища із спіруліною збільшується на 9,1 % відносно контроль-ної групи. На 4-у добу у поживному середовищі із II дослідної групи було виявлено збільшення кількості клітин синьо-зеленої водорості (за показником оптич-ної густини) на 17,2 %. Найбільший показник оптич-ної густини у цей період було виявлено у варіанті де додатково вносили 6,0 мг/дм³ Йоду у формі калію йодиду модифікованого у знежиреному молоці до поживного середовища. Різниця із контролем стано-вила 39,0 %.

Таблиця 2

Показники оптичної густини поживного середовища із спіруліною, D

Група	Доба експерименту					
	1-а	2-а	4-а	6-а	8-а	10-а
I дослідна	0,32 ± 0,009	0,43 ± 0,014	0,95 ± 0,094	1,35 ± 0,154	1,84 ± 0,158	2,15 ± 0,124
II дослідна	0,33 ± 0,011	0,45 ± 0,011	1,02 ± 0,099	1,43 ± 0,110	1,91 ± 0,112	2,29 ± 0,098
III дослідна	0,33 ± 0,007	0,47 ± 0,018	1,10 ± 0,092	1,58 ± 0,125	1,95 ± 0,098	2,59 ± 0,078*
IV дослідна	0,32 ± 0,016	0,47 ± 0,017	1,21 ± 0,105	1,54 ± 0,117	1,96 ± 0,087	2,57 ± 0,085*
Контрольна	0,32 ± 0,012	0,45 ± 0,013	0,87 ± 0,087	1,22 ± 0,098	1,73 ± 0,101	2,01 ± 0,076

Примітка: * – P ≤ 0,05 відносно контролю

На 6-у добу у дослідних групах зберігалась зако-номірність чим більше у поживне середовище вноси-ли Йоду тим його оптична густина була більшою. У I дослідній групі оптична густина поживного середо-вища була більшою на 10,6 % порівняно із контроль-

ною групою. В межах тенденції виявлено збільшення показника D поживного середовища із II дослідної групи. Різниця із контролем становила 17,2 %. За вмісту Йоду у поживному середовищі 6,0 мг/дм³ пока-зник оптичної густини останнього збільшується на

26,2 % відносно контролю. Різниця мала характер тенденції. Найбільший показник оптичної густини поживного середовища було встановлено у III дослідній групі. Різниця із контрольною групою становила 29,5 %. Аналізуючи збільшення показника оптичної густини поживного середовища дослідних груп до показника на 4-у добу культивування було встановлено, що у I; II та IV дослідних групах показники збільшились, відповідно, 42,1; 40,1 та 27,2 %. Найбільше відносне збільшення оптичної густини поживного середовища із клітинами спіруліни було виявлено у III дослідній групі. Різниця із показником на 4-у добу становила 43,6 %.

На 8-му добу культивування за додаткового внесення до поживного середовища $1,0 \text{ мг/дм}^3$ Йоду у формі немодифікованого калію йодиду (контрольна група) показник оптичної густини останнього становив 1,73 D. Показник оптичної густини поживного середовища із клітинами культури у дослідних групах змінювався в залежності від вмісту в ньому Йоду. У I дослідній групі оптична густина поживного середовища була більшою відносно контролю на 6,3 %. За використання у складі поживного середовища додаткової дози Йоду ($2,0 \text{ мг/дм}^3$) його оптична густина була збільшена на 10,4 % порівнюючи із контролем. Найбільше зростання оптичної густини поживного середовища із клітинами синьо-зеленої водорості було зафіксоване у IV дослідній групі. Різниця із контролем мала характер тенденції і становила 13,2 %. Показник D поживного середовища із біомасою спіруліни із IV дослідної групи був вищим порівняно із даним отриманими у I, II та III дослідних групах, відповідно, на 6,5; 2,6 та 0,5 %. В період активного нарощування біомаси спіруліни із 4-ї по 8-у добу культивування Йод проявляє стимулюючий ефект.

На 10 добу культивування інтенсивність нарощування біомаси синьо-зеленої водорості у поживному середовищі дослідних груп знизилась порівнюючи із періодом культивування із 4-ї по 8-у добу. У I дослідній групі показник оптичної густини поживного середовища із культурою на 10-у добу збільшився на 16,8 % відносно показника у цій самій групі на 8-му добу культивування. У II, III та IV дослідних групах ця різниця становила, відповідно, 18,3; 32,8 та 31,1 %. Найменше зростання показника оптичної густини поживного середовища на 10-у добу відносно 8-ї доби культивування було виявлено у контрольній групі. Різниця становила 16,1 %.

