

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 1 (16). С.4-11
Agricultural journal. 2023; 16 (1). P.4-11

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья
УДК 633.11«324»:631.5:631.84
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/001.1.16.2023

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ АЗОТА РАСТЕНИЯМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Евгения Александровна Бильдиева, Федор Владимирович Ерошенко
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, Михайловск,
E-mail: info@fnac.center

Аннотация. Потеря плодородия почвы в результате многолетней интенсификации сельскохозяйственного производства, увеличение стоимости агрохимикатов требуют научно-обоснованного перехода на ресурсосберегающие технологии возделывания. Исследования проводили в 2020–2022 годах в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края на черноземе обыкновенном. Целью исследований являлось изучение особенностей азотного питания растений озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till. Мягкая озимая пшеница сорта Виктория одесская рассматривалась в двухфакторном полевом опыте: первый фактор – технология возделывания (No-till и традиционная), второй фактор – фон минерального питания (неудобренный, удобренный и внесение удобрений на фоне применения почвопокровной культуры). Показатели роста и развития растений озимой пшеницы изучали по общепринятой методике, содержание азота в растениях – по методике В.Т. Куркаева с соавторами, активность нитратредуктазы в листьях – по методике Б.И. Токарева. В результате проведенных исследований установлено, что возделывание озимой пшеницы по технологии No-till оказывает влияние на процесс накопления азота растениями, увеличивая интенсивность его поглощения в репродуктивный период развития. Кроме того, показано, что активность фермента нитратредуктазы во флаговых листьях в начале X этапа органогенеза на вариантах с технологией No-till существенно возростала до 2,61–4,15 мкмоль/г·ч. Применение в севообороте почвопокровной культуры способствует более интенсивному накоплению азота в растениях и росту урожайности в среднем на 2,7 %, в сравнении с вариантом внесения только удобрений. При этом существенно улучшается и качество зерна: содержание сырой клейковины возросло на 1,4 %.

Ключевые слова: технология No-till, почвопокровная культура, озимая пшеница, азотное питание, активность нитратредуктазы

Для цитирования: Бильдиева Е.А., Ерошенко Ф.В. Влияние технологии возделывания на накопление азота растениями озимой пшеницы // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 1 (16). С. 4-11. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/001.1.16.2023

Agronomy, forestry and water industry

Original article

INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON NITROGEN ACCUMULATION OF WINTER WHEAT

Evgeniya A. Bildieva, Fedor V. Eroshenko

FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, info@fnac.center

Abstract. The loss of soil fertility as a result of the long-term intensification of agricultural production, the increase in the cost of agrochemicals requires a scientifically based transition to resource-saving cultivation technologies. The research was carried out in 2020-2022 in the zone of unstable moistening of the Stavropol Territory on ordinary black soil. The purpose of the research was to study the peculiarities of nitrogen nutrition of winter wheat, which was cultivated using no-till farming technique. Victoria Odessa variety of soft winter wheat was studied in a two-factor field experiment. The first factor was the cultivation technology (no-till farming and traditional), the second factor was the background of mineral nutrition (unfertilized, fertilized and fertilization with the use of cover crop). The growth and development rates of winter wheat were studied according to the generally accepted methodology, the nitrogen content in plants was studied according to the method of V.T. Kurkaev and his colleagues, the nitrate reductase activity in leaves was studied according to the method of B.I. Tokarev. As a result of the conducted studies, it was found that the cultivation of winter wheat using no-till farming affects the process of nitrogen accumulation of plants, increasing the intensity of its absorption during the reproductive period of development. In addition, it was shown that the activity of the nitrate reductase enzyme in flag leaves at the beginning of the X stage of organogenesis on variants with no-till farming increased significantly to 2,61-4,15 mmol/g·h. The use of cover crop in crop rotation contributes to a more intensive accumulation of nitrogen in plants and an increase in yield – by an average of 2,7% compared to the option of applying only fertilizers, while the quality of grain is also significantly improved – the content of crude gluten increased by 1,4%.

