

ВАРИАТИВНОСТЬ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И УРОЖАЙНОСТИ ПЕРЦА СЛАДКОГО (*Capsicum annuum* L.) ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

О. Б. СОЛОМКО, В. И. БУШУЕВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: solomko.olga@gmail.com

(Поступила в редакцию 08.04.2026)

В статье представлены результаты комплексных исследований, проведенных в период с 2023 по 2025 гг., по изучению влияния различных параметров магнитной активации поливной воды на морфогенетические показатели и продуктивность перца сладкого (*Capsicum annuum* L.) сорта «Чырвоны магнат». Актуальность работы обусловлена поиском ресурсосберегающих технологий интенсификации овощеводства с использованием физических методов воздействия на поливную воду. В ходе экспериментов установлено, что использование магнитных элементов в линиях капельного орошения позволяет воздействовать на воду перед её поступлением к корневой системе. Такой подход обеспечивает создание благоприятных условий для более полной реализации биологического потенциала растений.

Исследованиями зафиксировано, что использование магнитной активации влияет на изменения в морфогенезе. Отмечено укрепление проводящей системы, что подтверждается увеличением диаметра корневой шейки до 13,0–14,0 мм. Усложнение осевой структуры и нарастание максимального порядка ветвления до 8,8 ед. способствует формированию устойчивого габитуса растений, обеспечивающего эффективное распределение пластических ресурсов для формирования урожая.

Особое внимание уделено способности технологии стабилизировать производственный процесс при колебаниях условий внешней среды разных лет. Магнитная обработка воды позволяет существенно снизить коэффициент вариации урожайности до 3,4–4,1%, в то время как в контрольном варианте данный показатель достигал 35,6%. Это указывает на высокую воспроизводимость результатов и выравнивание параметров агроценоза. Использование трансверсальных и аксиальных схем активации позволило оптимизировать структуру урожая за счет формирования плодов со стабильно высокой средней массой (до 217,5 г). Полученные данные могут быть использованы при разработке технологических регламентов автоматизированного капельного полива, направленных на получение прогнозируемой и устойчивой урожайности перца сладкого.

Ключевые слова: перец сладкий (*Capsicum annuum* L.), магнитная активация воды, капельный полив, морфогенез, структура урожайности, стабильность агроценоза, варибельность.

This article presents the results of comprehensive studies conducted from 2023 to 2025 to examine the impact of various parameters of magnetic activation of irrigation water on the morphogenetic parameters and productivity of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) of the "Chyrvony Magnat" variety. The relevance of this study lies in the search for resource-saving technologies for intensifying vegetable production using physical methods of influencing irrigation water. Experiments have shown that the use of magnetic elements in drip irrigation lines allows for the stimulation of water before it reaches the root system. This approach creates favorable conditions for the full realization of plant biological potential.

Research has shown that magnetic activation influences changes in morphogenesis. Strengthening of the vascular system has been observed, as evidenced by an increase in root collar diameter to 13.0–14.0 mm. The increased complexity of the axial structure and the increase in the maximum branching order to 8.8 units contribute to the development of a stable plant habitus, ensuring the efficient distribution of plastic resources for yield formation.

Particular attention is given to the technology's ability to stabilize the production process under fluctuating environmental conditions from year to year. Magnetic water treatment significantly reduces the yield variation coefficient to 3.4–4.1 %, while in the control variant, this figure reached 35.6 %. This indicates high reproducibility of the results and the alignment of agroecosystem parameters. The use of transverse and axial activation schemes optimized yield structure by producing fruits with a consistently high average weight (up to 217.5 g). The data obtained can be used to develop automated drip irrigation protocols aimed at achieving predictable and sustainable sweet pepper yields.

Key words: sweet pepper (*Capsicum annuum* L.), magnetic activation of water, drip irrigation, morphogenesis, yield structure, agroecosystem stability, variability.

Введение

Современное овощеводство в условиях защищенного грунта требует поиска инновационных, ресурсосберегающих технологий, направленных на интенсификацию производственного процесса сельскохозяйственных растений при одновременном снижении экологической нагрузки [1]. Одним из наиболее перспективных, но до настоящего времени недостаточно регламентированных методов физической активации водной среды является магнитная обработка воды [2].

