

Влияние погодных условий на урожайность подсолнечника в условиях Саратовской области

Андрей Юрьевич Бунков, Сергей Петрович Кудряшов, Андрей Владимирович Лекарев, Людмила Александровна Гудова
ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения 9 сортов подсолнечника за период 2010–2019 гг. Самые благоприятные условия для подсолнечника были в 2011, 2018 и 2019 гг. Наибольшее влияние на степень реализации потенциала сортов оказывают показатели гидротермического обеспечения в период июль–август (образование корзинки – цветение – налив семян), когда у большинства изучаемых сортов выявлена прямая корреляционная связь между урожайностью и основными климатическими факторами (осадки, температура, ГТК), а наименьшее – в июне и сентябре. Наибольшее влияние осадки в августе оказывали на сорт Степной 82 – у него выявлена сильная корреляционная связь и высокий коэффициент детерминации.

Ключевые слова: подсолнечник; сорт; урожайность; гидротермический коэффициент; корреляционная связь; количество осадков; температура.

Для цитирования: Бунков А. Ю., Кудряшов С. П., Лекарев А. В., Гудова Л. А., Влияние погодных условий на урожайность подсолнечника в условиях Саратовской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 25–29. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp25-29>.

AGRONOMY

Original article

Influence of weather conditions on sunflower yield in the conditions of the Saratov region

Andrey Yu. Buenkov, Sergey P. Kudryashov, Andrey V. Lekarev, Ludmila A. Gudova

Federal State Budgetary Scientific Organization «Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region», Saratov, Russia
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a study of 9 cultivars of sunflower for the period 2010–2019. The most favorable conditions for sunflower were in 2011, 2018 and 2019. The greatest influence on the degree of realization of the potential of cultivars is exerted by indicators of hydrothermal provision in the period July–August (basket formation - flowering - seed filling), when most of the studied cultivars revealed a direct correlation between yield and main climatic factors (precipitation, temperature, HTC), and the smallest - in June and September. Precipitation in August had the greatest impact on the cultivar Stepnoy 82 - it showed a strong correlation and a high coefficient of determination.

Keywords: sunflower; cultivar; yield; hydrothermal coefficient; correlation; rainfall; temperature.

For citation: Buenkov A. Yu., Kudryashov S. P., Lekarev A. V., Gudova L. A. Influence of weather conditions on sunflower yield in the conditions of the Saratov region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(10):25–29. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp25-29>.

Введение. Современные сорта подсолнечника должны быть не только высокоурожайными, дающими продукцию высокого качества, но также устойчивыми к неблагоприятным факторам среды, т.е. высокоадаптированными.

Тенденция изменения климата в регионе проявляется в значительном потеплении зим, увеличении числа засух сильной интенсивности и ливневых осадков. Среднегодовая температура воздуха увеличилась, в основном, за счет повышения температуры в зимний период. Также увеличился безморозный период на 16 дней, а период активной вегетации растений – на 10–14 дней. Годовое количество осадков по всем микрорайонам Саратовской области повысилось на 8–10 %, а весеннее содержание запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы увеличилось на 15–30 мм [3]. В настоящее время наблюдается снижение континентальности климата, то есть отмечается тенденция увеличения минимальных температур и уменьшения максимальных. Изменение погодных условий оказывает большое влияние на урожайность растений. Увеличение продолжительности теплого периода создает благоприятные условия для внедрения в производство высокопродуктивных сортов и гибридов с более длинным периодом вегетации [2].

По степени увлажнения на территории Саратовской области выделяют следующие зоны: слабозасушливая (ГТК > 0,9), засушливая (ГТК = 0,9–0,65), очень засушливая (ГТК = 0,65–0,5) и сухая (ГТК < 0,5). ГТК подвержен сильным колебаниям по годам [4].

Цель исследований – изучить влияние меняющихся погодных условий вегетационного периода подсолнечника на урожайность семян в условиях Саратовской области.

Методика исследований. Экспериментальная часть работы проводилась в 2010–2019 гг. Было изучено 9 районированных сортов подсолнечника местной селекции. Полевые испытания проводились на опытных полях ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Норма высева семян составила 45 тыс. шт. на 1 га. Предшественником являлся чистый пар [5].





