

**ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

Научная статья
УДК 635.112/631.81

**К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ СКОРОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
У СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ
КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕЙ НАНОДОБАВКИ**

¹Игорь Владимирович Москаленко, ¹Елена Владимировна Ноздрачева,
¹Лидия Николаевна Анищенко, ²Светлана Николаевна Поцепай
¹ФГГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского»,
Брянская область, Брянск, Россия
²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Использование кремнийсодержащей нанодобавки «Ковелос Фиторост» показало стимулирование ростовых и биохимических процессов у культурных растений. По сравнению с контролем наиболее значительно возрастает площадь поверхности листьев выращиваемых растений у злаков – *Triticum aestivum*, *Secale cereale*, *Avena sativa*, *Hordeum vulgare*, особенно значительный эффект наблюдается при концентрации препарата 100 кг/га. В связи с нестабильностью климатических условий вегетационного периода в Нечерноземье РФ, в том числе и частыми засухами, представляется необходимым использование препарата «Ковелос Фиторост» для формирования устойчивого фотосинтетического аппарата культурных растений и ускорение адаптаций к неблагоприятным условиям посредством листовой поверхности. Показано положительное влияние кремнийсодержащего препарата на процессы формирования фотосинтетического аппарата – площади всех листьев, индекса листовой поверхности на ранних и средних стадиях онтогенеза. Наиболее отзывчивыми на обработку препаратом «Ковелос Фиторост» по показателям формирования листовой поверхности оказались семена тыквенных, бобовых культур, злаковых. Отмечена видовая специфичность реакции растений на различные концентрации при предпосевной обработке семян препаратом «Ковелос Фиторост». Биохимические показатели растений – концентрация хлорофиллов как основы интенсивности фотосинтетических процессов – также стимулировались кремнийсодержащим препаратом.

Ключевые слова: морфометрические показатели, содержание хлорофиллов, кремнийсодержащие препараты, сельскохозяйственные культуры, Нечерноземье РФ.

Для цитирования: К вопросу о повышении скорости биохимических процессов у сельскохозяйственных растений при применении кремнийсодержащей нанодобавки / И.В. Москаленко, Е.В. Ноздрачева, Л.Н. Анищенко, С.Н. Поцепай // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 2 (102). С. 9-13.

Original article

**TO THE QUESTION ON INCREASING THE SPEED OF BIOCHEMICAL PROCESSES
IN AGRICULTURAL PLANTS WHEN USING NANOADDITIVES**

¹Igor' V. Moskalenko, ¹Elena V. Nozdracheva, ¹Lydiya N. Anishchenko, ²Svetlana N. Potsepai
¹Bryansk State University named after acad. I.G. Petrovski, Bryansk, Russia
²Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The use of the silicon-containing nanoadditive Kovelos Phytorst has shown a stimulation of growth and biochemical processes in cultivated plants. Compared to the control, the surface area of the leaves of cultivated plants increases most significantly in cereals - *Triticum aestivum*, *Secale cereale*, *Avena sativa*, *Hordeum vulgare*, a particularly significant effect is observed at a concentration of the preparation of 100 kg/ha. Due to the instability of climatic conditions during the growing season in the Non-Black Soil Zone of the Russian Federation, including frequent droughts, it seems necessary to use the preparation Kovelos Phytorst to form a stable photosynthetic apparatus of cultivated plants and accelerate adaptation to unfavorable conditions through the leaf surface. The positive effect of a silicon-containing preparation on the processes of forming the photosynthetic apparatus: the area of all leaves, the leaf surface index in the early and middle stages of ontogenesis has been shown. The most responsive to treatment with Kovelos Phytorst in terms of leaf surface formation were the seeds of pumpkin, legumes, and cereals. The variety specificity of plant response to different concentrations during pre-sowing treatment of seeds with Kovelos Phytorst was noted. The biochemical parameters of plants - the concentration of chlorophylls as the basis for the intensity of photosynthetic processes - were also stimulated by a silicon-containing preparation.