Несмотря на длительную историю изучения влияния магнитных полей на биологические объекты [3, 4], единые методические подходы и научно обоснованные регламенты применения магнитной активации в промышленных системах полива представлены фрагментарно. Это определяет актуальность поиска оптимальных параметров пространственного расположения магнитных элементов, обеспечивающих стабильный агрономический эффект.

Особый научный интерес представляет использование низкоинтенсивных магнитных полей. В отличие от высокоэнергетических систем, такое «мягкое» воздействие не провоцирует деструктивных изменений, а способствует тонкой коррекции кластерной структуры и физико-химических свойств поливной воды – изменению поверхностного натяжения и её растворяющей способности [5]. Это формиру-

ет благоприятный гидрофизический фон для протекания физиологических процессов, обеспечивая более эффективный транспорт нутриентов через биологические мембраны клеток растений [6].

Применение систем на основе постоянных ферритовых магнитов кольцевого типа позволяет гибко моделировать векторные параметры воздействия в линиях автоматизированного капельного полива. Такой подход обеспечивает возможность объективной оценки влияния конфигурации магнитного на биологические объекты непосредственно в момент подачи воды к корневой системе, что минимизирует эффект «релаксации» водной среды [7]. Полученные данные могут служить основой для разработки масштабируемых технических решений в системах промышленного орошения.

Целью настоящей работы является оценка влияния различных способов пространственной конфигурации постоянных магнитных полей на формирование биометрических показателей и элементов структуры урожайности перца сладкого при автоматизированном капельном поливе.

Основная часть

Исследования проводились в 2023–2025 гг. в условиях защищенного грунта на опытном поле кафедры селекции и биотехнологии растений УО БГСХА при управляемом режиме подачи поливной воды. Почва участка антропогенно-преобразованная, агроторфяная, поверхностно-перемешанная, насыпная, маломощная. Объектом исследований служил перец сладкий среднеспелого сорта детерминантного типа «Чырвоны магнат». Рассадку высаживали рядками с междурядьем 70 см (согласно расположению рукавов капельного полива), расстояние между растениями в рядке – 30 см. Диаметр корневой шейки измеряли в зоне перехода стебля в корень. Биометрический учет ветвления проводился методом фиксации максимального порядка ветвления по наиболее развитой вегетативной оси. Учитывалось количество последовательных разветвлений (ярусов) от первой развилки стебля до терминальной точки роста. Для оценки структуры урожайности определяли среднюю массу плода и количество плодов на одном растении. Учет урожая осуществляли весовым методом по мере созревания плодов в каждой опытной группе.

Магнитная активация водной среды осуществлялась в градиентном поле с индукцией 12–25 мТл. Данный диапазон выбран для обеспечения мягкого физиологического воздействия на кластерную структуру воды без деструктивных изменений её свойств. Для оценки влияния пространственной конфигурации магнитных элементов на продукционный процесс растений были сформированы следующие экспериментальные схемы:

1. Аксиальная (продольная) ориентация: водный поток пропусклся непосредственно через отверстия кольцевых ферритовых магнитов, установленных на отводящей микротрубке (вектор индукции соосен потоку). Группа включала:

- о варианты с одиночным воздействием при различной полярности: «Юг–Север» ($S \rightarrow N$) и «Север–Юг» ($N \rightarrow S$) относительно вектора движения воды;

- о схему с последовательным расположением двух магнитов (полярность $N \rightarrow S$) при фиксированном межполюсном расстоянии для пролонгации эффекта воздействия.

2. Трансверсальная (поперечная) активация: магнитные элементы располагались горизонтально относительно микротрубки, создавая поле, перпендикулярное направлению течения воды. Группа включала:

- о локальную схему: один магнит под микротрубкой, вектор индукции направлен вертикально («Север вверх» – $N \uparrow$);

- о комбинированную схему («сэндвич»): двухсторонний охват микротрубки двумя горизонтально ориентированными магнитами ($N \uparrow$), установленными с технологическим зазором в пределах внешнего диаметра трубки.

Анализ вегетативного развития показал, что диаметр корневой шейки, выступающий индикатором мощности проводящей системы, проявляет высокую отзывчивость на пространственную конфигурацию магнитного поля (табл. 1).

