

## **Влияние агрофизических свойств субстрата на урожайность томата в условиях шестой световой зоны**

**М. В. Селиванова**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой «Садоводство и переработка растительного сырья им. профессора Н.М. Куренного»

**А. Н. Есаулко**, доктор сельскохозяйственных наук, директор института агробиологии и природных ресурсов

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ

355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12

<sup>✉</sup>selivanowa86@mail.ru

**Резюме.** Исследования были реализованы в зимней теплице IV поколения, расположенной в шестой световой зоне. Материалом для анализа свойств субстрата и урожайности томата послужили данные учетов, проведенных в динамике в период зимне-весенних оборотов 2021-2023 гг. Использование субстратов в течение вегетационного периода томата приводило к снижению их удельной массы, которая была меньше 0,5 г/см<sup>3</sup>, что характеризует низкие трудозатраты при подготовке и дальнейшем использовании субстратов. В течение вегетации томата объемная масса субстратов изменялась: субстратов на основе «торф + перлита» и лузги подсолнечника снижалась, минеральной ваты и кокосового волокна – увеличивалась. Наименьшая полная влагоемкость среди анализируемых субстратов была получена у кокосового волокна – в среднем в 1,8 раза меньше, чем у минеральной ваты при наибольшем значении в опыте в 79,5%. Наиболее оптимальные свойства кокосового субстрата способствовали получению максимальной урожайности томата в опыте – в среднем больше на 1,0...4,7 кг/м<sup>2</sup> относительно других субстратов, что является статистически значимо. Минеральная вата и кокосовый субстрат благодаря своим оптимальным свойствам и стабильному составу остаются наиболее популярными в крупных тепличных хозяйствах при выращивании томата и огурца, однако применение минеральной ваты находит большую практику использования в связи с ее высокой доступностью и наличием отечественного производства. При меньшей урожайности на субстрате из лузги подсолнечника он может найти применение в небольших фермерских теплицах с целью снижения затрат на закупку субстрата.

**Ключевые слова:** томат, защищенный грунт, субстрат, агрофизическое свойство, урожайность, гибрид.

**Для цитирования:** Селиванова М. В., Есаулко А. Н. Влияние агрофизических свойств субстрата на урожайность томата в условиях шестой световой зоны // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 4 (72). С. 77-82. doi:10.18286/1816-4501-2025-4-77-82

## **The influence of the agrophysical properties of the substrate on tomato yield in the conditions of the sixth light zone**

**M. V. Selivanova<sup>✉</sup>, A. N. Yesaulko**

Stavropol State Agrarian University

355017, Stavropol, lane Zootechnical, 12

<sup>✉</sup>selivanowa86@mail.ru

**Abstract.** The research was carried out in a fourth-generation winter greenhouse located in the sixth light zone. The data from the calculations carried out in dynamics during the winter-spring turnover period of 2021-2023 served as a material for analyzing the properties of the substrate and tomato yield. As a result of the research, it was found that the use of substrates during the tomato growing season led to a decrease in their specific gravity, which was less than 0.5 g/cm<sup>3</sup>, which characterizes low labor costs during the preparation and further use of substrates. During the growing season, the volume mass of the substrates changed: peat + perlite-based substrates and sunflower husks decreased, while mineral wool and coconut fiber increased. The lowest total moisture capacity among the analyzed substrates was obtained for coconut fiber, which is on average 1.8 times less than that of mineral wool, with the highest value in the experiment being 79.5%. The most optimal properties of the coconut substrate contributed to obtaining the maximum yield of tomatoes in the experiment – an average increase of 1.0-4.7 kg/m<sup>2</sup> relative to other substrates, which is statistically significant. Mineral wool and coconut substrate, due to their optimal properties and stable composition, remain the most popular in large greenhouses for growing tomatoes and cucumbers, however, the use of mineral wool is widely used due to its high availability and availability of domestic production. With lower yields on sunflower husk substrate, it can be used in small farm greenhouses in order to reduce the cost of purchasing the substrate.