Key words: morphometric indicators, chlorophyll content, silicon-containing preparations, crops, Non-Black Soil Zone of the Russian Federation.

For citation: On the question of increasing the speed of biochemical processes in agricultural plants when using nanopreparations / I.V. Moskalenko, E.V. Nozdracheva, L.N. Anishchenko, S.N. Potsepai // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 2(102). 9-13.

Введение. Использование синтетических нанопрепаратов воздействует на биохимические показатели сельскохозяйственных культур, определяет скорость фотосинтеза и создает основу для увеличения продуктивности [1-5, 7]. Косвенно минеральные добавки, вносимые при агротехнологических мероприятиях, повышают устойчивость растений к стрессу. Для условий Нечерноземья в Среднем Подесеньи (Брянской области) использовался синтетический аморфный диоксид кремния «Ковелос Фиторост».

Изучение влияния кремнийсодержащих удобрений на продукционные процессы овощных, бобовых и зеленных культур позволит сократить затраты на выращивание рассады, повысить качество готовой продукции, развить устойчивое сельскохозяйственное производство. Интерес к использованию кремнийсодержащих удобрений связан также и с экологической безопасностью препаратов.

Цель исследований – выявить особенности накопления хлорофилла, динамику морфометрических показателей сельскохозяйственных культур при использовании кремнийсодержащих препаратов для целей оптимизации растениеводства.

Материалы и методы исследования. Семена культурных растений проращивали в рулонах (ГОСТ 12038-84). Определяли метрические признаки проростков однолетних растений: вычисляли площадь листьев растений (S), см², рассчитывали индекс площади листьев (ИПЛ), м²/м². Все эксперименты проводили в пятикратной повторности в числе семян 100 штук, использовали чашки Петри. Особенности прорастания изучали через 72 и 96 часов, 144 и 216 часов. Определение суммы хлорофиллов (хлорофилла а и b) по общепринятой методике спектрофотометрическим методом (ГОСТ Р 51485-99 Семена рапса. Определение содержания хлорофилла спектрометрическим методом. М.: Изд-во Стандартиформ, 2010. 8 с.). Препарат «Ковелос Фиторост» подготавливали для опытов в разных концентрациях. В мерные колбы объемом 1л помещали аморфный диоксид кремния в дозах 0, 0,03, 0,05, 0,1, 0,7 и 1 г на сосуд, что соответствовало 0, 30, 50, 100, 500, 700 и 1000 кг/га (в почве). В почву опытных делянок вносили аналогичные концентрации препарата «Ковелос Фиторост». Статистическую обработку данных проводили в пакете Microsoft Office Excel 2010, использовали общепринятые статистические параметры (Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.).

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований влияния аморфного диоксида кремния (в препарате «Ковелос Фиторост») на морфометрические (табл. 1, 2) и биохимические показатели культурных растений (табл. 3, 4).

Таблица 1 – Показатели площади листьев, см² и индекса площади листьев, м²/м² у некоторых молодых вегетирующих растений при обработке кремнийсодержащим удобрением

Показатель \ Культура	Triticum aestivum	Secale cereale	Avena sativa	Hordeum vulgare	Zea mays	Pisum sativum
Концентрация аморфного диоксида кремния 0 кг/га						
S / ИПЛ, М±m	10,1±0,6/ 1,18±0,2	10,5±0,4/ 1,24±0,2	10,7±0,4/ 1,43±0,2	10,9±0,4/ 1,26±0,2	12,8±0,5/ 1,87±0,3	8,3±0,5/ 1,36±0,2
Концентрация аморфного диоксида кремния 30 кг/га						
S / ИПЛ, М±m	12,4±0,5/ 1,21±0,3	12,1±0,5/ 1,74±0,2	11,9±0,5/ 1,52±0,3	11,6±0,5/ 1,74±0,2	12,8±0,7/ 2,26±0,3	8,9±0,5/ 1,5±0,2
Концентрация аморфного диоксида кремния 100 кг/га						
S / ИПЛ, М±m	14,8±0,6/ 2,57±0,3	15,8±0,7/ 2,71±0,4	15,4±0,7/ 2,74±0,3	15,4±0,7/ 2,71±0,3	14,9±0,7/ 2,88±0,3	9,5±0,5/ 1,9±0,3
Концентрация аморфного диоксида кремния 700 кг/га						
S / ИПЛ, М±m	15,9±0,9/ 2,99±0,4	16,6±0,9/ 3,21±0,4	15,9±0,8/ 3,11±0,3	16,1±0,7/ 3,10±0,3	15,9±0,9/ 3,54±0,3	10,4±0,6/ 2,11±0,3
Концентрация аморфного диоксида кремния 1000 кг/га						
S / ИПЛ, М±m	16,4±0,9/ 3,10±0,4	16,9±0,9/ 3,43±0,5	16,6±0,8/ 3,19±0,4	16,8±0,9/ 3,28±0,3	17,5±0,9/ 3,99±0,3	11,9±0,6/ 2,76±0,3