Таблица 1. Вариативность диаметра корневой шейки в структуре урожайности перца сладкого в зависимости от способов магнитной обработки воды, 2023–2025 гг.*

№ п/п	Вариант опыта	Диаметр к.ш., мм						ср.
		2023 г.		2024 г.		2025 г.		
		($\bar{x} \pm \sigma$)	V, %	($\bar{x} \pm \sigma$)	V, %	($\bar{x} \pm \sigma$)	V, %	
1	Контроль	13,7 ± 2,3	16,5	15,2 ± 2,5	16,4	8,8 ± 1,3	14,8	12,6
2	Аксиальное (S→N)	13,8 ± 1,3	9,4	14,0 ± 1,0	7,1	8,6 ± 1,5	17,6	12,1
3	Аксиальное (N→S)	14,0 ± 1,9	13,6	15,4 ± 2,6	16,9	9,6 ± 1,5	15,8	13,0
4	Аксиальное (двойное)	14,0 ± 1,3	9,0	16,2 ± 1,1	6,8	8,8 ± 1,1	12,4	13,0
5	Трансверсальное (N↑)	14,8 ± 1,6	10,8	16,3 ± 2,2	13,6	10,8 ± 1,3	11,7	14,0
6	Трансверсальное («сэндвич»)	13,2 ± 1,2	8,9	15,5 ± 0,6	3,7	9,4 ± 1,1	12,1	12,7

*Статистическая обработка данных выполнена в программном пакете MS Excel на основе первичных измерений; округление промежуточных значений в таблице произведено до десятичных долей.

За трехлетний период исследований (2023–2025 гг.) установлена прямая зависимость не только морфометрических параметров, но и биологической устойчивости растений перца сладкого от вектора магнитной индукции. Характерно, что вариант трансверсальной активации ($N \uparrow$) обеспечил наиболее выраженный и закономерный результат: средний диаметр корневой шейки составил 14,0 мм

(превышение контроля на 1,4 мм). Важно отметить, что данный вариант характеризуется высокой выровненностью посевов (например, V в 2025 г. составил 11,7 % при 14,8 % в контроле), что подтверждает значимое влияние этой схемы на вегетативную мощность стебля.

Особого внимания заслуживает анализ стабильности результатов. В то время как контрольный вариант демонстрировал значительный разброс параметров (V до 16,5 %), использование магнитных схем позволило существенно «сузить» коридор изменчивости. Так, вариант «сэндвич» в 2024 году показал минимальный коэффициент вариации – всего 3,7 % ($\sigma = 0,6$), что свидетельствует практически о полной идентичности растений в группе, хотя по абсолютным значениям он уступал наиболее эффективной схеме (N↑).

Сравнение аксиальных схем выявило характерную особенность: двойное воздействие (вариант №4) обеспечивает развитие мощной корневой шейки в периоды наиболее активного развития (до 16,2 мм в 2024 г.), однако одиночное расположение магнита (N→S) проявляет большую экологическую пластичность, стабильно превосходя контрольные показатели на 0,2–0,8 мм вне зависимости от специфики года.

Таким образом, если вариант N↑ можно рекомендовать как инструмент достижения наибольших значений диаметра корневой шейки перца сладкого, то схемы «сэндвич» и «двойное аксиальное» выступают эффективными регуляторами однородности агроценоза, снижая влияние случайных факторов на развитие растений.

Изучение структурно-морфологических особенностей растений позволило установить, что максимальный порядок ветвления, который определяет иерархическую сложность растения и количество продуктивных ярусов, проявляет значимую отзывчивость на параметры магнитного поля. В среднем за два года исследований во всех опытных вариантах наблюдалось увеличение числа последовательных разветвлений на 0,3–2,3 ед. относительно контрольных значений (табл. 2).

Таблица 2. Вариативность максимального порядка ветвления в структуре урожайности перца сладкого в зависимости от способов магнитной обработки воды, 2024–2025 гг.

№ п/п	Вариант опыта	Максимальный порядок ветвления, ед./раст.*				
		2024 г.		2025		ср.
		($\bar{x} \pm \sigma$)	V, %	($\bar{x} \pm \sigma$)	V, %	
1	Контроль	9,0 ± 1,6	17,6	4,0 ± 1,0	25,0	6,5
2	Аксиальное (S→N)	8,3 ± 1,0	11,6	5,2 ± 0,8	16,1	6,8
3	Аксиальное (N→S)	12,2 ± 2,8	22,7	5,3 ± 0,5	9,5	8,8
4	Аксиальное (двойное)	11,7 ± 1,2	9,9	4,8 ± 1,3	27,2	8,3
5	Трансверсальное (N↑)	10,5 ± 3,5	33,4	5,4 ± 1,5	28,1	8,0
6	Трансверсальное («сэндвич»)	11,5 ± 2,5	21,9	5,2 ± 1,5	28,5	8,4

* – данные за 2024–2025 гг. За число разветвлений принят максимальный порядок последовательного ветвления наиболее развитого побега.