Key words: no-till farming, cover crop, winter wheat, nitrogen nutrition, nitrate reductase activity

For citation: Bildieva E.A., Eroshenko F. V. Influence of cultivation technology on nitrogen accumulation of winter wheat // Agricultural journal. 2023; 16 (1). P. 4-11. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/001.1.16.2023

Введение. Сельскохозяйственное производство является одной из системообразующих отраслей экономики нашей страны и имеет большой потенциал для развития [1, 2]. Эффективного функционирования данной отрасли можно достичь внедрением технологий ресурсосберегающего земледелия, позволяющих не только увеличить экономическую эффективность производства сельскохозяйственной продукции, но и способствующих сохранению и приумножению почвенного плодородия, снижению экологической нагрузки на окружающую среду, а также рациональному применению средств химизации [3, 4].

К ресурсосберегающим относят широко распространенную в США, Бразилии,

Аргентине «нулевую технологию» (No-till) или «технологию прямого посева», набирающую все большую популярность в некоторых регионах России и занимающую около 1 млн га посевных площадей. Имеющийся в некоторых случаях негативный опыт внедрения данной технологии, как правило, связан с завышенными ожиданиями сельхозпроизводителей, которые, просто отказавшись от вспашки, ждут высокой рентабельности производства. Нулевая технология – не просто технология, это целый комплекс мероприятий: от подготовки почвы, управления пожнивными остатками правильно подобранного севооборота до усиленной защиты и минерального питания растений. No-till успешно начинает работать только через 5–7 лет, при условии, что соблюдены все требования данной системы земледелия [5, 6].

Также при внедрении новой технологии важно изучать реакцию возделываемых культур посредством исследования физиологических процессов, протекающих в растениях [7]. Одним из них, причем из важнейших, считается метаболизм азота, так как данный элемент минерального питания – ключевой компонент простых и сложных белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла, ферментов, алкалоидов и многих других органических веществ, играющих важную роль в обмене веществ.

Многочисленными исследованиями, в том числе проведенными в нашем Центре, установлено, что посеы озимой пшеницы по технологии No-till обладают достаточно высоким потенциалом продуктивности и положительно отзываются на увеличение дозы минеральных удобрений [8]. Однако в сложившейся экономической ситуации увеличение дозы удобрений влечет существенный рост расходов на производство зерна и снижает экономическую эффективность сельскохозяйственного производства, поэтому в качестве альтернативы минеральному азоту можно рассматривать азот, полученный в результате разложения органических остатков сидеральной культуры [9].

Цель исследований – изучить особенности азотного питания растений озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till.

Материал и методы исследований. Исследования проводили в 2020–2022 годах на экспериментальном стационаре ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края на черноземе обыкновенном. Почва опытного участка отличается низким содержанием гумуса (3,9 %) и нитратного азота (11,9 мг/кг почвы), средней обеспеченностью обменным калием (245 мг/кг) и средним содержанием подвижного фосфора (18,7 мг/кг).

Мягкую озимую пшеницу сорта Виктория одесская изучали в следующем севообороте: горох – озимая пшеница – подсолнечник – кукуруза. Опытные делянки размещались в два яруса в трехкратной повторности (учетная площадь – 30 м²):

- 1) технология No-till (технология прямого посева без обработки почвы);
- 2) традиционная технология (технология с обработкой почвы, рекомендованная для зоны неустойчивого увлажнения научными учреждениями).

В каждой технологии выделяли три варианта с различным уровнем минерального питания:

- 1) без удобрений;
- 2) удобрённый (N₉₀P₆₀K₆₀);
- 3) удобрённый (N₉₀P₆₀K₆₀) на фоне применения почвопокровной культуры (ППК).

Посев озимой пшеницы проводили в оптимальные сроки – первая декада октября, норма высева семян – 4,5 млн/га.

Почвопокровную культуру (озимую рожь) сеяли после уборки кукурузы, а

весной перед посевом гороха прекращали ее вегетацию в технологии No-till гербицидом сплошного действия, в традиционной – обработкой дисковой бороной.