Синтетический препарат «Ковелос Фиторост» влияет на формирование фотосинтетического аппарата растений, которые можно высчитать мерным способом, в частности, определив площадь

поверхности листьев и индекс листовой поверхности для каждого вида. Выявлена общая тенденция роста площади поверхности листьев овощных, злаковых, зеленных, бобовых и тыквенных культур: она прослеживается при внесении изучаемых доз синтетического диоксида кремния в почвогрунт.

Таблица 2 – Показатели площади листьев, см² и индекса площади листьев, м²/м² у некоторых молодых вегетирующих растений при обработке кремнийсодержащим удобрением

Показатель \ Культура	Phaseolus vulgaris	Cucumis sativus	Lycopersicum esculentum	Raphanus sativus	Cucurbita pepo*	Cucurbita pepo**
Концентрация аморфного диоксида кремния 0 кг/га						
S / ИПЛ, М±m	9,2±0,6/ 2,11±0,3	15,7±0,8/ 2,67±0,3	13,1±0,5/ 1,94±0,2	12,1±0,9/ 2,33 ±0,3	18,8±0,9/ 3,24 ±0,4	17,3±0,8/ 2,96 ±0,3
Концентрация аморфного диоксида кремния 30 кг/га						
S / ИПЛ, М±m	10,4±0,6/ 2,58±0,3	16,5±0,8/ 2,99±0,3	13,9±0,7/ 2,42±0,3	12,9±0,8/ 2,97 ±0,3	19,6±1,0/ 3,87 ±0,4	18,1±0,9/ 3,16 ±0,4
Концентрация аморфного диоксида кремния 100 кг/га						
S / ИПЛ, М±m	10,9±0,6/ 2,93±0,3	17,4±0,9/ 3,62±0,3	16,8±0,9/ 3,97±0,4	13,7±0,7/ 3,35 ±0,3	22,1±1,7/ 4,73 ±0,4	21,8±1,2/ 3,99 ±0,4
Концентрация аморфного диоксида кремния 700 кг/га						
S / ИПЛ, М±m	11,5±0,7/ 3,23±0,3	18,1±1,0/ 3,99±0,4	17,5±0,9/ 4,11±0,4	14,3±0,9/ 3,67 ±0,3	23,5±1,6/ 5,95 ±0,5	22,5±1,3/ 4,15 ±0,5
Концентрация аморфного диоксида кремния 1000 кг/га						
S / ИПЛ, М±m	12,3±0,7/ 3,54±0,3	18,9±1,1/ 4,12±0,4	18,9±0,9/ 4,92±0,4	15,1±0,9/ 3,67 ±0,3	26,9±1,9/ 6,91 ±0,5	24,7±1,8/ 4,98 ±0,6

Примечание: *Cucurbita pepo (тыква посевная), **Cucurbita pepo (кабачок посевной).