На 10-у добу культивування встановлено статистично значуще збільшення оптичної густини поживного середовища із III та IV дослідної групи відносно контрольної групи. Різниця становила, відповідно, 28,8 та 27,8 %. Оптична густина поживного середовища із I дослідної групи була більшою відносно контролю на 6,9 %. Різниця не мала статистичної значущості. За підвищення вмісту Йоду у поживному середовищі до $2,0 \text{ мг/дм}^3$ (III дослідна група) показник оптичної густини поживного середовища із клітинами спіруліни збільшується в межах тенденції на 13,9 %. Показник D поживного середовища у III дослідній групі був більшим відносно оптичної густини у I, II та IV дослідної групи, відповідно, на 4,6; 13,1 та 0,7 %.

На кінець експерименту зберігалась закономірність чим більше у поживне середовище із клітинами спіруліни вносили Йоду у складі модифікованого у знежиреному молоці калію йодиду тим оптична густина останнього була більшою. Найменша оптична густина поживного середовища була виявлена у поживному середовищі із контрольної групи.

Найінтенсивніше збільшення біомаси спіруліни у дослідних групах (за показниками оптичної густини) проходило із 4-ї до 8-ї доби культивування. Отже, доведено, що внесення невеликих доз Йоду має стимулюючий ефект на нарощування чисельності клітин синьо-зеленої водорості.

Поряд із визначенням впливу низьких доз Йоду у складі калію йодиду модифікованому у знежиреному молоці на оптичну густина поживного середовища із клітинами спіруліни визначали залишкову концентрацію Йоду у поживному середовищі контрольної та дослідної групи продовж експерименту. Вміст Йоду визначали у поживному середовищі без біомаси спіруліни. Для цього проби поживного середовища фільтрували через фільтрувальний папір.

Встановлено, що перед внесенням біомаси спіруліни у поживне середовище (1-ша доба) вміст Йоду у контрольній групі становив $1,17 \text{ мг/дм}^3$. Аналогічна концентрація Йоду була встановлена у I дослідній групі. У цей самий період вміст елемента у поживному середовищі із II, III та IV дослідних групах був пропорційний внесеним дозам калію йодиду модифікованому в знежиреному молоці (рис. 1).

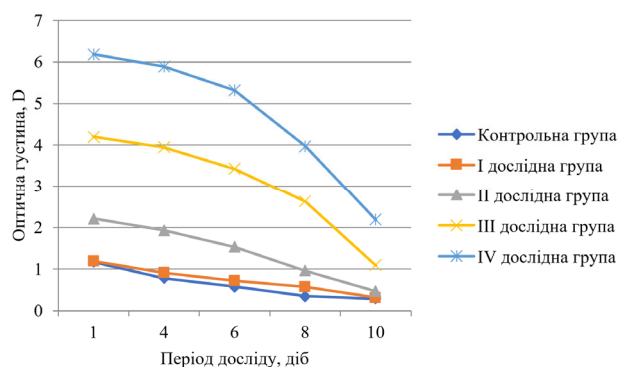


Рис. 1. Показники залишку Йоду у поживному середовищі

На 4-у добу культивування найменший вміст Йоду було встановлено у контрольній групі показник становив $0,78 \text{ мг/дм}^3$. Втрати Йоду у поживному середовищі із I дослідної групи були меншими на 16,6 % відносно контрольної групи. Втрати Йоду у II, III та IV дослідних групах по відношенню до першої доби експерименту становили, відповідно, 12,6; 6,1 та 4,8 %.

На 6-у добу експерименту зменшення Йоду у поживному середовищі із дослідних і контрольної групи продовжувалось. Зниження вмісту Йоду у контрольній групі відносно показника на 4-у добу культивування становило 25,6 %. У першій дослідній групі зниження вмісту Йоду було в межах 20,8 %. За високих доз Йоду у поживному середовищі (II, III та IV

дослідні групи) елемент втрачається у порівнянні із 4-ю добою, відповідно, на 20,7; 13,1 та 9,6 %.

Втрати Йоду у поживному середовищі із контрольною та дослідних груп на восьму добу культивування клітин біомаси спіруліни були аналогічними як на 6-ту добу вирощування культури.

На кінець експерименту (10-а доба) у контрольній групі вміст Йоду зменшився по відношенню до першої доби експерименту у 4,03 рази. У I дослідній групі втрати Йоду за період експерименту становили 0,87 мг/дм³, що на 1,13 % менше у порівнянні із контролем. За 10 діб вирощування спіруліни на поживному середовищі із II, III та IV дослідної групи вміст Йоду знижується, відповідно, у 4,7; 3,85 та 2,83 рази.