Результаты полевых экспериментов обрабатывали статистическими методами по Б.А. Доспехову при помощи пакета программ статистического анализа экспериментальных данных AGROS.

В качестве числового показателя линейной корреляции, указывающего на тесноту и направление связи аргумента X (осадки, температура) с функцией Y (урожайность) применяли коэффициент корреляции r . Корреляционная связь между изучаемыми признаками классифицировалась следующим образом: слабая ($r < 0,3$), средняя ($r = 0,3-0,7$), сильная ($r > 0,7$). Кроме этого, рассчитывали коэффициент детерминации, показывающий степень влияния изучаемого фактора (осадки, температура, ГТК) на урожайность [1].

Для характеристики уровня влагообеспеченности рассчитывали гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) [6].

Анализ произведен по месяцам вегетационного периода для каждого изучаемого сорта.

Данные по изменению ГТК в период вегетации подсолнечника за 10 лет приведены в табл. 1. Вегетационный период 2010 и 2015 гг. характеризовался как сухой. Очень засушливым он был в 2011, 2014, 2016, 2019 гг., засушливым – в 2012, 2017, 2018 гг., в 2013 г. – слабозасушливым.

Таблица 1

Гидротермический коэффициент (июнь–сентябрь)

Год	ГТК	Степень увлажнения
2010	0,19	сухая
2011	0,57	очень засушливая
2012	0,75	засушливая
2013	1,29	слабозасушливая
2014	0,52	очень засушливая
2015	0,40	сухая
2016	0,57	очень засушливая
2017	0,65	засушливая
2018	0,65	засушливая
2019	0,56	очень засушливая

В 2010 г. экстремально высокий температурный режим на территории области наблюдался в течение трех месяцев с июня по август. Максимальные температуры воздуха повышались до 36–38 °С. Острый дефицит осадков сохранялся в течение всего вегетационного периода. За июнь – сентябрь выпало всего 55,3 мм осадков. Гидротермический коэффициент за вегетационный период составил 0,2, что соответствует засухе очень сильной интенсивности.

2011 г. характеризовался крайне неустойчивым температурным режимом с чередованием экстремально низких, умеренных и экстремально высоких температур. Острый дефицит осадков в период вегетации масличных культур отмечался в июле. Осадки августа и сентября существенно улучшили агрометеорологическую обстановку, гидротермический коэффициент за период вегетации составил 0,57, что характеризует условия как слабозасушливые.

2012 г. отличался экстремально высоким температурным режимом практически в течение всего периода вегетации. Наиболее жарким был июнь, когда среднемесячная температура воздуха превысила норму на 4–5 °С, а средняя температура воздуха за июнь – сентябрь составила 21 °С, что выше нормы на 2,3 °С. Высокий температурный режим сопровождался дефицитом осадков.

В 2013 г. лето характеризовалось неустойчивым температурным режимом с обильными осадками во второй половине июня и острым дефицитом осадков в первой – второй декадах июля и в августе.

В 2014 г. в период вегетации наблюдался дефицит влаги. Сумма осадков составила 125 мм, или 69,8 % нормы. Средняя температура воздуха за вегетационный период (июнь – сентябрь) составила 19,70 °С, что на 10 °С выше среднегодовой температуры.

В 2015 г. отмечен высокий температурный режим в июне с острым дефицитом осадков в первой и второй декадах и неустойчивая температура в июле – августе с дефицитом осадков в большую часть периода за исключением второй декады июля. Самым сухим был август, когда средняя по области сумма осадков составила всего 17 мм, или 42 % нормы. За июнь–сентябрь сумма осадков составила 101 мм, или 56 % от нормы.

В 2016 г. наблюдалась пониженная температура в первой половине июня и экстремально высокая температура в июле и августе. Лето характеризовалось пониженным температурным режимом в первой половине июня и преобладанием экстремально высоких температур в июле и августе. В июне наблюдался дефицит осадков. Сумма их за месяц составила в среднем 9 мм (20 % нормы). В июле осадки выпали в объеме 29 мм. За август выпало всего 8 мм. Средняя температура воздуха за вегетационный период составила 20,6 °С.

