Научная статья
УДК 631.811.98:633.62(470.333)

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОРЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОРГО САХАРНОГО В АГРОЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Татьяна Ивановна Васькина, Александр Викторович Дронов,
Сергей Александрович Бельченко
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с оптимизацией минерального питания растений для получения стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Одним из инновационных достижений в сельском хозяйстве являются регуляторы роста растений. Представлены результаты исследований эффективного применения биорегуляторов роста растений на архитектонику посевов, продуктивность, структуру, качество урожая агроценозов сорго сахарного в агроландшафтных условиях Брянской области. Проведена оценка влияния биорегуляторов роста на архитектонику посевов, продуктивность, структуру, качество урожая сорго в условиях серых лесных почв юго-запада Центрального региона России. Показано, что при применении препарата Альбит на фоне минерального питания - азофоска $N_{60}P_{60}K_{60}$ полевая всхожесть семян сорго кормового (сахарного) составила 84,3%, что на 14,2 % больше, чем на этом же фоне без применения препарата. Выше на 12,5% оказалась и выживаемость растений в этом варианте по сравнению с контролем. Обработка семян и растений гибридов сорго сахарного Зерсил F_1 и Славянское приусадебное F_1 препаратом Гумистим оказала наиболее эффективное влияние на урожайность зелёной надземной массы, которая увеличилась в среднем на 7,0-9,1% или на 3,5-4,6 т/га и составила 52,7 и 55,0 т/га соответственно.

Ключевые слова: сорго сахарное, биорегуляторы роста, предпосевная обработка, структура посевов, всхожесть, выживаемость, урожайность.

Для цитирования: Васькина Т.И., Дронов А.В., Бельченко С.А. Обоснование применения биорегуляторов роста при возделывании сорго сахарного в агроландшафтных условиях Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 29-33.

Original article

JUSTIFICATION OF APPLYING GROWTH BIOREGULATORS WHEN CULTIVATING SUGAR SORGHUM IN THE AGRO-LANDSCAPE CONDITIONS OF THE BRYANSK REGION

Tatyana I. Vas'kina, Alexandr V. Dronov, Sergey A. Bel'chenko
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The article discusses issues related to the optimization of mineral nutrition of plants to obtain consistently high yields of agricultural crops. One of the innovative achievements in agriculture is plant growth regulators. The results of researches of the effective use of plant growth bioregulators on the development and productivity of sugar sorghum agrocenoses in the agroclimatic conditions of the Bryansk region are presented. An evaluation of the growth bioregulator influence on the architectonics of crops, productivity, structure and quality of the sorghum crop was made in the conditions of gray forest soils in the southwest of the Central region of Russia. It was proved that when using the preparation Albit against the background of mineral nutrition - azophoska N60P60K60, the field germination of forage (sugar) sorghum seeds was 84.3%, that is 14.2% more than against the same background without the use of the preparation. The plant survival rate in this variant was also higher by 12.5% compared to the control. The treatment of seeds and plants of the sweet sorghum hybrids Zersil F_1 and Slavyanskoe Priusadebnoe F_1 with Gumistim had the most effective effect on the yields of green above-ground mass, which increased by an average of 7.0-9.1% or by 3.5-4.6 t/ha and amounted to 52.7 and 55.0 t/ha, respectively.

Keywords: sugar sorghum, forage sorghum growth bioregulators, pre-sowing treatment, sowing structure, germination, survival, yields.

For citation: T.I. Vas'kina, A.V. Dronov, S.A. Bel'chenko. Justification of applying growth bioregulators when cultivating sugar sorghum in the agro-landscape conditions of the Bryansk region. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 29-33 (In Russ.).

Введение. В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента № 20 от 21 января 2020 г., развитие сельского хозяйства является основой обеспечения продовольственной независимости страны [1]. В условиях сегодняшнего положения в мире сельскохозяйственное производство России нацелено на удовлетворение внутренних потребностей и наращивание экспортных возможностей. Эффективность АПК определяется в значительной степени использованием достижений научно-технического прогресса и получением стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур, достижение которых связано с оптимизацией системы минерального питания растений. При этом особое внимание уделяется внедрению современных технологий возделывания высокопродуктивных растений, среди которых важное место занимает сорго сахарное [Sorghum saccharatum (L.) Pers], культура разностороннего использования в ряде регионов мира и нашей страны Так, по сведениям учёных-исследователей РосНИИСК «Россорго», отмечается высокая способность растений сорго сахарного накапливать в соке стеблей до 18-24 процентов водораство-