В качестве минеральных удобрений применяли нитроаммофоску ($N_{16}P_{16}K_{16}$) и аммиачную селитру (N_{34}). Общую дозу минеральных удобрений ($N_{90}P_{60}K_{60}$) вносили дробно: перед посевом ($N_{60}P_{60}K_{60}$) вразброс – 250 кг/га нитроаммофоски и 125 кг/га – при посеве сеялкой. В фазу весеннего кушения осуществляли подкормку в дозе (N_{30}) в разброс аммиачной селитрой (88 кг/га).

Согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур изучали показатели роста и развития растений озимой пшеницы на разных этапах органогенеза. Активность нитратредуктазы определяли по методике Мульдера в модификации Б.И. Токарева¹, а содержания азота в растениях – по методике В.Т. Куркаева с соавторами (1977). Учет урожайности выполняли методом прямого комбайнирования в фазу полной спелости зерна. Достоверность полученных данных оценивали методом статистического анализа с помощью программ AgCStat и MSExcel.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе вегетации озимой пшеницы проводили анализ содержания азота в органах растений. Полученные результаты позволяют сделать вывод о существенном отличии динамики накопления азота растениями озимой пшеницы, выращенной по традиционной технологии и технологии No-till (таблица 1).

Таблица 1

Динамика накопления азота в растениях озимой пшеницы, г/м²
(среднее за 2020–2022 гг.)

Вариант		Этапы органогенеза			
Технология	Фон	VI	VIII	X	XII
No-till	Без удобрений	3,1	4,4	4,7	7,6
	Удобрённый	8,2	10,6	13,2	17,1
	Удобрённый ППК	8,0	12,4	14,2	25,4
Традиционная	Без удобрений	4,3	6,8	5,9	13,8
	Удобрённый	10,3	12,0	10,9	18,2
	Удобрённый ППК	10,0	12,1	11,5	18,0
<i>различия значимы для $p < 0,05$, $t_{крит.} = 2,23$</i>		$t_{cm.} = 3,5$	$t_{cm.} = 2,5$	$t_{cm.} = 2,3$	

Нами установлено, что процесс накопления азота в растениях при возделывании озимой пшеницы по технологии No-till, до начала репродуктивного периода протекает менее интенсивно, чем при традиционной технологии.

Так, на VI этапе органогенеза на неудобренном фоне в технологии No-till содержание азота в растениях оказалось на 27,9 % ниже, чем при традиционной технологии, на фоне с внесением удобрений разница составляла 20,4 %, а на фоне с применением почвопокровной культуры – 20,0 %. По мере прохождения этапов органогенеза разница постепенно сокращалась, и к X этапу органогенеза у посевов по традиционной технологии отмечалось снижение концентрации азота на всех вариантах, тогда как у растений на вариантах с технологией No-till, напротив, его содержание возрастало на 6,4–19,7 %, по сравнению с VIII этапом органогенеза. К концу вегетации наиболее высокая концентрация азота наблюдалась в посевах озимой пшеницы по технологии No-till на варианте с внесением удобрений на фоне почвопокровной культуры – 25,4 г/м², что на

29,1 % выше, чем на том же фоне по традиционной технологии, и на 28,3 % – на удобренном фоне.

Анализ динамики накопления азота в растениях озимой пшеницы позволяет сделать вывод, что интенсивность потребления данного элемента минерального питания у растений, выращенных по технологии без обработки почвы, возрастает в репродуктивный период. Для подтверждения этого вывода мы провели изучение активности фермента нитратредуктазы, отвечающего в растении за восстановления нитрата до нитрита. В качестве объекта исследования использовали флаговые листья озимой пшеницы, так как именно флаговый лист, по мнению многих исследователей, обладает наибольшей активностью в восстановлении азота к началу репродуктивного периода [10]. Отбор образцов для анализа осуществляли дважды: в начале фазы колошения (VIII этап органогенеза) и в начале фазы роста зерновки (X этап органогенеза). В результате установлено, что в самом начале репродуктивного периода активность фермента в листьях оказалась достаточно низкой и варьировала от 0,2 до 0,51 мкмоль/г·ч, за исключением варианта с применением удобрений на фоне почвопокровной культуры по технологии No-till, где она составила 1,82 мкмоль/г·ч. (рисунок 1).