**Keywords:** tomato, protected soil, substrate, agrophysical property, yield, hybrid.

**For citation:** Selivanova M. V., Yesaulko A. N. The influence of the agrophysical properties of the substrate on tomato yield in the conditions of the sixth light zone // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025.4 (72): 77-82  
doi:10.18286/1816-4501-2025-4-77-82

#### 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

##### Введение

Тепличное производство в настоящее время во всем мире считается динамично развивающимся направлением сельского хозяйства [1]. Выращивание овощных культур и зелени в теплицах в межсезонный период позволяет расширить возможности агротехнических приемов в различных почвенно-климатических условиях и предоставляет населению свежие овощи на протяжении всего года [2, 3].

Современные интенсивные технологии выращивания овощных культур в защищенном грунте, направленные на обеспечение всех потребностей растений в факторах роста и развития, основаны на малообъемном методе [4]. Малообъемная технология представляет собой управляемый процесс с целью создания благоприятных условий для выращиваемой культуры и снижения стрессовых реакций растений в течение вегетационного периода [5, 6]. Использование данной технологии позволяет повысить экономическую эффективность за счет увеличения урожайности овощных культур и рационального использования ресурсов, что включает оптимальное применение воды и удобрений, контроль и рециркуляцию дренажа, биологическую защиту растений от вредных объектов, и как результат способствует получению экологически безопасной продукции с высокими вкусовыми качествами [7].

К важному аспекту малообъемной технологии относится субстрат, который является средой для интенсивного развития корневой системы растений, предоставляя необходимые элементы – воду, воздух и питательные вещества в оптимальных количествах и пропорциях [8]. Универсальный субстрат, обеспечивающий высокую продуктивность культуры, среди существующих выделить трудно. В настоящее время существует широкий ассортимент субстратов органического и неорганического происхождения со специфическими физическими и химическими свойствами, необходимыми для успешного выращивания конкретных культур. Одними из основных критерии при использовании любого субстрата считаются его доступность, срок использования без ухудшения качества, возможность утилизации и экономическая эффективность [9, 10].

При выращивании в ограниченном пространстве субстрата условия для растений становятся значительно более строгими в сравнении с традиционной агротехникой открытого грунта, где корневая система

свободно развивается в неограниченном объеме почвы [11]. Поэтому следует учитывать физико-химические показатели субстратов, включая влагоемкость, плотность, порозность, химический состав, что в совокупности создает водно-воздушный режим [12, 13]. Совокупность агрохимических и водно-физических характеристик субстрата влияет на степень развития и общий объем корневой системы растений, в том числе на доступность питательных веществ и воздуха. Формирование корневой системы тепличных культур находится в прямой зависимости от агрофизических и агрохимических показателей субстрата, которые как следствие оказывают влияние на рост и развитие растения, и как итог урожайность культуры [14].

Цель исследований – изучение свойств субстратов в течение технологии выращивания томата в условиях защищенного грунта и оценка их влияния на урожайность культуры.

##### Материалы и методы

Материалом для анализа свойств субстрата и урожайности послужили данные учетов, проведенных в период зимне-весенних оборотов томата в 2021-2023 гг. Опыт был реализован в зимней теплице IV поколения, расположенной в шестой световой зоне. Агротехника томата была традиционная для данного агроклиматического района и типа теплицы. Рассаду томата на всех вариантах опыта выращивали в минераловатных кубиках и дополнительно досвечивали натриевыми лампами.

Свойства субстрата изучали в течение вегетационного периода томата. Опыт был двухфакторный: А – субстрат, В – дата учета свойств субстрата. В качестве исследуемых субстратов применяли минеральную вату, кокосовое волокно, смесь торфа и перлита, и новый субстрат на основе лузги подсолнечника. Субстрат, сочетающий лузгу подсолнечника и дополнительные биокомпоненты, был разработан для выращивания овощных культур малообъемным методом [15]. Характеристики субстратов определяли при посадке рассады на маты, в начале плодоношения культуры и по завершении оборота. Изучение свойств субстратов осуществляли на томате Мерлис F1. Урожайность томата в зависимости от применяемого субстрата определяли на гибридах Мерлис F1 и Максез F1. Схема минерального питания томата была одинаковая на всех вариантах опыта (по Г.М. Кравцовой) (табл. 1).

