

СУБСТРАТЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЦВЕТОЧНЫХ И ДРУГИХ ТЕПЛИЧНЫХ КУЛЬТУР (ОБЗОР)

Рындин А. В., Лях В. М., Козлова Н. В.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»,
г. Сочи, Россия, e-mail: subplod@mail.ru*

В обзорной статье приводится анализ зарубежных и отечественных публикаций за период 1940–2016 гг., посвящённых изучению различных субстратов при выращивании в теплицах цветочно-декоративных и овощных культур, используемых в культурообороте. Отдельная часть обзора посвящена исследовательским работам по оптимизации субстратов для розы (как основной срезочной культуры в России) с использованием разных типов почв, торфа, навоза, песка, вулканического туфа и др. Для культур с коротким циклом выращивания (хризантема, гвоздика, гербера и др.) основное внимание, наряду с почвенными, уделено беспочвенным органическим и минеральным субстратам – торфу и минеральной вате, которая в последние годы применяется в мире всё более широко. Упомянуты современные безсубстратные системы: на циркулирующем питательном растворе по методу NFT (nutrient film technics); в глубоком питательном потоке по методу DWC (a deep water culture) или методу плота (raft method). Обозначены преимущества и проблемы использования таких систем, различных субстратов и наполнителей гидропонных систем.

Ключевые слова: тепличные субстраты, торф, навоз, вулканический туф, отходы древесины, минеральная вата, цветочные культуры, роза, хризантема, гвоздика.

В первые годы развития коммерческого производства овощных и цветочных культур в тепличных хозяйствах разных стран использовали местные почвы, часто улучшенные по физическим и агрохимическим свойствам, с целью получения максимально возможного урожая. Почвы обогащали органическим сырьём в виде торфа, навоза и разных компостов без точного выяснения влияния этих добавок на урожай выращиваемых культур. Среди первых специально поставленных научных экспериментов можно назвать опыты К. Post и J. Howland по влиянию добавок к торфу почвы на урожай роз [62].

В 1960–1980 гг. довольно много исследований было посвящено использованию в качестве органического субстрата или его компонента отходов древесины, прежде всего, измельченной древесной коры [34, 44–46, 54, 61, 63, 64, 66, 68–72, 83, 84]. Этому способствовало

повышение цен на верховой торф и накопление больших объёмов древесных отходов на деревообрабатывающих предприятиях. Практическому их применению предшествовали исследования по химическому составу древесины и продуктам её разложения. Материалы этих исследований обобщены в монографии Н. И. Никитина «Химия древесины». Серию исследований по скорости разложения коры и древесины разных пород деревьев и факторам, влияющим на этот процесс в контролируемых лабораторных условиях, провёл Ф. Е. Alisson с соавторами [25], а в России – Н. Ф. Транина и Л. А. Тришкова, А. С. Синников и др., А. А. Шамин и др. [23]. Большое количество исследований связано с большим разнообразием выращиваемых цветочно-декоративных и овощных культур, а также со спецификой химического состава древесины и коры разных пород деревьев и разной скоростью их разложения. Во Франции и в других странах предприятия, изготавливающие готовые к употреблению субстраты из древесных отходов, субсидируются государством [66].

На первых Международных Симпозиумах по использованию субстратов в садоводстве (International Symposium on Substrates in Horticulture other than Soils In Situ), состоявшихся в Шотландии (1980) и Испании (1983), кроме субстратов с участием измельчённой древесной коры, большое внимание также было уделено инертным минеральным субстратам. В качестве субстратов или их компонентов изучались: песок, перлит, вермикулит, керамзит [31, 58, 81, 82], вулканический туф [37], цеолит [24]. Изучение этих и других минеральных субстратов в различных условиях и вариантах их применения продолжалось и в последующие годы [41, 49, 55]. Как отмечает J. Caron и др. [33], нормы, разработанные для промышленных субстратов четыре десятилетия тому назад по таким физическим показателям как воздухоёмкость и содержание легкодоступной влаги, стали одними из ключевых при выращивании растений в контейнерах и на грядках.