Обговорення

Доведено, що за додавання до складу поживного середовища додаткових невисоких доз Йоду у формі калію йодиду модифікованому у знежиреному молоці позитивно впливає на збільшення оптичної густини, а відповідно і кількості клітин біомаси спіруліни. Отже, підтверджується позитивний вплив цього елемента на збільшення маси спіруліни. Обґрунтуванням цього є оптимальне надходження Йоду у клітини синьо-зеленої водорості та включення його у метаболічний процес і активацію анаболічних реакцій. Дане обґрунтування підтверджується рядом дослідників (Kiferle et al., 2021), які стверджують, що Йод є компонентом ензимів, коензимів, транспортних білків та регуляторів росту, підсилює стійкість рослин до інфекційних хвороб і за оптимального вмісту елемента в рослинних організмах має позитивний вплив на синтез білка. Йодовані білки функціонально пов'язані з хлоропластом і фізіологічно залучені до фотосинтетичних процесів. Згідно їх досліджень виявлено, що видалення Йоду з поживного середовища негативно впливає на ріст рослин, а відновлення його в мікромолярних концентраціях стимулювало накопичення біомаси рослин та призводить до раннього їх цвітіння.

Експериментально встановлено, що оптимальною дозою для збільшення кількості клітин синьо-зеленої водорості на останніх етапах її культивування є 4,0 мг/дм³, що може пояснюватись активним поглинанням цього елемента через поверхню клітин *Spirulina platensis* і його засвоєнням. Дані щодо активного засвоєння Йоду рослинними організмами наводяться у наукових працях (Kiferle et al., 2021; Nascimento et al., 2022). Автори стверджують, що елемент може активно поглинатися рослинами з ґрунтового розчину через коріння із повітря або в сольових розчинах.

За внесення додаткових доз Йоду у поживне середовище не виявлено негативного впливу на динаміку кількості клітин спіруліни (за показниками оптичної густини), що є підтвердженням відсутності токсичних ефектів невисоких доз цього елемента.

Йод у мінеральній, розчинній формі активно елімінується у навколишнє середовище проте виявлено, що за використання однакових, додаткових доз Йоду у поживному середовищі контрольної групи (додатково внесено 1,0 мг/дм³ елемента у формі калію йодиду) та I дослідної групи (додатково внесено 1,0 мг/дм³

елемента у формі калію йодиду модифікованого у знежиреному молоці) втрати елемента із поживного середовища I дослідної групи були меншими на 16,6-243,1 % відносно контролю. Поясненням даних результатів дослідження може бути те, що Йод у складі калію йодиду модифікованому у знежиреному молоці є більш стабільним і менше елімінується у навколишнє середовище. Внаслідок чого більша частина його не випаровується у повітря, а засвоюється біомасою спіруліни. Результати наших досліджень співпадають із даними авторів (Merzlova, 2015). Згідно їх дослідження стабілізований Йод у складі комбікормів та преміксів менше елімінується у навколишнє середовище.

Експериментально доведено що підвищений відсоток засвоєння Йоду із калію йодиду модифікованому у знежиреному молоці порівняно із звичайним калієм йодидом, що підтверджується зростанням нарощування біомаси синьо-зеленої водорості.

Отже, результати наших досліджень щодо впливу низьких доз Йоду у поживному середовищі на нарощування біомаси спіруліни не відрізняються від даних інших науковців і є доповненням до них.

Висновки

За додаткового внесення у поживне середовище 4,0 мг/дм³ Йоду у формі калію йодиду модифікованому у знежиреному молоці підвищується нарощування біомаси спіруліни, що підтверджується зростанням показника оптичної густини на 28,8 % відносно контрольної групи.

За додавання до поживного середовища калію йодиду модифікованого у знежиреному молоці втрати йоду знижуються на 10,3 % відносно варіанту де використовували немодифікований калій йодид.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Costa, R. O., Macedo, P. M., Carvalhal, A., & Bernardes-Engemann, A. R. (2013). Use of potassium iodide in dermatology: updates on an old drug. *Anais brasileiros de dermatologia*, 88(3), 396–402. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20132377.
- da Silva Lopes, J. P., Barbosa, J., & Dinis-Oliveira, R. J. (2024). Clinical and forensic aspects of potassium iodide: Suddenly in high demand across Europe due to fears of radiation poisoning from a nuclear attack in Ukraine. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*, 135(3), 250–270. DOI: 10.1111/bcpt.14052.
- Kartysh, A. P., Horban, Ye. M., & Chekman, I. S. (2000). *Spirulina – likarskyi zasib shyrokooho spektra dii*. *Farmatsevtichnyi zhurnal*, 2, 105–109 (in Ukrainian).
- Khan, Z., Bhadouria, P., & Bisen, P. S. (2005). Nutritional and therapeutic potential of *Spirulina*. *Current pharmaceutical biotechnology*, 6(5), 373–379. DOI: 10.2174/138920105774370607.