римых сахаров. Данное уникальное свойство сорго сахарного расширяет потенциальные возможности культуры не только как сырья для производства кормов - зелёный корм, силос, но и в различных областях перерабатывающей промышленности на пищевые цели - глюкозо-фруктозный сироп, сорговый мёд и технические - биоэтанол, биотопливо. Сахар сока стеблей представлен смесью глюкозы, фруктозы и сахарозы. Сироп сахарного сорго по питательности не уступает сахаросодержащим продуктам из сахарной свёклы, сахарного тростника, при этом возделывание культуры более экономично и стабильно в любых условиях возделывания. Согласно медицинским исследованиям, сорговый сироп в чистом виде легче усваивается организмом человека и является оздоровительным продуктом питания для больных сахарным диабетом. Также в соке содержится немало макро- и микроэлементов, протеина, пектиновых веществ, ряда незаменимых аминокислот и витаминов. Сироп успешно может быть использован в производстве пива, дрожжей, кваса, а сорговая патока или сорговый мед - в приготовлении напитков и кондитерских изделий. Экспериментально доказан такой агробиологический приём как пинцировка (удаление) метёлок после цветения, что повышает сахаристость и снижает содержание крахмала и фенольных соединений в соке стеблей, а, следовательно, увеличение сбора сахаров с единицы площади. При помощи удаления метёлок в фазу цветения - предотвращается отток сахаристых веществ на формирование зерна и сохраняется накопление сахаров в стеблях [2,3,4].

В настоящее время одним из инновационных достижений в сельском хозяйстве является применение регуляторов роста растений, которые подразделяются на две группы: 1) эндогенные, продуцируемые растениями - гиббереллин, ауксин и т.д., и 2) экзогенные, образующиеся в процессе синтеза органических веществ. Регуляторы роста растений первой группы особенно важны и незаменимы, поскольку они участвуют во всех этапах жизни растений. Синтетические регуляторы роста способны повышать устойчивость к неблагоприятным факторам, ускорять или замедлять фенологические фазы, выстраивать оптимальную архитектуру растений, увеличивать количество и качество урожая. Кроме этого, они различаются механизмом действия: составляющие вещества ингибируют транспорт гиббереллинов и ауксинов; приводят к нарушению синтеза и обмена этиленом; цитокининподобные регуляторы роста и развития растений; стимуляторы и ингибиторы метаболизма - фотосинтеза, дыхания, транспирации и др.

Биорегуляторы роста обладают широким спектром физиологической активности, безопасны для человека и окружающей среды, а также благодаря низким нормам расхода и способности управлять процессами роста и развития растений имеют широкое перспективное применение в сельском хозяйстве. Оказывая благоприятное влияние на ростовые, физиологические и формообразовательные процессы, происходящие в растениях, регуляторы роста пользуются не меньшим спросом, чем минеральные удобрения или средства защиты растений. Они предотвращают полегание культур, улучшают завязь плодов и вегетативное размножение, ускоряют их созревание, повышают иммунитет растений, засухоустойчивость и морозостойкость, урожайность и качество продукции, и кроме того снижают содержание нитратов, радионуклидов и тяжёлых металлов [5].

Органическое происхождение и экологичность биостимуляторов способствует мощному скачку их рыночного производства. Основные составляющие синтетических регуляторов роста растений - это препараты на основе гуминовых кислот, аминокислот и экстракты на основе морских водорослей и растений с выраженными иммуно-модуляторными свойствами.

Применение регулятора роста в баковых смесях совместно с инсектицидами, фунгицидами, гербицидами и внесением жидких удобрений снимает их отрицательное влияние на культурные растения и является экономически выгодным и экологически целесообразным. Действие регуляторов роста принципиально отличается от действия удобрений, так как регуляторы - не питательные вещества, а факторы управления ростом и развитием растений. Росторегулирующий эффект достигается благодаря грамотному подбору препаратов, правильной дозировки и концентрации, при этом необходимо учитывать качество семенного материала и методы предпосевной обработки, погодные условия и состояние посевов. Последние достижения науки в исследованиях учёных Дона, Кубани, Крыма, Поволжья, ряда регионов Центральной России и их передовой опыт способствуют решению вопросов совершенствования и разработки агротехнологий возделывания сорго сахарного, том числе и с применением современных регуляторов роста [6,7,8,9].