Следует отметить влияние полярности магнитного поля на интенсивность формирования вегетативных осей. Использование аксиальной схемы N→S способствовало формированию наиболее разветвленной структуры растения со средним показателем 8,8 ед. Этот вариант продемонстрировал не только количественное превосходство, но и высокую биологическую стабильность в 2025 году (V = 9,5 %), что указывает на устойчивое воспроизводство данного морфотипа. В то же время двойное аксиальное воздействие, обеспечившее максимальную стимуляцию в 2024 году (11,7 ед.), в последующем периоде характеризовалось повышением вариативности признака.

Трансверсальные методы активации (варианты №5 и №6) также стимулировали нарастание порядков ветвления, однако высокие значения коэффициента вариации в этих группах (V = 21,9–33,4 %) свидетельствуют о значительной индивидуальной пластичности растений и их чувствительности к варьирующим факторам среды.

Обобщая полученные данные, следует подчеркнуть функциональное различие методов магнитной активации: в отличие от трансверсальных схем, ориентированных преимущественно на интенсификацию роста корневой шейки, аксиальная полярность N→S выступает регулятором пространственного морфогенеза. Её применение обеспечивает устойчивое усложнение осевой структуры растения, что выражается в увеличении порядка ветвления в среднем за период исследований на 35,4 % при сохранении высокой выровненности агроценоза.

Анализ основных элементов структуры урожайности показал, что применение различных схем магнитной активации воды оказывает направленное влияние на морфометрические показатели плодов перца сладкого (табл. 3). Установлено, что за трехлетний период исследований (2023–2025 гг.) продуктивность культуры определялась как спецификой конфигурации магнитного поля, так и адаптивной способностью растений к агроклиматическим условиям сезона. Наиболее выраженная и стабильная отзывчивость по массе плода зафиксирована в варианте с трансверсальной активацией (N↑). Средний показатель в данной группе составил 217,5 г, что превышает контрольные значения

на 25,9 г (13,5%). Примечательно, что именно эта схема обеспечила формирование наиболее крупных плодов в 2025 году (239,8 г), сохранив преимущество и в другие периоды исследований. Это подтверждает наличие прямой корреляции между мощностью проводящей системы (диаметром корневой шейки) и способностью растения обеспечивать эффективный налив плодов.

Таблица 3. Элементы структуры урожайности перца сладкого (количество плодов и средняя масса плода) в зависимости от способов магнитной обработки воды, 2023–2025 гг.

№ п/п	Вариант опыта	Число растений, шт/м ²	Количество плодов, штук/растение				Средняя масса плода, г			
			2023	2024	2025	ср.	2023	2024	2025	ср.
1	Контроль	5	3,8	7,9	3,3	5,0	184,3	166,2	224,2	191,6
3	Аксиальное (S→N)	5	4,6	4,7	3,7	4,3	184,2	190,7	226,0	200,3
2	Аксиальное (N→S)	5	3,4	7,0	3,6	4,7	190,8	149,7	222,0	187,5
5	Аксиальное (двойное)	5	4,1	5,4	3,3	4,3	182,6	178,8	238,3	199,9
4	Трансверсальное (N↑)	5	4,1	4,7	3,6	4,1	214,2	198,6	239,8	217,5
6	Трансверсальное («сэндвич»)	5	4,0	5,3	3,7	4,3	212,6	164,3	217,8	198,2

Оценка количественных показателей выявила специфическую закономерность. В то время как в контрольном варианте в 2024 году наблюдался высокий численный результат (7,9 шт/раст.), он сопровождался существенным снижением средней массы единичного плода. Применение магнитной обработки воды способствовало оптимизации баланса в системе «количество–масса». Так, варианты с аксиальной (S→N) и двойной аксиальной схемами обеспечили более выровненную динамику плодоношения по годам, нивелируя резкую межсезонную изменчивость продуктивности.