Таблица 1. Схема минерального питания томата, мг/л

Период развития	N <sub>нитр.</sub>	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu
Запитка субстрата	225	215	270	80	40	120	2,0	0,55	0,3	0,35	0,06
Стартовый раствор (рассада – до цветения 1-й кисти)	220	260	220	60	40	120	1,5	0,55	0,3	0,35	0,06
До начала цветения 3-й кисти	200	280	220	60	40	120	2,0	1,0	0,3	0,35	0,06
Цветение 3-5-й кистей	200	320	200	60	40	120	1,2	0,55	0,3	0,35	0,06
Цветение 5-й кисти и до конца оборота	200	300	190	60	40	120	1,2	0,55	0,3	0,35	0,06

Учет изменения агрофизических свойств субстрата в течение оборота томата проводили по общепринятым методикам. Общую урожайность томата за оборот определяли весовым методом суммарно за все сборы в течение вегетации культуры.

### Результаты

Исследования свойств субстратов проводили при выращивании томата Мерлис F1, так как генетические особенности не оказывали существенного влияния на свойства субстрата. При сравнительном анализе данных минимальные значения удельной массы субстрата при выращивании культуры были у луги подсолнечника. Удельная масса смеси «торф + перлит» была максимальная в опыте – в среднем 0,357 г/см<sup>3</sup>, разница относительно минеральной ваты, кокосового волокна и луги подсолнечника была 0,062...0,169 г/см<sup>3</sup> (табл. 2).

**Таблица 2. Изменение удельной массы субстрата при выращивании томата, г/см<sup>3</sup>**

Субстрат (фактор А)	Период учета (фактор В)			B, HCP <sub>05</sub> = 0,0171
	посадка рассады	начало плодоно- шения то- мата	в конце оборота	
Минеральная вата (контроль)	0,301	0,295	0,288	0,295
Торф + перлит	0,433	0,331	0,306	0,357
Луга подсолнечника	0,228	0,182	0,155	0,188
Кокосовое во- локно	0,342	0,271	0,218	0,277
A, HCP <sub>05</sub> = 0,0135	0,326	0,270	0,242	HCP <sub>05</sub> = 0,0302

Использование субстратов в течение зимне-весеннего оборота томата приводило к снижению удельной массы: к началу плодоношения культуры относительно исходных данных на 17,2% в среднем по субстратам, в конце оборота по сравнению с предыдущей датой учета – на 10,4%. В целом при завершении оборота удельная масса субстратов была меньше по сравнению с исходными данными на 4,3...36,3%.

Анализ объемной массы субстратов показал, что минеральная вата среди изучаемых субстратов имела наименьшие значения, что делает ее самым легким субстратом и упрощает процесс транспортировки. Кокосовое волокно характеризовалось в опыте максимальным объемным весом, показатель был существенно больше чем у минеральной ваты на 0,05 г/см<sup>2</sup> в среднем по опыту. Объемная масса смеси «торфа + перлита» в среднем за вегетационный период была меньше кокосового волокна на 0,05 г/см<sup>3</sup>. Объемная масса субстрата из луги подсолнечника была меньше чем у кокосового волокна и смеси «торф + перлит» в среднем по опыту на 0,035 и 0,012 г/см<sup>3</sup> соответственно и больше чем в контроле на 0,015 г/см<sup>3</sup> (табл. 3).

В течение оборота томата объёмная масса субстратов изменялась: при использовании субстратов на основе «торф + перлит» и луги подсолнечника

показатель существенно снижался относительно предыдущих значений на 9,5...19,3%, минеральной ваты и кокосового волокна – увеличивался не существенно на 0,8...3,9%.