Результаты многолетних исследований учёных Брянского ГАУ по внедрению сорговых культур в полевое кормопроизводство позволили создать многовариантные технологии их возделывания, разработать схемы зелёного и сырьевого конвейеров для производства качественных кормов и успешно апробированы в ряде хозяйств Брянской области (СПК «Культура» Брянского района, Учхоз «Кокино» Выгоничского района, СПК «Кистёрский», СХПК «Дружба» Погарского района) [10,11,12,13,14].

Однако следует заметить, что технологии возделывания, особенности формирования урожая и качества продукции сорговых культур с применением биологически активных веществ и регуляторов

роста растений не достаточно полно изучены. В связи с этим изучение эффективности применения некоторых регуляторов роста при возделывании сорго сахарного на корм представляет большой научный и производственный интерес.

Цель исследований заключалась в проведении оценки влияния биорегуляторов роста на архитектонику посевов, продуктивность, структуру, качество урожая сорго сахарного в условиях серых лесных почв Брянской области.

Материал и методика исследований. Наши исследования проводились в 2018-2020 гг. в условиях стационара опытного поля Брянского ГАУ. Почвенный покров в регионе представлен серыми лесными легкосуглинистыми почвами, хорошо окультуренными, с содержанием гумуса - 3,6-3,7 %, подвижных форм фосфора 300-302 мг/кг, калия 260-268 мг/кг почвы, реакция почвенного раствора на уровне pH 5,5-5,7.

Методы исследований: полевые, лабораторные, статистические. В качестве объектов исследований взяты отечественные сорта и гибриды сорго сахарного селекции ВНИИ сорго и сои «Славянское поле» и Аграрного Научного Центра «Донской» (Ростовская область, г. Зерноград). Предшественники - тритикале озимая и однолетние травы. Агротехника опытов принятая в регионе для кормовых культур. Исследования проводили согласно общепринятым методикам [15,16].

Экспериментальные исследования в 2018-2020 годах проводили на основе закладки четырёх мелкоделяночных полевых опытов с сахарным сорго, во время которых применялись биопрепараты Альбит, Гумисол-М и Гумистим (предпосевная обработка семян и некорневая подкормка). Во время вегетационного периода проводили фенологический мониторинг роста и развития изучаемых сортов сорго сахарного, определяли морфологические параметры габитуса растений по общепринятым методикам. Учёт урожайности надземной массы проводили в фазу молочно-восковой спелости зерна (сенажно-силосное направление). Для проведения структурного анализа и выхода сухого вещества отбирали снопы зелёной массы по 1 кг.

Лабораторные анализы выполнены в Центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ. Результаты количественных определений подвергали статистической обработке, урожайные данные обрабатывали методами дисперсионного и корреляционного анализа [17].

Результаты исследований. Согласно данным метеорологической станции Брянского ГАУ природно-климатические условия вегетационных периодов агроэкологического сортоиспытания за период наших исследований (2018-2020 гг.) характерно отличались друг от друга, как среднесуточной температурой воздуха, так и количеством выпавших осадков. В общем, следует отметить, что погодные условия были благоприятными для формирования достаточно высоких урожаев кормовой массы сорго в агроклиматических условиях Брянской области. Было выявлено, что при применении минерального питания и биопрепаратов Альбит и Гумисол-М показатели архитектоники посевов, онтогенеза, продуктивности посевов сорго сахарного Славянское приусадебное F_1 были весьма различными. Анализ структуры посевов этого гибрида (полевая всхожесть, выживаемость, сохранность растений) в 2018-2019 гг. представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Структура посевов сорго сахарного Славянское приусадебное F_1 на фоне минерального питания и применения биорегуляторов роста (2018-2019 гг.)

Фон минерального питания	Густота стояния, шт./м^2		Полевая всхожесть, %	Выживаемость растений, %	Сохранность растений перед уборкой, %
	всходы	перед уборкой			
Без обработки семян регуляторами роста					
Без удобрений (К)	44,8	39,3	64,0	56,1	87,7
N60P60K60 - фон 1-азофоска	49,6	46,8	70,1	66,9	94,4
P60K60 - фон 2 –борофоска	46,5	38,0	66,4	54,3	81,7
При обработке семян Альбитом (норма 80 мл/т)					
Без удобрений (К)	52,4	48,9	75,3	69,9	93,3
N60P60K60 - фон 1	59,0	55,6	84,3	79,4	94,2
P60K60 - фон 2	54,8	50,1	78,3	71,6	91,4
При обработке семян Гумисол-М (норма 80 мл/т)					
Без удобрений (К)	49,7	42,6	71,0	60,9	85,7
N60P60K60 - фон 1	55,6	50,1	79,4	71,6	90,1
P60K60 - фон 2	52,1	48,2	74,4	68,9	92,5