Вариант «сэндвич», несмотря на умеренные средние значения за весь период, продемонстрировал высокую интенсивность налива плодов в первый год исследований (212,6 г), что сопоставимо с результатами локального воздействия N↑. Однако последующая динамика подтверждает, что для достижения максимальной массы плода более эффективным является точечное трансверсальное воздействие непосредственно под точкой водовыпуска.

Таким образом, если контрольный вариант характеризуется значительными колебаниями между количеством плодов и их массой, то использование трансверсальной схемы N↑ выступает эффективным регулятором интенсификации производства, позволяя стабильно повышать среднюю массу плода вне зависимости от вариативности факторов внешней среды. Анализ структуры урожайности в разрезе индивидуальной продуктивности растений (табл. 4) подтвердил эффективность магнитной активации воды как способа оптимизации параметров элементов структуры урожайности.

Установлено, что показатели массы плодов на одно растение находятся в прямой зависимости от пространственной конфигурации магнитного поля. В годы с типичными условиями вегетации (2023 и 2025 гг.) наиболее полная реализация продуктивного потенциала зафиксирована в варианте с трансверсальной активацией (N↑). Продуктивность в данной группе составила 856,4–883,4 г/раст., что обеспечило превышение контроля на 16,2–27,8 %.

Таблица 4. Элементы структуры урожайности перца сладкого (масса плодов на растении) в зависимости от способов магнитной обработки воды, 2023–2025 гг.

№ п/п	Вариант опыта	Число растений, шт/м ²	Масса плодов, г/растение			
			2023	2024	2025	ср.
1	Контроль	5	691,0	1305,7	736,6	911,1
2	Аксиальное (S→N)	5	842,0	899,0	839,4	860,1
3	Аксиальное (N→S)	5	644,0	1048,0	792,7	828,2
4	Аксиальное (двойное)	5	756,6	970,7	783,0	836,8
5	Трансверсальное (N↑)	5	883,4	926,7	856,4	888,8
6	Трансверсальное («сэндвич»)	5	850,3	868,6	809,1	842,7

Сходную положительную динамику в первый год исследований (2023 г.) продемонстрировали аксиальная схема S→N и комбинированный вариант «сэндвич», где урожайность достигла 4,2–4,3 кг/м² (при пересчете на плотность посадки 5 раст/м²), что на 20,0–22,8 % выше контрольных значений. Однако в условиях 2025 года локальная схема N↑ проявила наибольшую адаптивную устойчивость, сохранив устойчивое превосходство над остальными опытными группами. Особое значение для оценки эффективности методов имеет статистический анализ стабильности урожайности (табл. 5).

Таблица 5. Параметры вариативности и продуктивности перца сладкого в зависимости от способов магнитной обработки воды, 2023–2025 гг.

№ п/п	Вариант опыта	Число растений, шт/м ²	Урожайность, кг/м ²				Прибавка к контролю, %				Стабильность (V, %) 2023–2025 гг.
			2023	2024	2025	ср.	2023	2024	2025	ср.	
1	Контроль	5	3,5	6,5	3,7	4,6	-	-	-	-	35,6
2	Аксиальное (S→N)	5	4,2	4,5	4,2	4,3	+20,0	-30,8	+13,5	-6,5*	3,5
3	Аксиальное (N→S)	5	3,2	5,2	4,0	4,1	-8,6	-20,0	+8,1	-10,8	24,5
4	Аксиальное (двойное)	5	3,8	4,9	3,9	4,2	+8,6	-24,6	+5,4	-8,7	14,5
5	Трансверсальное (N↑)	5	4,4	4,6	4,3	4,4	+25,7	-29,2	+16,2	-4,3	3,4
6	Трансверсальное («сэндвич»)	5	4,3	4,3	4,0	4,2	+22,8	-33,8	+8,1	-8,7	4,1

* – отрицательная средняя прибавка обусловлена аномально высоким скачком контроля в 2024 году, однако в остальные периоды исследований (2023 г., 2025 г.) наиболее эффективные схемы активации обеспечивали стабильное превосходство над контролем на 5,4–25,7 %.

Контрольный вариант характеризуется высокой вариабельностью продуктивности: от 3,5 кг/м² в 2023 г. до резкого скачка (6,5 кг/м²) в 2024 г. с последующим снижением до 3,7 кг/м² в 2025 г. Коэффициент вариации (V) данного показателя в контроле составил 35,6 %, что указывает на нестабильный характер плодоношения и критическую зависимость растений от факторов внешней среды.

