

УДК 551.583  
DOI 10.17513/use.38231

## НАУЧНО-ПРИКЛАДНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ОРГАНИЗМА ДЛЯ СМЯГЧЕНИЯ ОСТРОТЫ ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Несговорова Н.П., Савельев В.Г.

*ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Курган, e-mail: geograf@kgsu.ru*

**Аннотация.** Глобальное потепление климата влияет на все процессы жизнедеятельности человека, различные отрасли экономики. В официальных международных и российских документах в качестве причины глобального потепления называется усиление парникового эффекта вследствие интенсивных выбросов углекислого газа от сжигания топлива – антропогенно-техногенный фактор. В то же время не следует исключать из причин обострения проблемы и природные факторы поступления углекислого газа в атмосферу. Одним из последствий глобального потепления является усиление аридизации климата. Данная проблема остро проявляется в Курганской области. Назрела необходимость в разрешении данной проблемы. Снизить концентрацию углекислого газа в атмосфере можно при выращивании растений с достаточно интенсивным процессом фотосинтеза. Научным сообществом предложена и обоснована идея создания полей по типу карбоновых ферм. На их территории проводятся наблюдения за растениями, способными интенсивно поглощать углекислый газ в процессе фотосинтеза при увеличении фитомассы, что создает условия для повышения адаптации растений к неблагоприятному воздействию окружающей среды. Аналогичная плантация была заложена на территории Ботанического сада Курганского государственного университета из растений семейства Тыквенные. У них достаточно хорошо развита фотосинтетическая активность за счет деятельности всей наземной вегетативной части растений. Проведен поиск стимуляторов роста и развития растений, что может способствовать адаптации растений семейства Тыквенные к действию климатических изменений. Результаты исследования позволяют утверждать, что тыквенные хорошо ассимилируют углекислый газ, могут быть использованы при создании карбоновых плантаций. При этом в соответствии с хозяйственными потребностями региона можно использовать растения семейства, относящиеся не только к разным сортам, но и из разных родов, будь то тыква, арбуз, огурец и др. Используя предпосевную обработку семян биологическими стимуляторами роста и развития растений, можно снизить риск воздействия высоких температур на рост и развитие растений и их фотосинтетическую активность.

**Ключевые слова:** климат, аридизация, углекислый газ, карбоновая ферма

## SCIENTIFIC AND APPLIED JUSTIFICATION FOR USING THE POTENTIAL OF PLANT ORGANISM TO MITIGATE THE ACUTUALITY OF THE PROBLEM OF CLIMATE CHANGE

Nesgovorova N.P., Savelev V.G.

*Kurgan State University, Kurgan, e-mail: geograf@kgsu.ru*

**Annotation.** Global warming affects all human life processes and various sectors of the economy. In official international and Russian documents, the cause of global warming is the strengthening of the greenhouse effect due to intensive carbon dioxide emissions from fuel combustion – an anthropogenic-technogenic factor. At the same time, natural factors of carbon dioxide entering the atmosphere should not be excluded from the reasons for the aggravation of the problem. One of the consequences of global warming is increased climate aridification. This problem is acute in the Kurgan region. There is a need to find a solution to this problem. The concentration of carbon dioxide in the atmosphere can be reduced by growing plants with a fairly intense photosynthesis process. The scientific community has proposed and substantiated the idea of creating fields similar to carbon farms. On their territory, observations are made of plants that are capable of intensively absorbing carbon dioxide during the process of photosynthesis with an increase in phytomass, which creates conditions for increasing the adaptation of plants to the adverse effects of the environment. A similar plantation was established on the territory of the Botanical Garden of Kurgan State University from plants of the Pumpkin family. They have fairly well developed photosynthetic activity due to the activity of the entire terrestrial vegetative part of plants. A search was carried out for stimulants of plant growth and development, which can contribute to the adaptation of plants of the Pumpkin family to the effects of climate change. The results of the study suggest that pumpkin plants assimilate carbon dioxide well and can be used to create carbon plantations. At the same time, in accordance with the economic needs of the region, you can use plants of the family belonging not only to different varieties, but also from different genera, be it pumpkin, watermelon, cucumber and others. Using pre-sowing treatment of seeds with biological stimulants of plant growth and development, it is possible to reduce the risk of exposure to high temperatures on the growth and development of plants and their photosynthetic activity.