Установлено, что по сравнению с контролем наиболее значительно возрастает площадь поверхности листьев выращиваемых растений у злаков: *Triticum aestivum*, *Secale cereale*, *Avena sativa*, *Hordeum vulgare*, особенно значительный эффект наблюдается при концентрации препарата 100 кг/га (табл. 1), также этот эффект выявлен для представителей семейства тыквенные – *Cucumis sativus*, *Cucurbita pepo* (тыква посевная), *Cucurbita pepo* (кабачок посевной) (табл. 2).

При любых концентрациях «Ковелос Фиторост» также зарегистрировано увеличение индекса листовой поверхности: наиболее значительно он изменился при концентрации препарата 100 кг/га для злаков и овощных культур семейства тыквенные. При концентрациях синтетического аморфного диоксида кремния в 1000 кг/га для овощных культур – *Cucurbita pepo* (тыква посевная), *Cucurbita pepo* (кабачок посевной) – рассчитаны наибольшие показатели ИПЛ, т.е. их увеличение (табл. 2).

Таким образом, «Ковелос Фиторост» стимулирует рост надземной биомассы побега – листьев, которым принадлежит наибольшая роль в формировании биологического урожая и опосредованно, развитие растений, обеспечивающих впоследствии цветение, плодоношение и развитие подземной биомассы. Установлено, что аморфный диоксид кремния избирательно, в зависимости от видовой принадлежности растений, оказывает влияние на увеличение площади листьев и ИПЛ. В связи с нестабильностью климатических условий вегетационного периода в Нечерноземье РФ, в том числе и частыми засухами, представляется необходимым использование препарата «Ковелос Фиторост» для формирования устойчивого фотосинтетического аппарата культурных растений и ускорение адаптаций к неблагоприятным условиям посредством листовой поверхности.

Продуктивность растений также напрямую определяется содержанием в листьях хлорофиллов, фотосинтетических пигментов, которые являются важным субстратом фотосинтеза. Накопление и формирование пигментов зависит от ряда климатических и почвенно-грунтовых условий, которые в зоне рискованного земледелия – Нечерноземье РФ ограничивают продуктивность растений в целом. В целом же соотношение пигментов хлорофилльной группы определяет фотосинтетическую теорию продуктивности растений. Содержание пигментов – хлорофилла а и хлорофилла b (мг/г) отражено в таблице 3, 4.

Установлено, что использование кремнийсодержащего препарата в предпосевной обработке семян при возрастающей концентрации биодобавок закономерно увеличивает концентрацию фотосинтетических пигментов в побегах культурных растений: наибольшие концентрации хлорофиллов диагностировалось при концентрации диоксида кремния в 700 кг/га, так же как и витамина С. В биомассе побегов всех изученных культурных растений в наибольшей степени повышается концентрация хлорофилла, а по сравнению с концентрацией хлорофилла b.

Таблица 3 – Значения концентрации фотосинтетических пигментов хлорофилла *a* и хлорофилла *b* (мг/г) проростков некоторых культурных растений при обработке кремнийсодержащим удобрением (экспозиция 96 часов)

Показатель \ Культура	Triticum aestivum	Secale cereale	Avena sativa	Hordeum vulgare	Zea mays	Pisum sativum
Концентрация аморфного диоксида кремния 0 кг/га						
CXa / CXb	11,8±0,6/ 4,5±0,4	10,4±0,6/ 4,1±0,4	10,9±0,6/ 4,7 ±0,4	11,3±0,5/ 4,8±0,4	12,3±0,6/ 5,1±0,4	12,5±0,6/ 5,9±0,4
Концентрация аморфного диоксида кремния 30 кг/га						
CXa / CXb	12,6±0,6/ 4,8±0,4	12,0±0,6/ 4,6±0,4	12,2±0,6/ 4,9 ±0,4	12,6±0,6/ 5,2±0,4	12,9±0,7/ 5,6±0,5	13,9±0,7/ 6,2±0,5
Концентрация аморфного диоксида кремния 100 кг/га						
CXa / CXb	13,9±0,7/ 4,9±0,5	14,2±0,6/ 4,9±0,5	14,3±0,6/ 5,2 ±0,5	13,8±0,8/ 5,4±0,5	14,5±0,7/ 5,5±0,5	14,6±0,7/ 6,4±0,6
Концентрация аморфного диоксида кремния 700 кг/га						
CXa / CXb	15,4±0,9/ 5,3±0,5	15,7±0,8/ 5,0±0,6	15,9±0,7/ 5,4 ±0,5	15,3±0,8/ 5,8±0,6	15,9±0,8/ 5,7±0,5	15,7±0,8/ 6,8±0,6
Концентрация аморфного диоксида кремния 1000 кг/га						
CXa / CXb	15,5±0,9/ 5,5±0,5	15,8±0,8/ 5,1±0,6	15,8±0,7/ 5,7 ±0,5	15,5±0,9/ 5,9±0,6	16,2±0,9/ 5,9±0,6	15,9±0,8/ 6,9±0,6