**Таблица 3. Изменение объемной массы субстрата при выращивании томата, г/см<sup>3</sup>**

Субстрат (фактор А)	Период учета (фактор В)			B, HCP <sub>05</sub> = 0,0079
	по- садка рас- сады	начало плодоно- шения то- мата	в конце оборо- та	
Минеральная вата (контроль)	0,077	0,080	0,082	0,08
Торф + перлит	0,125	0,109	0,088	0,107
Луга подсолнечника	0,105	0,095	0,085	0,095
Кокосовое во- локно	0,128	0,129	0,132	0,13
A, HCP <sub>05</sub> = 0,0041	0,109	0,103	0,097	HCP <sub>05</sub> = 0,0118

При оценке водного режима и водоно-физических свойств субстрата используют показатель влагоемкости, на который оказывает влияние фракционный состав субстрата – соотношение крупной и мелкой части. Влагоемкость субстрата связана с его пористостью.

Наибольшие значения полной влагоемкости в среднем по опыту были отмечены у минеральной ваты – 79,5%, разница относительно других субстратов составила 13,9...34,2%. Наименьшая полная влагоемкость среди анализируемых субстратов была получена у кокосового волокна. При выращивании томата на минеральной вате, кокосовом волокне и луге подсолнечника к концу оборота полная влагоемкость снижалась относительно начального уровня на 4,2...8,7%, на смеси торфа с перлитом увеличивалась на 7,5%. Наибольшее снижение полной влагоемкости было отмечено при применении субстрата из луги подсолнечника (табл. 4).

**Таблица 4. Изменение полной влагоемкости при выращивании томата, %**

Субстрат (фактор А)	Период учета (фактор В)			B, HCP <sub>05</sub> = 4,15
	посадка рассады	начало плодоно- шения то- мата	в конце оборота	
Минеральная вата (контроль)	81,3	80,2	77,1	79,5
Торф + перлит	61,7	65,8	69,2	65,6
Луга подсолнечника	53,8	48,8	45,1	49,2
Кокосовое во- локно	48,1	45,3	42,6	45,3
A, HCP <sub>05</sub> = 2,31	61,2	60,0	58,5	HCP <sub>05</sub> = 6,42

Исследованиями установлено, что максимальную урожайность томата в опыте обеспечивало применение кокосового волокна – в среднем по опыту больше на 1,0...4,7 кг/м<sup>2</sup> относительно других субстратов, что является статистически значимо. Урожайность томата при применении смеси торфа

#### 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

и перлита и субстрата из луги подсолнечника оказалась меньше минеральной ваты на 2,2 и 3,7 кг/м<sup>2</sup> соответственно. На варианте с лузгой подсолнечника урожайность в среднем по гибридам была наименьшей в опыте и существенно уступала минеральной вате – разница была на уровне 3,7 кг/м<sup>2</sup> (табл. 5).

**Таблица 5. Влияние субстрата на урожайность томата, кг/м<sup>2</sup>**

Субстрат, А	Гибрид, В		В, НСР0,05 = 0,95
	Мерлис F1	Максеза F1	
Минеральная вата (контроль)	20,4	19,9	20,2
Торф + перлит	18,2	17,8	18,0
Луга подсолнечника	16,8	16,2	16,5
Кокосовое волокно	21,7	20,7	21,2
A, НСР0,05 = 0,43	19,3	18,7	НСР0,05 = 1,34

Сравнительный анализ урожайности различных гибридов томата показал, что полученные данные Мерлис F1 превосходили Максеза F1 в среднем на 0,5 кг/м<sup>2</sup>.

#### Обсуждение

Субстрат оказывает влияние на рост развитие корневой системы растений в течение всей вегетации томата. В связи с интенсивным использованием субстрата в тепличном овощеводстве, связанным с многократными поливами и ростом корневой системы, его свойства с течением времени изменяются. Стабильность свойств любого субстрата зависит от его состава, происхождения и качества производства [7].

Для создания оптимального водно-воздушного режима и обеспечения свободного перемещения воды и воздуха субстрат должен характеризоваться высокой влаго- и воздухопроницаемостью, низкой химической активностью, отсутствием вредных примесей, небольшим объемным весом, а также возможностью поддерживать подходящий уровень кислотности и необходимых питательных веществ в корневой зоне [16]. К основным физическим свойствам субстрата относятся общая пористость, удельная и объемная масса, а также наименьшая влагоемкость.