**Keywords:** climate, aridization, carbon dioxide, carbon farm

Проблема изменения климата очень актуальна уже несколько десятков лет, над ней работают ученые всего мира. Изменение

климата – это комплексная, многосторонняя проблема, над ней работают специалисты разных научных направлений, от естествен-

ников, математиков, экономистов до гуманитариев (социологов, политологов), так как последствия изменения климата затрагивают все направления жизнедеятельности человека.

Научный коллектив Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова: Л.В. Бондаренко, О.В. Маслова, А.В. Белкина, К.В. Сухарева – обосновывает влияние климата на различные отрасли экономики, связывая его с ростом количества природных и техногенных катастроф, сокращением запасов пресной воды и другими природными явлениями [1, 2].

Как отмечает В.В. Снакин, климат на планете изменялся всегда – вследствие цикличности его развития и функционирования природных систем. Следовательно, цикличны температура воздуха и содержание углекислого газа в атмосфере Земли. Подтверждают свои выводы результатами исследования Э. Вайцеккер, Э. Ловинс. Так, Л. Ловинс отмечает наличие динамики за последние 160 тыс. лет концентрации углекислого газа в атмосфере и температуры, обнаруженной при химическом анализе «ископаемого воздуха» [3].

Наблюдается неравномерность по поверхности планеты Земля потепления климата. Так Межправительственной группой экспертов по изменению климата при оценке средней температуры земного шара отмечается, что она изменилась за последние сто лет на 0,75 °С. Данные Росгидромета за аналогичный период показывают, что потепление на территории Российской Федерации происходит быстрее. В.В. Снакин отмечает, что наиболее интенсивно теплеет к востоку от Уральских гор [3; 4, с. 13–14].

На территории Курганской области выявлена аналогичная динамика изменения температуры воздуха. По данным регионального центра Росгидромета, Курганского НИИ сельского хозяйства за последние 50 лет в границах г. Кургана наблюдается повышение температуры воздуха на 1,5–2 °С.

Последствия изменения климата в Курганской области проявляются в обмелении и пересыхании рек, регулярных холодных малоснежных зимах, более жарком и сухом лете, регулярных возвратах весенних заморозков, раннеосенних заморозках. Наблюдаются быстрый весенний сход снега, частые засухи, увеличивается число дней в году с сильным ветром, вследствие чего усиливается ветровая эрозия.

Ученые в области изменения климата считают, что основной причиной его измене-

ния является парниковое свойство углекислого газа. Межправительственная группа экспертов по изменению климата приводит данные о том, что концентрация углекислого газа в атмосфере повысилась за последние 200 лет в 1,3 раза [3].

Для разрешения проблемы необходим целый комплекс мероприятий, в том числе новые эффективные решения по снижению концентрации углекислого газа в атмосфере. Углекислый газ – основной исходный продукт фотосинтеза растений, следовательно, развивающиеся растения, используя фотосинтетическую активную радиацию, создавая органическое вещество, способны снижать концентрацию углекислого газа в атмосфере. Следовательно, при подборе для выращивания растений с достаточно интенсивным процессом фотосинтеза можно не только получать высокий урожай фитомассы, а и изымать из атмосферы и связывать в этой фитомассе значительное количество углекислого газа.

Создание полевых плантаций из растений, имеющих высокую способность к поглощению из атмосферы углекислого газа и связыванию его в органическом веществе собственной фитомассы – это один из путей решения проблемы, который декларируется в научном мире как создание карбоновых ферм (территорий, на которых увеличивается поглощение углекислого газа за счет внедрения специальных технологий при выращивании растений) [5].

Цель исследования – выявить интенсивность поглощения углекислого газа растениями карбоновой плантации, функционирующей в рамках Ботанического сада Курганского государственного университета.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследование выполнялось в полевых условиях открытого грунта в 2022 и 2023 гг. Для опытно-экспериментальной работы были выбраны растения семейства Тыквенные, два сорта столовой тыквы: сорта Волжская серая и сорта Орешек. Выбор объектов обусловлен несколькими биологическими аспектами: а) значительной площадью фотосинтетической поверхности, б) высокой скоростью жизненного цикла, в) быстрым накоплением биомассы, г) важными хозяйственными признаками (кормовым и пищевым значением).