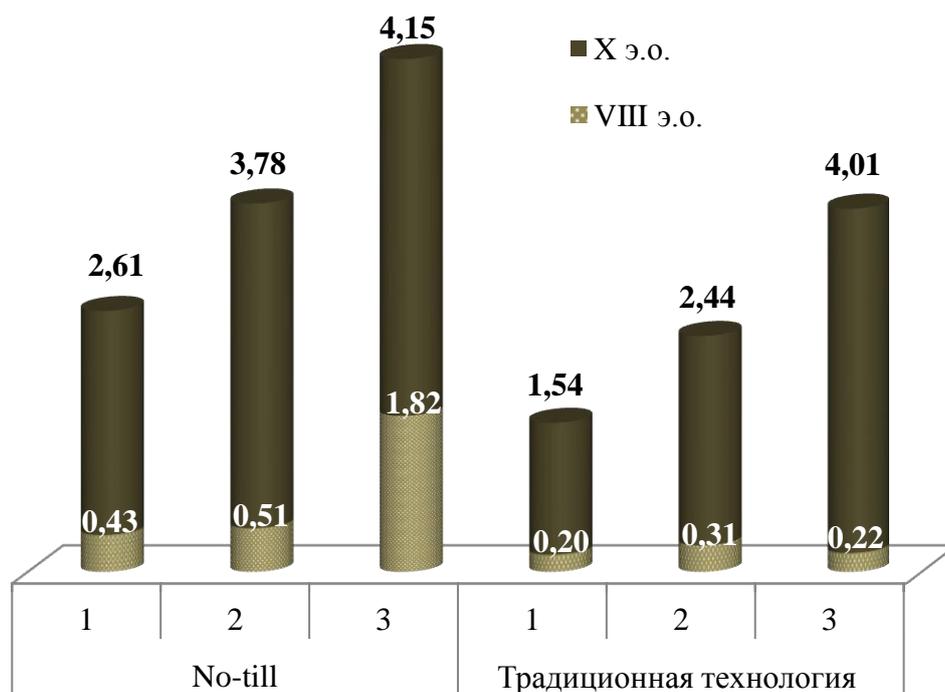


Рисунок 1. Активность фермента нитратредуктазы в листьях озимой пшеницы (мкмоль/г·ч):

1 – без удобрений; 2 – удобренный; 3 – удобренный ППК

Активность нитратредуктазы в начале X этапа органогенеза озимой пшеницы существенно возрастала: на вариантах с традиционной технологией возделывания варьировалась от 1,54 до 4,01 мкмоль/г·ч, на вариантах с технологией No-till – от 2,61 до 4,15 мкмоль/г·ч. При этом максимальные значения соответствовали вариантам с применением удобрений на фоне почвопокровной культуры.

Конечная цель изучения физиологии растений заключается в разработке физиологических основ практических мероприятий по повышению продуктивности расте-

ний, тогда как для сельскохозяйственного производителя важным итогом всех процессов, протекающих в растениях озимой пшеницы, является урожайность и качество зерна. В среднем за годы исследований урожайность озимой пшеницы в технологии No-till с применением удобрений была выше, чем при традиционной технологии возделывания (см. таблицу 2).

Максимальное значение урожайности соответствует варианту с применением почвопокровной культуры в технологии прямого посева – 5,57 т/га, что выше на 2,7 % (0,15 т/га), чем на удобренном фоне. При традиционной технологии возделывания пшеницы, напротив, использование почвопокровной культуры в севообороте привело к снижению урожайности на 2,4 % (0,13 т/га), по сравнению с вариантом, где применяли только удобрения. При этом зерно озимой пшеницы, полученное при традиционной технологии возделывания, отличалось более высоким содержанием сырой клейковины. В среднем значение данного показателя составило 27,3 %, тогда как по технологии No-till – 26,6 %. Зерно с более высоким содержанием клейковины получено при применении в технологии почвопокровной культуры.