- Kiferle, C., Martinelli, M., Salzano, A. M., Gonzali, S., Beltrami, S., Salvadori, P. A., Hora, K., Holwerda, H. T., Scaloni, A., & Perata, P. (2021). Evidences for a Nutritional Role of Iodine in Plants. *Frontiers in plant science*, 12, 616868. DOI: 10.3389/fpls.2021.616868.
- Kotsiumbas, I. Ia., Levytskyi, T. R., Ryvak, H. P., & Ryvak, R. O. (2016). Vyznachennia masovoi chastky Yodu v biolohichnykh materialakh i kormakh metodom kapilarnoho elektroforezu z vykorystanniam systemy kapilarnoho elektroforezu "KAPEL-105M": Metodychni rekomendatsii. DNDKI veterynarnykh preparativ ta kormovykh dobavok. Lviv (in Ukrainian).
- Maruthupandi, M., Chandhru, M., Rani, S. K., & Vasimalai, N. (2019). Highly Selective Detection of Iodide in Biological, Food, and Environmental Samples Using Polymer-Capped Silver Nanoparticles: Preparation of a Paper-Based Testing Kit for On-Site Monitoring. *ACS omega*, 4(7), 11372–11379. DOI: 10.1021/acsomega.9b01144.
- Merzlova, G. V. (2015). Obtaining Zink enriched Spirulina biomass and establishing its toxicity. *Zbirnyk naukovykh prats Bilotserkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Bila Tserkva, 107–111.
- Merzlova, H. V. (2015). Reception biomass of spirulina enriched zine and establish its toxicity. *Zbirnyk naukovykh prats Bilotserkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Bila Tserkva, 87–90.
- Nascimento, V. L., Souza, B. C. O. Q., Lopes, G., & Guilherme, L. R. G. (2022). On the Role of Iodine in Plants: A Commentary on Benefits of This Element. *Frontiers in plant science*, 13, 836835. DOI: 10.3389/fpls.2022.836835.
- Reed, R. H., Warr, S. R. C., Richardson, D. L., Moore, D. J., & Stewart, W. D. P. (1985). Bluegreen algae (cyanobacteria): prospects and perspectives. *Plant Soil*, 89, 97–106. DOI: 10.1007/BF02182236.
- Reis, E. G. D., Pereira, S. A., Miranda, L. H. M., Oliveira, R. V. C., Quintana, M. S. B., Viana, P. G., Figueiredo, A. B. F., Honorato, C. C. D. S., Pereira-Oliveira, G. R., Silva, J. N., Schubach, T. M. P., & Gremião, I. D. F. (2024). A Randomized Clinical Trial Comparing Itraconazole and a Combination Therapy with Itraconazole and Potassium Iodide for the Treatment of Feline Sporotrichosis. *Journal of fungi* (Basel, Switzerland), 10(2), 101. DOI: 10.3390/jof10020101.
- Spallek, L., Krille, L., Reiners, C., Schneider, R., Yamashita, S., & Zeeb, H. (2012). Adverse effects of iodine thyroid blocking: a systematic review. *Radiation protection dosimetry*, 150(3), 267–277. DOI: 10.1093/rpd/ncr400.
- Vinogradova, O. M., & Wasser, S. P. (2000). Biodiversity of Cyanoprocaryotes, algae and fungi of Israel. In: E.D. Nevo, S.P. Wasser. Konigstein: Koeltz Sci. Books.
- Vovkohon, A. H., Merzlov, S. V. (2014). Efektyvnist zastosuvannia zbahachenoj Yodom biomasy vermykultury u skladi kombikormiv dlia kurchatbroileriv. *Naukovo-vyrobnychi zhurnal "Suchasne ptakhivnytstvo"*, 7(140), 8–10. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Sps_2014_7_4 (in Ukrainian).
- Vovkohon, A. H., & Merzlov, S. V. (2013). Zberezhennia Yodu adsorbovanoho na riznykh nosiakh vprodovzh misiachnoho terminu zberihannia. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva*. *Zbirnyk naukovykh prats Bilotserkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 10(105), 83–85. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tvppt_2013_10_26 (in Ukrainian).