Для проведения эксперимента были подготовлены семена тыквы сорта Волжская серая, тыквы сорта Орешек. Для более интенсивного развития растений с пролон-

гированным эффектом на процесс фотосинтеза необходимо было подобрать соответствующий стимулятор роста и развития. Выбор стимулятора был сделан на основе изучения научной литературы, в том числе работы группы ученых «Влияние янтарной кислоты на фотосинтетическую активность яровой мягкой пшеницы» (Н.А. Цыганова, Н.А. Воронкова, В.Д. Дороненко, Н.Ф. Балабанова). Ученые доказали, что обработка семян яровой пшеницы янтарной кислотой способствует увеличению фотосинтетического потенциала до 20% [6]. Стимулирующее действие на ростовые процессы растений доказано А.А. Змушко, Т.А. Красинской в работе «Применение янтарной кислоты в растениеводстве» [7].

В технологический план опытно-экспериментальной работы было решено заложить в качестве экспериментального варианта обработку семян перед посевом раствором янтарной кислоты. Семена на 12 ч перед посевом были замочены в растворе стимулятора роста в концентрации 1 г на литр воды.

Раствор янтарной кислоты нами использовался как регулятор роста растений с пролонгированным действием на интенсивность фотосинтеза, а также как регулятор, способствующий адаптации растений к возможному стрессовому воздействию, так как она повышает устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, например экстремально высоких температур, ускоряет цветение и увеличивает урожайность. Кроме того, янтарная кислота, способствующая ускорению прорастания семян, может способствовать сдвигу начала активной вегетации растений на более ранние сроки, до периода высоких температур жаркого лета.

Контрольный вариант не обрабатывался раствором янтарной кислоты.

Посев семян был осуществлен на территории Ботанического сада Курганского государственного университета в середине мая на почвах типа чернозем обыкновенный карбонатный, тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 3–4% (по Тюрину) с достаточно хорошим прогреванием почвы. Семена высевались широкорядовым способом по схеме 200 см \* 150 см. Площадь учетной делянки 36 м<sup>2</sup>. Расположение делянок систематическое. Повторность эксперимента четырехкратная.

В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения по фазам развития за ростом и развитием расте-

ний (длиной и количеством лиан, длиной листового черешка, площадью листьев, количеством листьев на лиане, цветением, образованием и нарастанием плодов, массой плодов и др.) [8].

В соответствии с фазами развития экспериментально определяли ассимиляцию углекислого газа методом Сакса. Метод основан на способности листовой пластинки при накоплении в ней продуктов ассимиляции увеличиваться в весе. Учет вели при помощи аналитических весов. Определение поглощения углекислого газа растениями начинали при достаточно хорошо сформировавшихся листовых пластинках, когда на растении появилось больше десятка листьев.

Оценку динамики накопления органических веществ в различных частях растений (побегах, плодах) проводили методом озонения, гравиметрическим методом и окисления органического вещества раствором двуххромовокислого калия.

Статистическая обработка результатов проводилась в программе Excel и заключалась в расчете среднего арифметического, ошибки среднего арифметического, расчете коэффициентов корреляции Пирсона.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

##### *Динамика фенологических фаз и влияние стимулятора*

Предпосевная обработка семян тыквы янтарной кислотой ускорила наступление фаз появления всходов и начала цветения в экспериментальном варианте по сравнению с контролем. Разрыв во времени наступления фаз развития между контролем и экспериментом практически на неделю позволил экспериментальным растениям лучше адаптироваться к наступлению периода летних высоких температур, что оказало положительное влияние на ассимиляцию углекислого газа, накопление углеродсодержащих соединений в вегетативных и генеративных органах обоих сортов тыквы (таблица).

Фитомасса интенсивнее накапливается у тыквы сорта Орешек. Хорошо развитая листовая поверхность, развитая поверхность зеленых стеблей интенсивно ассимилируют углекислый газ. Статистический анализ результатов исследования позволил выявить положительную корреляционную зависимость между площадью листовой поверхности и интенсивностью поглощения углекислого газа тыквами (рис. 1).