Примечание: CXa, мг/г – концентрация хлорофилла *a*, CXb, мг/г – концентрация хлорофилла *b* в побегах экспонируемых растений (колеоптилях злаковых).

Воздействие аморфного диоксида кремния на биологические процессы у культурных растений можно объяснить хорошей поглощаемостью элементов препарата: он состоит из смеси различных полигидросилоксанов и растворяется в воде очень хорошо, превращаясь в доступные для растений формы, быстро встраиваясь в состав почвенного поглощающего комплекса [1,5].

Таблица 4 – Значения концентрации фотосинтетических пигментов хлорофилла *a* и хлорофилла *b* (мг/г) проростков некоторых культурных растений при обработке кремнийсодержащим удобрением (экспозиция 96 часов)

Показатель \ Культура	Phaseolus vulgaris	Cucumis sativus	Lycopersicum esculentum	Raphanus sativus	Cucurbito pepo*	Cucurbito pepo**
Концентрация аморфного диоксида кремния 0 кг/га						
CXa / CXb	12,8±0,7/ 5,3±0,4	14,6±0,7/ 6,2±0,5	15,7±0,7/ 4,9±0,4	13,1±0,5/ 3,8±0,3	14,9±0,7/ 6,1±0,5	14,7±0,7/ 6,4±0,4
Концентрация аморфного диоксида кремния 30 кг/га						
CXa / CXb	13,4±0,7/ 6,5±0,7	16,2±0,7/ 6,5±0,5	16,5±0,7/ 5,2±0,5	13,9±0,5/ 3,8±0,4	16,9±0,7/ 6,6±0,6	16,7±0,7/ 6,8±0,6
Концентрация аморфного диоксида кремния 100 кг/га						
CXa / CXb	15,3±0,7/ 6,8±0,7	18,7±0,9/ 7,1±0,7	17,8±0,9/ 5,7±0,5	14,2±0,8/ 3,9±0,5	19,3±0,7/ 6,9±0,6	19,6±0,9/ 7,2±0,6
Концентрация аморфного диоксида кремния 700 кг/га						
CXa / CXb	15,9±0,8/ 6,9±0,7	20,2±1,4/ 7,8±0,7	18,9±1,3/ 5,9±0,5	14,8±0,9/ 4,3±0,5	20,9±1,4/ 7,2±0,6	20,5±1,4/ 7,2±0,6
Концентрация аморфного диоксида кремния 1000 кг/га						
CXa / CXb	15,8±0,8/ 7,1±0,7	20,4±1,4/ 7,8±0,7	18,7±1,3/ 6,4±0,6	14,9±0,9/ 4,7±0,6	20,8±1,4/ 7,6±0,6	20,7±1,3/ 7,5±0,7

Примечание: *Cucurbito pepo (тыква посевная), **Cucurbito pepo (кабачок посевной). CXa.