Таблица 2

Урожайность и качество зерна озимой пшеницы (в среднем за 2020–2022 гг.)

Технология (А)	Фон (В)	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю		Количество сы- рой клейкови- ны, %	Прибавка к контролю, %
			т/га	%		
No-till	без удобрений	3,98	–	–	23,7	–
	удобренный	5,42	1,43	36	27,4	3,7
	удобренный ППК	5,57	1,59	39,9	28,8	5,3
	среднее	4,99			26,6	
Традиционная	без удобрений	4,3	–	–	25,1	–
	удобренный	5,36	1,06	24,6	27,9	2,7
	удобренный ППК	5,23	0,93	21,6	28,9	3,7
	среднее	4,96			27,3	
		$HCP_{05(B)} = 0,29$ $F_{\phi} = 62,61$	$F_{таб.} = 4,10$		$HCP_{05(B)} = 1,31$ $F_{\phi} = 31,06$	

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что применение технологии No-till при возделывании озимой пшеницы оказывает влияние на процесс накопления азота растениями, увеличивая интенсивность его поглощения в репродуктивный период развития, о чем свидетельствует высокая активность фермента нитратредуктазы в флаговых листьях. Данный процесс способствует росту урожайности озимой пшеницы. Однако растениям не всегда достаточно времени и энергии завершить процесс формирования клейковинных белков, поэтому качество зерна несколько ниже, чем при традиционной технологии. Применение в севообороте почвопокровной культуры способствует более интенсивному накоплению азота в растениях и росту урожайности в среднем на 2,7 %, в сравнении с вариантом внесения одних удобрений. При этом существенно улучшается и качество зерна – содержание сырой клейковины возросло на 1,4 %.

Список источников

1. Современное состояние, тенденции и проблемы производства зерна в Российской Федерации / В.Е. Торилов, В.Ф. Васькин, А.В. Дронов, Т.И. Васькина // Аграрный вестник Верхневолжья. 2022. № 1 (38). С. 15–23. DOI: 10.35523/2307-5872-2022-38-1-15-23.
2. Окунев Г.А., Кузнецов Н.А., Луковцев А.В. Аспекты развития ресурсосберегающих технологий в земледелии // АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 553–557.
3. Темирова С.Х. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы как фактор повышения эффективности использования ресурсов сельскохозяйственных предприятий в условиях инновационного развития // Закономерности развития региональных агропродовольственных систем. 2019. № 1. С. 101–105.
4. Сафин Х.М., Хазиев Ф.Х., Ишбулатов М.Г. Устойчивость аграрного производства возможна только при сохранении плодородия земель // Уфимский гуманитарный научный форум. 2020. № 1 (1). С. 119–125.
5. Освоение технологии прямого посева на черноземах России / А.Л. Иванов, В.В. Кулинцев, В.К. Дридигер, В.П. Белобров // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 2 (14). С. 18–36. DOI: 10.25930/2687-1254/003.2.14.2021.
6. Влияние прямого посева озимой пшеницы на содержание в черноземе элементов питания / Т.В. Минникова, Н.Е. Кравцова, Г.В. Мокриков, К.Ш. Казеев и др. // Агротехника. 2019. № 10. С. 64–71. DOI: 10.1134/S0002188119100119.
7. Влияние элементов агротехнологии на азотное питание озимой пшеницы / И.В. Энговатова, Е.О. Шестакова, И.Г. Сторчак, Ф.В. Ерошенко // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 55–58. DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp55-58.
8. Бильдиева Е.А., Ерошенко Ф.В., Дридигер В.К. Фотосинтез и азотное питание озимой пшеницы, возделываемой по технологии прямого посева // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 5. С. 44–49. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_5_44.
9. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от сочетания почвопокровных культур в полевом севообороте и no-till в предгорно-степном Крыму / О.Л. Томашова, А.В. Ильин, П.С. Захарчук, К.Р. Сильченко, А.С. Томашова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2021. № 28 (191). С. 32–41.
10. Бакаева Н.П. Содержание азота в почве и активность нитратредуктазы в листьях озимой пшеницы при применении азотных удобрений // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 13–19.