Фенологические результаты

Сорт	Между фазами развития (кол-во дней)		
	Появление всходов, вегетация	Цветение	Плодоношение
Тыква Волжская серая (эксперимент)	4–5	50–52	120
Тыква Волжская серая (контроль)	6–7	56–59	120
Тыква Орешек (эксперимент)	5–7	42–44	105
Тыква Орешек (контроль)	6–8	45–48	105

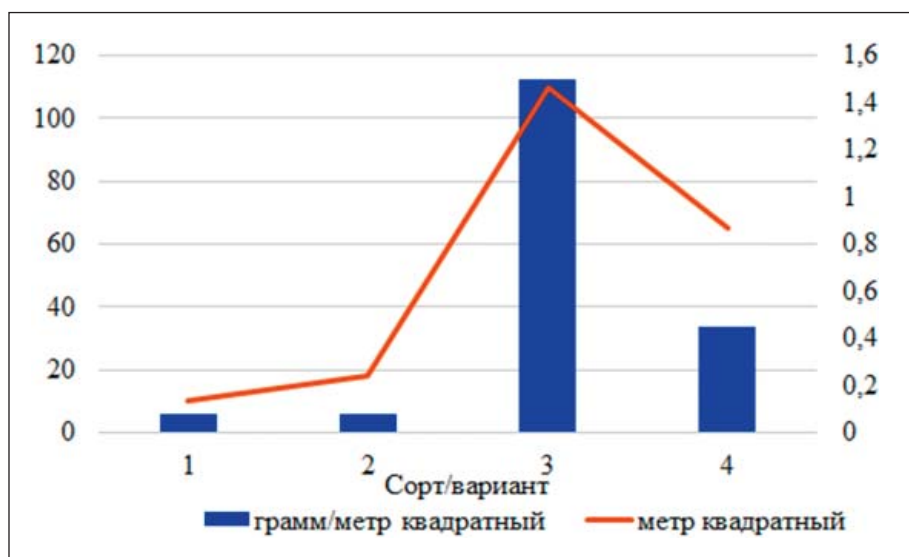


Рис. 1. Динамика ассимиляции углекислого газа и площади листьев: 1 – тыква Волжская серая (контроль), 2 – тыква Волжская серая (эксперимент), 3 – тыква Орешек (контроль), 4 – тыква Орешек (эксперимент)

*Нарастание вегетативной массы, ассимиляция углекислого газа*

Анализ относительных результатов (коэффициентов соотношения ассимиляции углекислого газа и площади листовой поверхности) указывает на то, что данный коэффициент в 1,25 раз выше у тыквы Орешек.

В процессе следующего этапа опытно-экспериментальной работы выявили, что основная часть ассимилированного углерода накапливается в вегетативных частях растений, в стеблях и листьях. Сравнительный анализ показал, что накопление углеродсодержащих соединений более интенсивно происходит в вегетативных органах тыквы Орешек. Динамика данного показателя у двух сортов тыкв колеблется в диапазоне от 44 до 86%.

В то же время на крайние фазы жизненного цикла тыквы янтарная кислота не оказывает значимого прямого влияния.

Что касается содержания углерода в плодах тыквы, то его больше накоплено в плодах тыквы Волжской серой (рис. 2). Результаты корреляционного анализа указывают на наличие положительных сильных связей (коэффициент корреляции Пирсона 0,83) между морфометрическими признаками тыквы и интенсивностью поглощения углекислого газа. Следовательно, интенсивность фотосинтеза может находиться в сильной зависимости от динамики нарастания вегетативных органов.

В Курганской области наблюдается усиление аридизации климата, что накладывает отпечаток на поглощение углекислого газа зеленой частью растений. Выявлено, что в жаркий период интенсивность поглощения углекислого газа всей поверхностью побегов у тыквы Орешек снижается, остается практически постоянно низкой на протяжении всего летнего периода у тыквы Волжской серой (рис. 3).