В 2017 г. сумма осадков за период вегетации масличных культур (июнь – сентябрь) составила 154 мм (86 % нормы). Средняя температура воздуха за июнь–сентябрь составила 19,3 °С, что фактически не отличается от среднегодовой нормы. Гидротермический коэффициент за июнь – сентябрь составил 0,65.

В 2018 г. сумма осадков за вегетационный период составила 163,2 мм (91 % от среднегодовой суммы осадков). Средняя температура воздуха была почти такой же, как в 2015 г., – 20,6 °С.

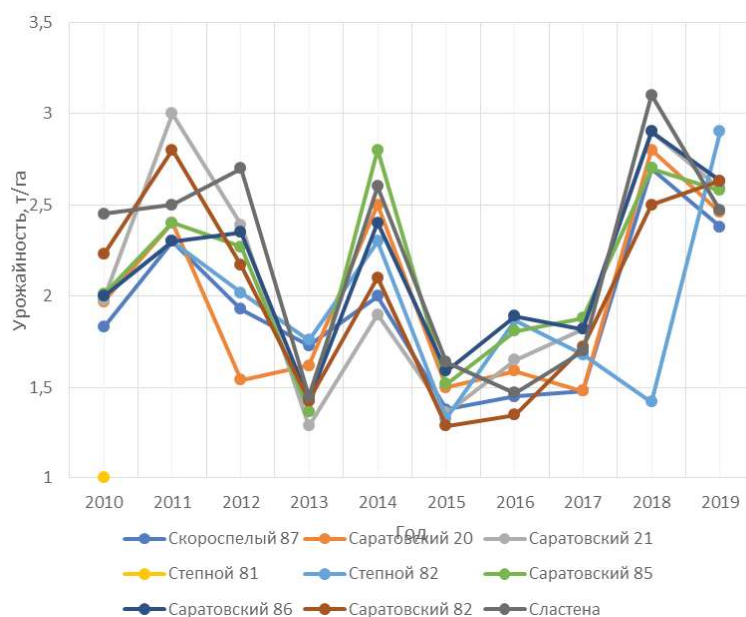
2019 г. был приблизительно схож по климатическим условиям с 2011 г. Средняя температура воздуха 19,2 °С, сумма осадков 131 мм.

Результаты исследований. Величина урожайности зависит от условий произрастания и генотипических особенностей исследуемых сортов. К группе ультраскороспелых с продолжительностью вегетационного периода



78–83 дня относятся сорта Саратовский 20, Саратовский 21, Саратовский 82, Скороспелый 87. Скороспелые сорта (86–90 дней) – Сладена, Степной 81, Степной 82. К раннеспелым сортам (длина вегетации – 95–100 дней) относятся Саратовский 85 и Саратовский 86.

Самые благоприятные условия для произрастания подсолнечника наблюдались в 2011 (средняя урожайность – 2,44 т/га), 2018 (2,51 т/га) и 2019 (2,62 т/га) гг. В эти годы отмечена наибольшая урожайность изучаемых сортов. В 2011 г. выделился сорт Саратовский 21 (3 т/га). В 2018 г. – сорт Сладена (3,1 т/га). В 2019 г. более урожайным был сорт Степной 82 (2,9 т/га). Наименьшая урожайность у всех сортов отмечена в 2013 и 2015–2017 гг. Снижение урожайности обусловлено погодными условиями этих лет. Обилие осадков в июне 2013 г. (ГТК = 2,24) способствовало развитию мощной вегетативной массы, заложению высокой продуктивности растений и развитию преимущественно поверхностной корневой системы. Очень засушливый июль (период цветения и первый этап налива семян) с гидротермическим коэффициентом – 0,56 и сухой август (засуха в период интенсивного налива семян) с ГТК равным 0,17 способствовали резкому снижению урожайности. В 2013 г. наибольшая урожайность наблюдалась у сортов Степной 81 и Скороспелый 87 (1,76 и 1,73 т/га соответственно). В 2015 и 2016 гг. весь вегетационный период подсолнечника проходил в условиях дефицита влаги (ГТК = 0,4 и 0,57 соответственно), что и обусловило низкую урожайность семян изучаемых сортов. Сорт Степной 82 был более урожайным в 2015 году (1,88 т/га), а в 2016 г. – сорта Саратовский 86 и Степной 82 (по 1,89 т/га). Наличие влаги в июне (ГТК = 1,24) и июле (ГТК = 0,77) 2017 г. обеспечило нормальное развитие растений в период роста и цветения, а из-за жесткой засухи (ГТК=0,06) в период налива семян произошло снижение урожайности. В этом году лучшим был сорт Саратовский 85 с урожайностью 1,88 т/га. Данная закономерность прослеживалась у всех изучаемых сортов (см. рисунок).