Каждый субстрат по аналогии с почвой имеет определенный удельный и объемный вес. Удельный вес субстрата обуславливает его долговечность и способность сохранять структуру при запитке, в течение интенсивного использования в период выращивания культуры и при изменяющихся температурных режимах в теплице [17]. Согласно полученным данным, удельный вес изучаемых субстратов был меньше 0,5 г/см<sup>3</sup>, что характеризует низкие трудозатраты при их подготовке и дальнейшем использовании.

Объемная масса субстрата представляет собой массу абсолютно сухого вещества в единице объема неизмененного состава. На объемную массу субстратов, как и при анализе грунтов, оказывают влияние

особенности составляющих компонентов (минералы, органика), общее количество и характеристика пор.

Согласно полученным данным, минеральная вата и кокосовое волокно характеризовались стабильностью состава в период использования. Устойчивость минеральной ваты обусловлена свойствами и расположением волокон: большинство современных субстратов из минеральной ваты имеют хаотичное расположение волокон, что сохраняет ее прочность и устойчивость к усадке и позволяет использовать повторно. Кокосовый субстрат состоит из нескольких типов фракций (пыль, волокно, чипсы) в различном соотношении, что также способствует сохранению стабильных характеристик.

Снижение объёмной массы субстратов на основе «торф + перлит» и луги подсолнечника свидетельствует о разложении органики субстратов и последующем их уплотнении, что может негативно скazyваться на доступе воздуха при развитии корневой системы растений.

Влагоемкость – важный агрофизический показатель субстрата, от которого зависит аэрация корневой системы и поглощение элементов питания растением. Способность субстрата удерживать влагу обусловлена его происхождением и фракционным составом [18]. Полная влагоемкость кокосового субстрата в опыте была минимальная – в среднем в 1,8 раза меньше чем у минеральной ваты при её максимальном значении в опыте.

Определяющим этапом оценки качества любого субстрата является изучение продуктивности растений. Комплекс свойств субстрата при оптимальном поливе питательным раствором оказывает влияние на усвоение растениями элементов питания, устойчивость растений к болезням и в результате на урожайность культуры.

Наиболее оптимальные свойства кокосового субстрата способствовали получению наибольшей урожайности томата в опыте – в среднем на 5,0% больше чем на минеральной вате. Данные субстраты благодаря своим благоприятным свойствам и стабильному составу остаются наиболее популярными в крупных тепличных хозяйствах при выращивании томата и огурца. При меньшей урожайности на субстрате из луги подсолнечника он может найти применение в небольших фермерских теплицах с целью снижения затрат на закупку субстрата.

#### Заключение

Субстрат в малообъемной технологии играет важную роль, его физико-химические свойства оказывают значительное влияние на формирование корневой системы и получение высоких урожаев овощных культур в условиях защищенного грунта.

В течение выращивания тепличной культуры свойства субстрата изменяются, что связано с многократными поливами и ростом корневой системы растений. Удельная и объемная масса, а также полная влагоемкость изучаемых субстратов снижалась в течение вегетационного периода томата.

Максимальные значения удельной массы отмечены у смеси торф с перлитом, объемной массы – у кокосового волокна, полной влагоемкости – у минеральной ваты. Анализ свойств субстратов в сравнении показал получение наиболее низкой удельной массы у луги подсолнечника – разница относительно других субстратов в среднем была 0,089...0,169 г/см<sup>3</sup>. Среди исследуемых вариантов минимальными значениями объемной массы выделилась минеральная вата, полной влагоемкости – кокосовое волокно.

Наиболее оптимальные свойства кокосового субстрата способствовали получению максимальной урожайности томата в опыте – в среднем больше на 1,0...4,7 кг/м<sup>2</sup> относительно других субстратов, что является статистически значимо. Урожайность томата на минеральной вате также имела преимущество по сравнению субстратами на основе торфа и луги подсолнечника. Минеральная вата и кокосовый субстрат благодаря своим оптимальным свойствам и стабильному составу остаются наиболее популярными в крупных тепличных хозяйствах при выращивании томата и огурца, однако применение минеральной ваты находит большую практику использования в связи с ее высокой доступностью и наличием отечественного производства. При меньшей урожайности на субстрате из луги подсолнечника он может найти применение в небольших фермерских теплицах с целью снижения затрат на закупку субстрата.