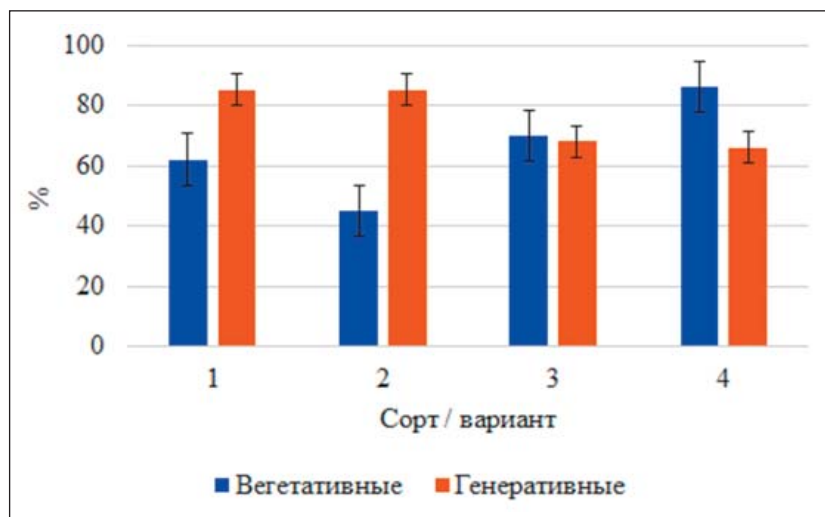


Рис. 2. Динамика содержания углерода в различных органах растений:  
1 – тыква Волжская серая (контроль), 2 – тыква Волжская серая (эксперимент),  
3 – тыква Орешек (контроль), 4 – тыква Орешек (эксперимент)

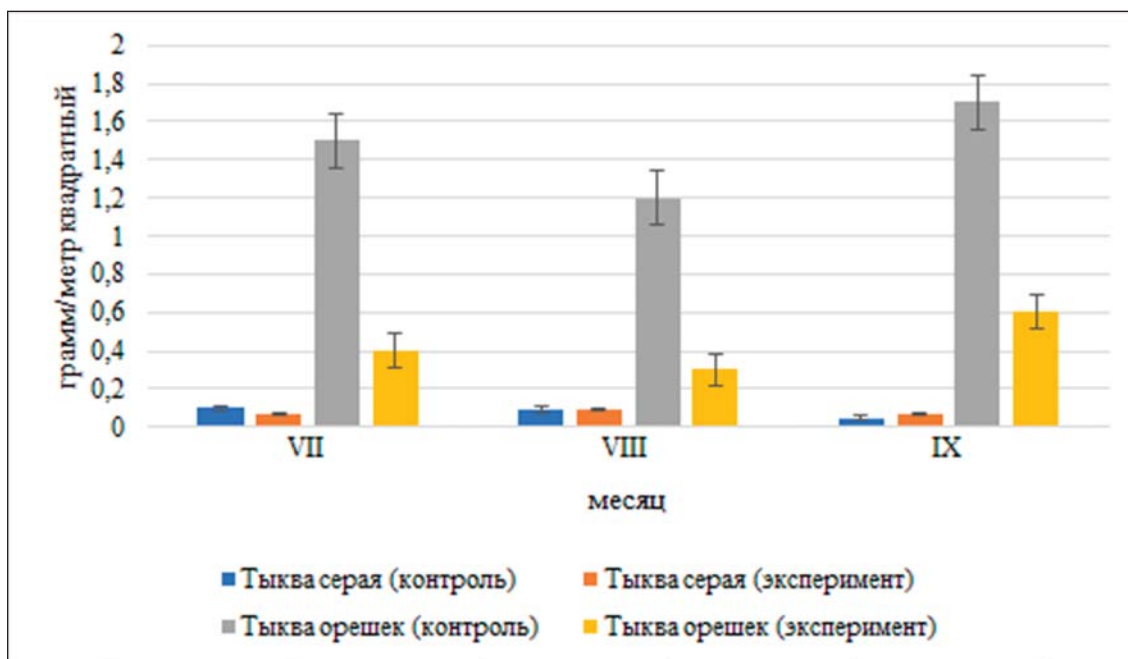


Рис. 3. Динамика ассимиляции углекислого газа растениями тыквы

В процессе опытно-экспериментальной работы возникла проблема жаркого периода, когда у тыквы замедлился процесс фотосинтеза и активизировался процесс дыхания. Данное явление является дополнительным риском поступления углекислого газа в атмосферу. Для снижения риска проявления данного эффекта решено применить орошение методом дождевания для увлажнения почвы и воздушной среды снижения ее температуры.

В начале осеннего периода при отступлении жары уже в сентябре фотосинтетическая активность растений восстановилась у тыквы сорта Орешек и даже возросла, у тыквы Волжская серая она не восстановилась полностью. Следовательно, фотосинтетический аппарат разных сортов, хотя и относящихся к одному виду, по-разному реагирует на действие экстремальных температурных условий.