По результатам исследований было выявлено, что применение препарата Альбит на фоне минерального питания - азофоска N60P60K60 увеличило полевую всхожесть семян, которая составила 84,3% в среднем за три года, что больше на 14,2 %, чем на этом же фоне без применения препарата. На 12,5% выше была и выживаемость растений в данном варианте по сравнению с контролем. На

фоне минерального питания Р60К60 - борофоска полевая всхожесть была выше контрольной на 11,9 % и выживаемость растений - на 12,7%. Применение препарата Гумисол-М на фонах 1 и 2 минерального питания незначительно увеличило значения полевой всхожести и сохранности растений в сравнении с контролем (без обработки семян биорегулятором роста).

Однако применение биопрепаратов заметно повлияло на прохождение начальных фаз развития растений: так использование Альбита и Гумисол-М сократило межфазный период кущения - выход в трубку на 4 суток; выход в трубку - вымётывание сократился на 2-6 суток, а вымётывание - цветение на 1-4 суток. Таким образом, вегетационный период при использовании Альбита в целом сократился на 8 суток, при применении Гумисол-М - на 9 суток, то есть продолжительность вегетации составила в среднем 126-127 суток, а на контроле - 135 суток.

Относительно урожайности кормовой массы следует сказать что, применение биопрепаратов роста на различных фонах минерального питания не дало существенной прибавки. Так, урожайность сухой массы гибрида сахарного сорго Славянское приусадебное F_1 находилась в пределах 12,4-13,3 т/га. При предпосевной обработке семян Альбитом на фоне - азофоска N60P60K60 прибавка урожайности составила 0,9 т/га, при обработке Гумисолом-М - 0,7 т/га; на фоне - борофоска Р60К60 Альбит дал прибавку 0,8 т/га, а Гумисол-М - 0,7 т/га.

При проведении исследований было выявлена наибольшая эффективность применения Гумистима при обработке семян и некорневой подкормки растений гибридов сорго сахарного Зерсил F_1 и Славянское приусадебное F_1. Урожайность их зелёной надземной массы увеличилась в среднем на 7,0-9,1% или на 3,5-4,6 т/га и составила 52,7 и 55,0 т/га соответственно (табл.2).

Урожайность надземной зелёной сортов Дебют и Лиственит повысилась незначительно под влиянием препарата, доля влияния которого составила всего 8,2% при невысоком коэффициенте корреляции 0,286 в 2018 году, но в 2019 году отмечена существенная прибавка от применения Гумистима - доля влияния высокая, коэффициент детерминации составил 28,0%, при коэффициенте корреляции 0,529.

Следует отметить, что в среднем за три года применение препарата Гумистим позволило повысить полевую всхожесть сорго сахарного на 7-14 % по сравнению с контролем, и, следовательно, увеличить урожайность на 6,5-9,1%, при этом доля влияния составила 17,7% (коэффициент корреляции 0,421).

Таблица 2 – Урожайность зелёной надземной массы сортов и гибридов сорго сахарного в зависимости от применения Гумистима (2018-2020 гг.), т/га

Действие Гумистима (фактор А)	Сорт, гибрид (фактор В)	2018	2019	2020	Среднее за три года
Без Гумистима (контроль)	Дебют	38,7	48,1	46,1	44,3
	Лиственит	46,3	40,5	49,4	45,4
	Зерсил F_1	51,1	46,6	49,9	49,2
	Славянскоеприусадебное F_1	49,0	50,9	51,2	50,4
Обработка семян + некорневая подкормка (кущение)	Дебют	40,2	52,0	49,3	47,2
	Лиственит	47,1	43,8	50,5	47,1
	Зерсил F_1	54,8	51,4	52,0	52,7
	Славянское приусадебное F_1	55,0	55,2	54,8	55,0
Среднегодовая урожайность		47,6	48,5	50,4	
$НСР_{05}$ (фактор А)		2,7	1,8	1,7	
$НСР_{05}$ (фактор В)		1,9	1,3	1,2	
$НСР_{05}$ для частных различий		3,9	2,5	2,6	
Точность опыта, %		2,7	1,6	1,7	

Следует отметить, что в среднем за три года применение препарата Гумистим позволило повысить полевую всхожесть сорго сахарного на 7-14 % по сравнению с контролем, и, следовательно, увеличить урожайность на 6,5-9,1%, при этом доля влияния составила 17,7% (коэффициент корреляции 0,421).