Динамика урожайности семян подсолнечника, т/га

Для определения изменчивости признака рассчитывали коэффициент вариации. При коэффициенте вариации менее 10 % изменчивость считается слабой, при 10–20 % – средней, при более 20 % – высокой [1].

Коэффициент вариации показал высокую изменчивость урожайности сортов по годам за период изучения и колебался от 21,82 % у сорта Саратовский 86 до 29,05 % у сорта Саратовский 21. Полученные данные указывают на зависимость урожайности от условий года. Наибольшая урожайность в среднем за годы изучения отмечена у сорта Сладена (2,21 т/га). Рассчитаны уравнения трендов урожайности по сортам и для средней урожайности по сортам, где y – урожайность подсолнечника в т/га, x – порядковый номер года (табл. 2).

Таблица 2

Изменчивость урожайности подсолнечника

Сорт	Уравнения трендов	Урожайность, т/га			Коэффициент вариации V , %
		min	max	средняя	
Скороспелый 87	$y = 0,0245x + 1,7833$	1,38	2,70	1,92	22,80
Саратовский 20	$y = 0,0309x + 1,808$	1,48	2,80	1,99	25,48
Саратовский 21	$y = 0,0079x + 2,0313$	1,29	3,00	2,09	29,05
Степной 81	$y = -0,0024x + 1,9713$	1,33	2,90	1,96	23,68
Степной 82	$y = 0,0082x + 1,9687$	1,31	2,90	2,01	24,38
Саратовский 85	$y = 0,0322x + 1,9567$	1,37	2,80	2,13	23,16
Саратовский 86	$y = 0,0472x + 1,8713$	1,43	2,90	2,13	21,82
Саратовский 82	$y = -0,0109x + 2,082$	1,29	2,80	2,02	27,11
Сладена	$y = -0,0092x + 2,2587$	1,45	3,10	2,21	26,60
Среднее по сортам	$y = 0,0155x + 1,966$	1,49	2,62	2,05	24,30



Для установления характера влияния основных факторов климата (температуры и осадков) на урожайность сортов подсолнечника использовали корреляционный анализ.

В июне и сентябре наблюдалась отрицательная корреляционная связь между суммой осадков и урожайностью, в средней степени она отмечена у сортов Степной 82, Саратовский 85 и Саратовский 86. Аналогичная связь в июне наблюдалась у сорта Саратовский 21, а в сентябре – у сорта Сластена. У остальных сортов отмечена слабая корреляционная связь (табл. 3).

В июле и августе у большинства изучаемых сортов выявлена прямая корреляционная связь между урожайностью и осадками.

В июле средняя достоверная корреляция была у сортов Скороспелый 87 и Саратовский 86. У сорта Степной 81 отмечена обратная корреляция средней степени между изучаемыми признаками.

Наибольшее влияние осадки в августе оказали на сорт Степной 82 – у него выявлена сильная корреляционная связь ($r = 0,79$) и высокий коэффициент детерминации 0,62. Связь средней степени наблюдалась у сортов Степной 81, Саратовский 85, Саратовский 86 и Сластена (коэффициент детерминации соответственно 0,19; 0,11; 0,11 и 0,14).