При создании плантаций по типу карбоновых ферм из тыквенных растений не-

обходимо использовать несколько сортов, так как ассимиляция углекислого газа, накопления углеродсодержащих соединений в тканях растений зависит от климатических факторов, площади поверхности вегетативных органов, определяется сортовыми особенностями растений.

В технологии выращивания тыквенных растений появляется возможность повышения эффективности ассимиляции углекислого газа если:

во-первых, обрабатывать семена янтарной кислотой для регуляции роста и развития растений, повышения устойчивости к воздействию экстремально высоких температур окружающей среды;

во-вторых, для снижения риска активного выделения углекислого газа в процессе дыхания растений при высоких температурах применять дождевание почвы и воздуха.

В целом на плантациях по типу карбоновых ферм можно вести эффективную работу по стабилизации содержания углекислого газа в атмосфере, замедлению процесса глобального потепления на основе выращивания подобранных растений и эффективных технологий, повышающих адаптацию растений к изменению климата.

### Выводы

1. Потепление климата осуществляется неравномерно на поверхности планеты Земля. Наиболее интенсивно теплеет в Российской Федерации и, в частности, к востоку от Уральских гор. На территории Курганской области за последние 50 лет наблюдается повышение температуры воздуха на 1,5–2°C.

2. Основная причина потепления климата – парниковое свойство углекислого газа, основными источниками которого в атмосфере является антропогенно-техногенный фактор. Концентрация углекислого газа в атмосфере повысилась за последние 200 лет в 1,3 раза.

3. Одним из способов решения проблемы изменения климата является создание территорий, на которых увеличивается поглощение углекислого газа за счет внедрения специальных технологий и подбора культур при выращивании растений по типу карбоновых ферм.

4. Проведенное исследование осуществлялось на плантации в полевых условиях

открытого грунта. Для опытно-экспериментальной работы были выбраны растения семейства Тыквенные, группы тыква столовая, двух сортов: Волжская серая и Орешек.

5. При создании плантаций по типу карбоновых ферм из тыквенных растений необходимо использовать несколько сортов, так как они могут в разной степени реагировать на действие климатических факторов. Например, тыква сорта Орешек более динамична и может переносить высокие температуры, а тыква сорта Волжская серая более статична в данном аспекте. У тыквы сорта Орешек более интенсивно развиваются морфометрические признаки, ее растение больше поглощает углекислого газа и депонирует его в вегетативных органах. В то же время тыква сорта Волжская серая со среднеразвитыми морфометрическими признаками значительно больше, чем тыква Орешек, накапливает углеродсодержащих соединений в своих плодах.

6. На плантациях по типу карбоновых ферм можно вести эффективную работу по стабилизации содержания углекислого газа в атмосфере, замедлению процесса глобального потепления на основе выращивания подобранных растений и эффективных технологий, повышающих адаптацию растений к изменению климата.

### Список литературы

1. Бондаренко Л.В., Маслова О.В., Белкина А.В., Сухарева К.В. Глобальное изменение климата и его последствия // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2018. № 2. С. 84–93.
2. Русакова Ю. А. Климатическая политика Российской Федерации и решение проблем изменения глобального климата // Вестник МГИМО – Университета. 2015. № 1 (40). С. 66–72.
3. Снакин В.В. Глобальные изменения климата: прогнозы и реальность // Жизнь Земли. 2019. Т. 41, № 2. С. 148–164.
4. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научное издание технологий, 2022. 124 с.
5. Дочкина Д.Д. Социально-экономическое влияние развития карбоновых ферм на территории регионов // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. № 4. С. 218–226.
6. Цыганов Н.А., Воронкова Н.А., Дороненко В.Д., Балабанова Н.Ф. Влияние янтарной кислоты на фотосинтетическую активность яровой мягкой пшеницы // Вестник Омского ГАУ. 2019. № 3 (35). С. 13–20.
7. Змушко А.А., Красинская Т.А. Применение янтарной кислоты в растениеводстве // Плодоводство. 2019. Т. 31. С. 288–292.
8. Хусид С.Б., Петенко А.И., Жолобова И.С. Изучение морфологических показателей различных сортов тыквы, районированных в Краснодарском крае // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 101 (07). С. 1–11.