Выводы. По результатам проведенных исследований следует, что применение биологически активных препаратов Альбит, Гумистим, Гумисол-М при возделывании сорго сахарного является эффективным приёмом современных агротехнологий. Рекомендуется проводить предпосевную обработку семян сорго биопрепаратами Альбит и Гумисол-М (норма 80 мл/т) и некорневую подкормку Гумистимом (из расчёта 6 л/га) в период кущения-выхода в трубку сорго сахарного, которые способствовали улучшению параметров формирования и структуры посевов, повышению продуктивности растений, стресс-толерантности, качества урожая.

Список источников

1. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: указ Президента РФ № 20 от 21.01.2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/#review.

2. Sorghum in the 21st Century: Food - Fodder -Feed - Fuel for a Rapidly Changing World(eBook) / V.A. Tonapi, H.S. Talwar, A.K. Are, B.V. Bhat, Ch. R. Reddy, T.J. Dalton // Springe. 2020. 932 p.

3. Сахарное сорго как сахаронос и альтернативный источник биоэнергии (обзор) [Электрон. ресурс] / О.Б. Каменева, О.П. Кибальник, И.Г. Ефремова и др. // АгроЭкоИнфо: электронный научно-производственный журнал. 2021. №5. - Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_602.pdf.

4. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В. Использование сорго сахарного в качестве источника питательных веществ для человека (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3 (63). С. 3-9.

5. Оценка эффективности удобрений и биопрепарата гумистим при возделывании озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве / Е.В. Справцева, Р.В. Мимонов, Н.М. Белоус и др. // Агрохимический вестник. 2019. №2. С. 42-47.

6. Influence of growth regulators on the development and productivity of soybean (Glycine max (L.) and sorghum crops (Sorghum spp.) / N.M. Belous, S.A. Belchenko, A.V. Dronov, O.A. Zaitseva, V.V. Mameev // Journal of Critical Reviews. China (Taipei). 2020. Vol.7, Issue 12. P. 1925-1935.

7. Тараненко В.В., Дмитриева И.Г., Муравьев В.С. Разработка регулятора роста для культуры сорго // Земледелие. 2022. № 4. С. 35-39.

8. Шкодина Е.П. Биологические основы выращивания сорго на Северо-Западе Нечерноземной зоны // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (4). С. 531-541.

9. Юдина В.Н., Болдырева Л.Л. Изучение содержания водорастворимых сахаров в стеблях сорго сахарного в условиях предгорного Крыма // Растениеводство и луговодство: сб. материалов Всеросс. науч. конф. с междунар. участием. М.: Изд-во АРСРubl. 2020. С. 249-251.

10. Agrobiological characteristics of aftermath ability and shoot structure in cultivation of fodder sorghum / N.M. Belous, S.A. Belchenko, A.V. Dronov, V.V. Dyachenko, V.E. Torikov // Journal of Environmental Treatment Techniques. United Arab Emirates. 2019. Vol.7, Issue 4. P. 623-630.

11. Дронов А.В. Эффективность минеральных удобрений при возделывании сорго-суданковых гибридов на юго-западе Центрального Нечерноземья // Кормопроизводство. 2019. № 1. С. 12-16.

12. Бельченко С.А., Дронов А.В., Васькина Т.И. Особенности биологии, опыт возделывания и перспективы переработки сорго сахарного на юго-западе Центральной России // Вестник Ульяновской ГСХА. 2019. № 2 (46). С. 24-32.

13. Дронов А.В., Бельченко Д.С. Урожайность кормовой массы сорго сахарного (Sorghum saccharatum (L.) Pers) в зависимости от плотности посева на юго-западе Нечерноземья // Сахарная свекла. 2023. № 5. С. 28-31.

14. Васькина Т.И. Воздействие внешних экофакторов на особенности культуры сорго кормового (сахарного) в условиях Брянской области // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф., 7-8 декабря 2023 г. Ч. 1. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ. 2023. С. 186-191.

15. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М.: Госкомиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1989. 197 с.

16. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1997. 156 с.

17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

Информация об авторах:

Т.И. Васькина – аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

А.В. Дронов - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, dronov.bsgha@yandex.ru.

С.А. Бельченко - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет».

Information about the authors:

T.I. Vaskina - Postgraduate student of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

A.V. Dronov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, dronov.bsgha@yandex.ru.

S.A. Bel'chenko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

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 13.11.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 13.11.2023; approved after rewiewing 24.11.2023; accepted for publication 31.01.2024.

© Васькина Т.И., Дронов А.В., Бельченко С.А.