В противовес этому использование магнитной активации воды позволило минимизировать влияние «эффекта года» на производственный процесс. Наиболее репрезентативным является вариант N↑, где амплитуда колебаний массы плодов по годам была минимальной, а коэффициент вариации составил всего 4,0 %. Аналогичная закономерность прослеживается и в итоговой урожайности: при среднем значении 4,4 кг/м² отклонение от среднего за три года в варианте N↑ составило лишь 3,4 %, что на порядок ниже контрольных значений.

Анализ аксиальных схем (S→N и двойная N→S) также подтвердил их роль как инструментов сглаживания межсезонных колебаний: продуктивность поддерживалась на стабильном уровне 4,2–4,3 кг/м² (V = 3,5–14,5 %). Следует подчеркнуть, что формальная отрицательная средняя прибавка в ряде вариантов обусловлена исключительно аномальным всплеском урожайности в контроле в 2024 году. Несмотря на специфическую динамику данного периода, в остальные годы исследований наиболее эффективные схемы активации превосходили контроль на 5,4–25,7 %, сохраняя высокую воспроизводимость результата.

Таким образом, магнитная обработка воды выступает эффективным регулятором, обеспечивающим стабильную реализацию генетического потенциала перца сладкого сорта «Чырвоны магнат». Применение исследуемых конфигураций (в частности, трансверсальной активации) позволяет сохранять устойчивые показатели массы плода и урожайности, нивелируя влияние варьирующих факторов и формируя технологически выровненный агроценоз.

Заключение

Магнитная активация поливной воды в условиях капельного орошения выступает эффективным фактором управления морфогенезом и производственным процессом перца сладкого. Применение исследуемых пространственных конфигураций магнитного поля способствует укреплению проводящей системы растений и усложнению архитектоники растения, что выражается в увеличении диаметра корневой шейки в среднем за три года исследований до 13,0–14,0 мм в наиболее эффективных вариантах опыта и нарастании максимального порядка ветвления до 8,0–8,8 ед. Данные морфологические изменения формируют необходимый биологический фундамент для стабильного плодоношения и повышения продуктивности культуры.

Использование магнитной обработки позволяет оптимизировать структуру урожайности за счет формирования крупных плодов средней массой 198,2–217,5 г. Это обеспечивает полную реализацию биологического потенциала сорта «Чырвоны магнат», предотвращая избыточное образование мелкой фракции плодов и поддерживая высокую товарность продукции. Ключевое значение имеет стабилизирующая роль магнитного воздействия: снижение коэффициента вариации урожайности до 3,4–4,1 % (при 35,6 % в контроле) подтверждает способность технологии нивелировать влияние колебаний внешней среды по годам на итоговый результат.

Высокая воспроизводимость результатов позволяет рекомендовать внедрение как трансверсальных, так и аксиальных схем магнитной активации в технологический цикл промышленного капельного полива. Применение данных методов обеспечивает оптимальный баланс между структурным развитием растений и однородностью агроценоза, гарантируя получение прогнозируемой и стабильной урожайности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
2. Игнатов, С. В. Магнитная активация водных растворов в технологиях точного земледелия / С. В. Игнатов // Агрохимия. – 2021. – № 2. – С. 45–52.
3. Классен, В. И. Омагничивание водных систем / В. И. Классен. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
4. Левин, Э. М. Влияние магнитной обработки воды на биологические объекты / Э. М. Левин. – М.: Наука, 1982. – 154 с.
5. Бондаренко, Ю. В. Эффективность применения омагниченной воды при возделывании овощных культур в защищенном грунте / Ю. В. Бондаренко, А. И. Степанова // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 4 (79). – С. 12–18.
6. Темурьянц, Н. А. Биологические эффекты слабых магнитных полей / Н. А. Темурьянц, Б. М. Владимирский, О. Г. Тишкин. – Киев: Наукова думка, 1992. – 192 с.
7. Teixeira da Silva, J. A. Magnetic fields: how they affect plant growth and development / J. A. Teixeira da Silva, J. Dobránszki // Propagation of Ornamental Plants. – 2016. – Vol. 16, № 4. – P. 109–124.