### **Литература**

1. Мамедов М. И. Структура и площади защищенного грунта в мире и глобальная тепличная технология: будущее производства продуктов питания // Овощи России. 2015. № 3-4(28-29). С. 64-69.
2. Кунгс Я. А., Угренинов И. А. Состояние тепличного овощеводства. Основные тенденции развития // Вестник КрасГАУ. 2014. № 6(93). С. 257-260.
3. Патракова С. С. Проблемы развития овощеводства защищенного грунта на Европейском Севере России // Научный вестник Южного института менеджмента. 2019. № 2(26). С. 78-83. doi: 10.31775/2305-3100-2019-2-78-83
4. Веремейчик Л. А. особенности применения химических удобрений для питания томатов в малообъемной культуре // Почвоведение и агрохимия. 2020. № 2(65). С. 164-170.
5. Ерошевская А. С. Проявление селекционных признаков томата на разных типах малообъемной технологии // Овощи России. 2023. № 4. С. 43-48. doi: 10.18619/2072-9146-2023-4-43-48
6. Reshma T., Sarath P.S. Standardization of Growing Media for the Hydroponic Cultivation of Tomato // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2017. No. 6(7). P. 626-631. doi: 10.20546/ijcmas.2017.607.076
7. Влияние субстратов из древесных опилок и рисовой шелухи на урожайность томатов Lilos F1 / Г. Е. Дымуршаева, Э. Б. Дымуршаева, Г. З. Сауытбаева и др. // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2021. № 23. С. 30-34.
9. Чечеткина Н. В., Гурская Т. А. Подбор субстратов для малообъемного способа выращивания культуры огурца в условиях защищенного грунта // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 22(27). С. 9-11.
10. Gruda N. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables // Journal of Applied Botany and Food Quality. 2009. Vol. 82. P.141-147.
11. Опыт разработки и использования контейнерных субстратов для лесных питомников. Альтернативы торфу / Е. В. Робонен, М. И. Зайцева, Н.П. Чернобровкина и др. // Resources and Technology. 2015. № 12(1). С. 47-76. doi: 10.15393/j2.art.2015. 3081
12. Водно-физические свойства субстратов на основе торфа и компостированных отходов активного ила Архангельского целлюлозно-бумажного комбината / Е. Н. Наквасина, М. В. Никитина, С. В. Коптев и др.]// Успехи современного естествознания. 2023. № 2. С. 13-17. doi: 10.17513/use.37992.
13. Наквасина Е. Н., Коптев С. В., Никитина М. В. Субстраты на основе торфа и компостиированного активного ила Архангельского целлюлозно-бумажного комбината для выращивания посадочного материала хвойных пород // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2024. Т. 28. № 3. С. 67-77. doi: 10.18698/2542-1468-2024-3-67-77
14. Благородова Е. Н., Лысенко А. А. Влияние субстрата на формирование урожая томата в продленном обороте зимних теплиц// Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сб. матер. XVII Междунар. науч.-практ. конфер. В 2-х книгах, Барнаул, 09–10 февраля 2022 года. Том Книга 1. Барнаул: Алтайский ГАУ, 2022. С. 189-191.
15. Патент № 2614780 С Российской Федерации, МПК A01G 9/00, A01G 1/00, A01C 1/00. Способ производства субстратных блоков для выращивания овощей защищенного грунта: № 2015142266: заявл. 05.10.2015: опубл. 29.03.2017 / А. Н. Есаулко, Е. А. Седых, М. В. Селиванова и др.; заявитель ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет».
16. Сафонова Е. В. Виды субстратов для овощей в защищенном грунте // Инновационная наука. 2015. № 7-2(7). С. 38-42.
17. Методика оптимизации состава почвогрунтов при выращивании саженцев с закрытой корневой системой. Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 2018. 32 с.
18. Куропатина Н. Д. Субстраты для тепличных хозяйств: качество и эффективность // Гавриш. 2010. № 6. С. 18-22.