Таблица 3

Корреляционный анализ (осадки – урожайность)

Сорт	Месяц							
	июнь		июль		август		сентябрь	
	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2
Скороспелый 87	-0,24	0,06	0,36	0,13	0,18	0,03	-0,08	0,006
Саратовский 20	-0,27	0,07	0,23	0,05	-0,06	0,004	-0,18	0,03
Саратовский 21	-0,43	0,19	0,20	0,04	0,27	0,07	-0,19	0,04
Степной 81	-0,10	0,01	-0,35	0,12	0,43	0,19	-0,25	0,06
Степной 82	-0,44	0,19	-0,18	0,03	0,79	0,62	-0,57	0,33
Саратовский 85	-0,40	0,16	0,14	0,02	0,33	0,11	-0,43	0,19
Саратовский 86	-0,54	0,29	0,35	0,12	0,33	0,11	-0,32	0,10
Саратовский 82	-0,24	0,06	-0,02	0,0004	0,19	0,04	-0,26	0,07
Сластена	-0,28	0,08	0,21	0,04	0,37	0,14	-0,35	0,12

Также проведен корреляционный анализ между температурным режимом и урожайностью семян подсолнечника (табл. 4).

Таблица 4

Корреляционный анализ (температура – урожайность)

Сорт	Месяц							
	июнь		июль		август		сентябрь	
	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2
Скороспелый 87	-0,14	0,02	0,22	0,05	-0,29	0,08	0,02	0,0004
Саратовский 20	-0,24	0,06	0,19	0,04	-0,17	0,03	0,05	0,003
Саратовский 21	-0,16	0,03	0,42	0,18	-0,19	0,04	0,06	0,004
Степной 81	0,04	0,002	0,07	0,005	-0,12	0,01	-0,63	0,40
Степной 82	0,43	0,19	0,07	0,005	-0,20	0,04	-0,19	0,04
Саратовский 85	-0,27	0,07	0,17	0,03	-0,08	0,006	-0,02	0,0004
Саратовский 86	-0,14	0,02	0,19	0,04	-0,16	0,03	0,06	0,004
Саратовский 82	-0,18	0,03	0,59	0,35	0,03	0,0009	0,14	0,02
Сластена	0,01	0,0001	0,37	0,14	-0,06	0,004	0,23	0,05

В июне выявлена средняя прямая корреляционная зависимость урожайности со средней температурой у сорта Степной 82 и слабая прямая связь у сортов Степной 81 и Сластена. Остальные сорта показали слабую отрицательную связь между данными показателями.

В июле у сортов Саратовский 21, Саратовский 82 и Сластена зафиксирована прямая средняя корреляционная связь, у остальных сортов слабая корреляция. В августе и сентябре у сортов отмечена слабая корреляционная связь между данными показателями, причем в августе – большей частью отрицательная. У сорта Степной 81 в сентябре наблюдалась средняя отрицательная корреляция ($r = -0,63$).

Наибольшая степень влияния температурного режима на урожайность семян подсолнечника отмечена в июне у сорта Степной 82 (19 %), в июле – у сортов Саратовский 21 (18 %), Саратовский 82 (35 %) и Сластена (14 %), а в сентябре – у сорта Степной 81 (40 %).

Корреляционный анализ связи урожайности с гидротермическим коэффициентом показал такую же закономерность, как и в отношении урожайность – осадки (табл. 5).

Таким образом, сумма осадков и гидротермический коэффициент оказывают одинаковое влияние на формирование урожая сортов.

Корреляционный анализ (ГТК – урожайность)

Сорт	Месяц							
	июнь		июль		август		сентябрь	
	<i>r</i>	<i>R</i> ²	<i>r</i>	<i>R</i> ²	<i>r</i>	<i>R</i> ²	<i>r</i>	<i>R</i> ²
Скороспелый 87	–0,22	0,05	0,33	0,11	0,20	0,04	–0,14	0,02
Саратовский 20	–0,24	0,06	0,20	0,04	–0,04	0,002	–0,23	0,05
Саратовский 21	–0,39	0,15	0,16	0,03	0,29	0,08	–0,25	0,06
Степной 81	–0,08	0,006	–0,32	0,10	0,47	0,22	–0,21	0,04
Степной 82	–0,46	0,21	–0,17	0,03	0,82	0,67	–0,54	0,29
Саратовский 85	–0,35	0,12	0,10	0,01	0,33	0,11	–0,47	0,22
Саратовский 86	–0,50	0,25	0,31	0,10	0,35	0,12	–0,38	0,14
Саратовский 82	–0,20	0,04	–0,08	0,006	0,20	0,04	–0,32	0,10
Сластена	–0,27	0,07	0,15	0,02	0,37	0,14	–0,41	0,17