При внесении «Ковелос Фиторост» в концентрации 700 кг/га выявлено наибольшее содержание концентрации основных фотосинтетических пигментов, особенно хлорофилла для всех выращиваемых культур. При дальнейшем увеличении концентрации аморфного диоксида кремния для всех культур содержание хлорофиллов не изменялось. Содержание пигментов – видовой признак растений, наиболее отзывчивы на внесение «Ковелос Фиторост» злаковые культуры, томаты, овощные культуры семейства тыквенные, бобовые. Наиболее значимое возрастание содержания хлорофилла, а определено для тыквенных культур и злаков: Triticum aestivum, Secale cereale, Avena sativa, Hordeum vulgare, Cucumis sativus, Cucurbito pepo, Cucurbito pepo.

Заключение. Использование кремнийсодержащей нанодобавки «Ковелос Фиторост» выявило стимулирование ростовых и биохимических процессов у культурных растений, наиболее существенно возрастает площадь поверхности листьев у злаковых культур – Triticum aestivum, Secale cereale, Avena sativa, Hordeum vulgare, особенно значительный эффект установили при концентрации 100 кг/га.

Наиболее отзывчивыми на обработку препаратом «Ковелос Фиторост» по показателям формирования листовой поверхности оказались семена тыквенных, бобовых, злаковых культур. Отмечена видовая специфичность реакции растений на различные концентрации при предпосевной обработке семян препаратом «Ковелос Фиторост».

Список источников

1. Медведева Ю.Д., Медведев В.О. Кремнийбиоорганические соединения и области их применения // Современные научные исследования и разработки. 2017. № 7 (15). С. 233-238.
2. Куликова А.Х., Козлова А.В., Смывалов В.С. Влияние кремнийсодержащих материалов на свойства почвы, состояние посевов и урожайность зерновых культур в условиях Среднего Поволжья // Агрохимия. 2019. № 4. С. 60-69.
3. Кузин Е.Н., Арефьев А.Н., Кузина Е.Е. Влияние кремнийсодержащей агроруды (диатомита) на урожайность сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции // Агрохимия. 2023. № 12. С. 57-66.
4. Матыченков И.В. Подвижные кремниевые соединения в системе почва-растение и методы их определения // Вестник Московского университета. 2016. № 3. С. 37-46.
5. Дорофеева М.М., Бонецкая С. А. Сравнительный анализ некоторых классических и современных методик определения площади листовой поверхности // Растительные ресурсы. 2020. Т. 56, № 2. С. 182-192.
6. Reduction in nutrient leaching from sandy soils by Si-rich materials: Laboratory, greenhouse and field studies / V. Matichenkov [et al.] // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 196. С. 104–450.
7. Etesami H., Adl S. M. Can interaction between silicon and non-rhizobial bacteria help in improving nodulation and nitrogen fixation in salinity-stressed legumes? A review // Rhizosphere. 2020. Vol. 15. С. 100–229.

Информация об авторах

И.В. Москаленко, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры географии, экологии и землеустройства, ФГБОУ ВО «Брянский ГУ имени академика И.Г. Петровского», eco_egf@mail.ru

Е.В. Ноздрачева, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, ФГБОУ ВО «Брянский ГУ имени академика И.Г. Петровского», eco_egf@mail.ru

Л.Н. Анищенко - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры географии, экологии и землеустройства, ФГБОУ ВО «Брянский ГУ имени академика И.Г. Петровского», lanishchenko@mail.ru

С.Н. Поцепай, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент института экономики и агробизнеса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, snpotsepai@yandex.ru

Information about the authors:

I.V. Moskalenko - Candidate of Biological Sciences, senior lecturer of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky", eco_egf@mail.ru

E.V. Nozdracheva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky", 14a, e-mail: eco_egf@mail.ru

L.N. Anishchenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bryansk State University named after academician I.G. Petrovsky», e-mail: lanishchenko@mail.ru

S.N. Potsepai - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Institute of Economics and Agribusiness, Bryansk State Agrarian University, snpotsepai@yandex.ru

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.01.2024; одобрена после рецензирования 25.03.2024, принята к публикации 28.03.2024..

The article was submitted 18.01.2024; approved after reviewing 25.03.2024; accepted for publication 28.03.2024.

© Москаленко И.В., Ноздрачева Е.В., Анищенко Л.Н., Поцепай С.Н.