**References**

1. Mammadov M. I. The structure and areas of protected soil in the world and global greenhouse technology: the future of food production // Vegetables of Russia. 2015. No. 3-4(28-29). P. 64-69.
2. Kungs Ya. A., Ugreninov I. A. The state of greenhouse vegetable growing. Main development trends // Bulletin of KrasGAU. 2014. No. 6(93). P. 257-260.
3. Patrakova S. S. Problems of development of protected soil vegetable growing in the European North of Russia // Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management. 2019. No. 2(26). P. 78-83. doi: 10.31775/2305-3100-2019-2-78-83.
4. Veremeychik L. A. features of the use of chemical fertilizers for tomato nutrition in low-volume crops // Soil science and agrochemistry. 2020. No. 2(65). P. 164-170.
5. Eroshevskaya A. S. The manifestation of tomato breeding characteristics on different types of low-volume technology // Vegetables of Russia. 2023. No. 4. P. 43-48. doi: 10.18619/2072-9146-2023-4-43-48.
6. Reshma T., Sarath P.S. Standardization of Growing Media for the Hydroponic Cultivation of Tomato // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2017. No. 6(7). P. 626-631. doi: 10.20546/ijcmas.2017.607.076.
7. The influence of sawdust and rice husk substrates on the yield of Lilos F1 tomatoes / G. E. Dyamurshayeva, E. B. Dyamurshayeva, G. Z. Sauytbayeva, R. I. Kudiyarov // Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. 2021. No. 23. P. 30-34.
9. Chechetkina N. V., Gurskaya T. A. Selection of substrates for a low-volume method of growing cucumber culture in protected soil conditions // Bulletin of the Russian State Agrarian Correspondence University. 2016. No. 22(27). P. 9-11.
10. Gruda N. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables //Journal of Applied Botany and Food Quality. 2009. Vol.82. P.141-147.
11. Experience in the development and use of container substrates for forest nurseries. Alternatives to peat / E. V. Robonen, M. I. Zaitseva, N.P. Chernobrovkina and others // Resources and Technology. 2015. No. 12(1). P. 47-76. doi: 10.15393/j2.art.2015. 3081.
12. Water-physical properties of peat-based substrates and composted activated sludge waste from the Arkhangelsk pulp and paper Mill / E. N. Nakvasina, M. V. Nikitina, S. V. Koptev [et al.] // Successes of modern Natural Science. 2023. No. 2. P. 13-17. doi: 10.17513/use.37992.
13. Nakvasina E. N., Koptev S. V., Nikitina M. V. Substrates based on peat and composted activated sludge of the Arkhangelsk pulp and paper mill for growing coniferous planting material. Lesnoy Vestnik. Forestry Bulletin. 2024. Vol. 28, No. 3. P. 67-77. doi: 10.18698/2542-1468-2024-3-67-77.
14. Noborova E. N., Lysenko A. A. The influence of substrate on the formation of tomato yield in the extended turnover of winter greenhouses // Agrarian science – agriculture: Collection of materials. XVII International Scientific and Practical Conference In 2 books, Barnaul, February 09-10, 2022. Volume 1. Barnaul: Altai State Agrarian University, 2022. P. 189-191.
15. Patent No. 2614780 C Russian Federation, IPC A01G 9/00, A01G 1/00, A01C 1/00. Method of production of substrate blocks for growing vegetables in protected soil: No. 2015142266: application 05.10.2015: published 29.03.2017 / A. N. Yesaulko, E. A. Sedykh, M. V. Selivanova et al.; applicant Stavropol State Agrarian University.
16. Safonova E. V. Types of substrates for vegetables in protected soil / E. V. Safonova // Innovative science. 2015. No. 7-2(7). P. 38-42.
17. Methodology for optimizing the composition of soils when growing seedlings with a closed root system. - Ekaterinburg: Federal State Budgetary Scientific Institution "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences", 2018. 32 p.
18. Kuropatina N. D. Substrates for greenhouses: quality and efficiency // Gavrish. 2010. No. 6. P. 18-22.