References

1. Current state, trends and problems of grain production in the Russian Federation / V.E.Torikov, V.F.Vaskin, A.V.Dronov, T.I. Vaskina// Agrarian journal of Upper Volga region. 2022. No. 1(38). pp. 15-23. (In Russian). DOI: 10.35523/2307-5872-2022-38-1-15-23.
2. Okunev G.A., Kuznetsov N.A., Lukovtsev A.V. Aspects of the development of resource-saving technologies in agriculture // Agro-industrial Complex of Russia. 2019. Vol. 26. No. 4. pp. 553-557. (In Russian).
3. Temirova S.H. Resource-saving technologies of tillage as a factor of increasing the efficiency of the use of agricultural enterprise resources in the conditions of innovative development // Patterns of development of regional agro-food systems. 2019. No. 1. pp. 101-105.
4. Safin H.M., Khaziev F.H., Ishbulatov M.G. Sustainability of agricultural production is possible only with the preservation of soil fertility // Ufa Humanitarian Scientific Forum. 2020. No. 1(1). pp. 119-125. (In Russian).
5. Mastering the technology of direct sowing on the black soil of Russia / A.L. Ivanov, V.V.

- Kulintsev, V.K. Dridiger, V.P. Belobrov // Agricultural Journal. 2021. No. 2(14). pp. 18-36. (In Russian). DOI: 10.25930/2687-1254/003.2.14.2021
6. The effect of direct sowing of winter wheat on the content of nutrients in black soil / T.V. Minnikova, N.E. Kravtsova, G.V. Mokrikov, K.Sh. Kazeev et al. // Agricultural Chemistry. 2019. No. 10. pp. 64-71. (In Russian). DOI: 10.1134/S0002188119100119.
 7. Influence of elements of agrotechnology on nitrogen nutrition of winter wheat / I.V. Engovato, E.O. Shestakova, I.G. Storchak, F.V. Eroshenko // The Agrarian scientific journal. 2020. No. 12. pp. 55-58. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp55-58.
 8. Bildieva E.A., Eroshenko F.V., Dridiger V.K. Photosynthesis and nitrogen nutrition of winter wheat cultivated by direct sowing technology // Achievements of Science and Technology of AIC. 2022. Vol. 36. No. 5. pp. 44-49. (In Russian). DOI: 10.53859/02352451_2022_36_5_44.
 9. Productivity of winter wheat depending on the combination of groundcover crops in the field crop rotation and no-till in the piedmont-steppe Crimea / O.L. Tomashova, A.V. Ilin, P.S. Zakharchuk, K.R. Silchenko, A.S. Tomashova // Transactions of Taurida agricultural science. 2021. No. 28(191). pp. 32-41. (In Russian).
 10. Bakaeva N.P. Nitrogen content in soil and nitrate reductase activity in winter wheat leaves when using nitrogen fertilizers // Bulletin Samara state agricultural academy. 2020. No. 2. pp. 13-19. (In Russian).

Информация об авторах

Е.А. Бильдиева – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории оценки экологического состояния агроценозов, тел. 8-962-4594419, E-mail: bildieva@rambler.ru

Ф.В. Ерошенко – доктор биологических наук, заведующий отделом физиологии растений, тел. 8-962-4541496, почтовый адрес: 356241, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, д. 49. E-mail: yer-sniish@mail.ru

Information about the authors

E. A. Bildieva – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Assessing the Ecological State of Agrocoenosis, tel. 8-962-4594419, E-mail: bildieva@rambler.ru

F. V. Eroshenko – Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Plant Physiology, tel. 8-962-4541496, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241. E-mail: yer-sniish@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.02.2023; одобрена после рецензирования 11.03.2023; принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 01.02.2023; approved after reviewing 11.03.2023; accepted for publication 17.03.2023.