Заключение. В результате многолетнего изучения сортов подсолнечника разных групп спелости выявлена специфическая реакция на абиотические условия в разные месяцы вегетационного периода. Самые благоприятные условия для произрастания подсолнечника наблюдались в 2011 г. (средняя урожайность – 2,44 т/га), 2018 г. (2,51 т/га) и 2019 г. (2,62 т/га).

Связь урожайности с условиями гидротермического обеспечения за вегетационный период (июнь–сентябрь) имеет в основном линейную зависимость различной степени в зависимости от изучаемого промежутка вегетации. Наибольшее влияние на степень реализации потенциала сортов оказывают показатели гидротермического обеспечения в период июль–август (образование корзинки – цветение – налив семян), когда у большинства изучаемых сортов выявлена прямая корреляционная связь между урожайностью и основными климатическими факторами (осадки, температура, ГТК), а наименьшее – в июне и сентябре.

Сильная и средняя корреляционные связи выявлены у сорта Степной 82 между показателем «урожайность маслосемян» с осадками в августе ($r = 0,79$), с ГТК в августе ($r = 0,82$) и температурой в июне ($r = 0,43$).

Также прямая средняя корреляционная зависимость между температурой и урожайностью установлена в июле у сортов Саратовский 21, Саратовский 82 и Сластена.

Коэффициент вариации показал высокую изменчивость урожайности сортов по годам за период изучения и колебался от 21,82% у сорта Саратовский 86 до 29,05 % у сорта Саратовский 21.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985. 351 с.
2. Левицкая Н.Г., Шаталова О.В., Иванова Г. Ф. Оценка современных тенденций изменения климата и их последствий для сельскохозяйственного производства в Нижнем Поволжье // Повышение эффективности использования агробиоклиматического потенциала юго-восточной зоны России: сб. науч. трудов, посвящ. 95-летию со дня основания ГНУ НИИСХ Юго-Востока. Саратов, 2005. 336 с.
3. Лекарев В.М., Пимахин В.Ф., Графов В.П., Коваленко А.В. Изменение климата и стратегия селекции подсолнечника в Поволжье // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 5. С. 20–21.
4. Медведев И.Ф., Левицкая Н.Г., Ефимова В.И., Бочков А.А. Зерновое производство в Саратовской области – экология и устойчивость // Сб. науч. тр. Саратов, 2009. 324 с.
5. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар, 2010. 327 с.
6. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 165–177.

REFERENCES

1. Dospekhov B.A. Methods of field experience. Moscow, 1985. 351 p.
2. Levitskaya N.G., Shatalova O.V., Ivanova G.F. Evaluation of current trends in climate change and their consequences for agricultural production in the Lower Volga region. *Improving the efficiency of using the agrobioclimatic potential of the southeastern zone of Russia*. Saratov, 2005. 336 p.
3. Lekarev V.M., Pimakhin V.F., Grafov V.P., Kovalenko A.V. Climate change and the strategy of sunflower breeding in the Volga region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2010; 5: 20–21.
4. Medvedev I.F., Levitskaya N.G., Efimova V.I., Bochkov A.A. Grain production in the Saratov region - ecology and sustainability. Collection of scientific papers. Saratov, 2009. 324 p.
5. Methodology for conducting field agrotechnical experiments with oilseeds. Krasnodar; 2010. 327 p.
6. Selyaninov G.T. On agricultural climate assessment. *Proceedings on agricultural meteorology*. 1928; 20: 165–177.

Статья поступила в редакцию 18.04.2022; одобрена после рецензирования 17.05.2022; принята к публикации 27.05.2022.

The article was submitted 18.04.2022; approved after reviewing 17.05.2022; accepted for publication 27.05.2022.