Наряду с этим получило распространение выращивание растений в гидропонной культуре с разными наполнителями [26, 52] или в желобах с циркулирующим питательным раствором [26, 39, 50, 53], а также в малообъёмной гидропонике на минеральной вате [28, 29, 43, 48, 79]. Некоторые культуры выращивают на аэрируемых водных растворах удобрений [38, 56, 57, 67].

В России малообъёмная гидропоника с использованием дорогостоящего импортного оборудования, растворных узлов и пр. нашла применение в крупных тепличных хозяйствах, в основном при выращивании томатов [13]. В цветоводстве в 1960–70-е годы получило распространение выращивание роз на гидропонике, где в качестве наполнителей

железобетонных лотков использовали мелкие фракции (0,5–5,0 мм) гравия, керамзита, вермикулита [7, 8, 19]. В 80-е годы во ВНИИЦиСК были разработаны технология и устройство для выращивания гвоздики ремонтантной в условиях малообъёмной гидропоники с щебнистым наполнителем [22].

Однако наиболее распространёнными субстратами длительного использования в тепличных хозяйствах России в течение долгого времени были (и остаются сейчас для большинства небольших хозяйств) местные почвы, песок и наиболее дешёвые органические источники сырья. В зонах с лёгкими супесчаными почвами, для их улучшения чаще всего использовался торф и навоз, а в зонах с тяжелосуглинистыми и глинистыми почвами помимо торфа и навоза вносится песок или другие местные рыхлящие материалы.

В период становления отрасли промышленного цветоводства в России, с середины 1960-х гг., по разным вопросам технологии во многом обращались к зарубежному опыту. Этому способствовал издававшийся до 1991 г. Реферативный Журнал по Цветоводству, знакомивший с зарубежными источниками, а также практиковавшиеся в те годы поездки специалистов в страны с развитым цветоводством, где проводились, в том числе, и специальные научные исследования по использованию различных компонентов и их соотношений при приготовлении почвосмесей для выращивания цветочных культур. Полученными сведениями делились на страницах журнала «Цветоводство». В этом журнале публиковались также статьи отечественных специалистов о собственном опыте выращивания цветочных растений на субстратах с участием местных почв и различных компонентов, на искусственных субстратах и гидропонике [7, 8, 15, 19].

Аналитический обзор экспериментальных работ по изучению различных субстратов, а также безсубстратных систем при выращивании цветочно-декоративных культур может быть интересен и полезен для специалистов современных российских цветоводческих хозяйств и цветоводов любителей. Ранее такой обзор был сделан только по использованию в качестве субстратов или их компонентов отходов древесины [10, 11].

Как уже отмечалось ранее [20], в России в настоящее время основными срезочными цветочными культурами являются роза и хризантема. Гвоздика, которая была ведущей срезочной цветочной культурой в 1970–80-е годы, потеряла свои позиции не только в России, но и в мировом цветоводстве в целом. Так, под гвоздикой в 2012–2013 гг. у 10 стран с наибольшей площадью под этой культурой было занято 9 196 га, тогда как под розой и хризантемой, соответственно 56 358 и 47 011 га. В связи с этим отдельная часть обзора посвящена анализу исследовательских работ по субстратам для выращивания роз.

Субстраты для роз. В статье Г. Десятова [4], посвящённой выращиванию тепличных роз в разных странах Европы, написанной по результатам поездки в Голландию, Францию, Германию, наряду с другими технологическими аспектами обсуждался и вопрос по субстратам. Автор пишет, что в странах Западной Европы глубина грунта под розой всегда равна 60 см и более, а на 1 м² площади вносят до 30 кг навоза. Проблему монокультуры в Германии пытаются исправлять обильным внесением навоза и минеральных удобрений. По мнению автора, большинство фермеров слабо разбирается в вопросах удобрения роз и решает их за счёт внесения высоких доз навоза. Розы на большинстве почв развиваются хорошо, если имеется достаточный запас влаги, питательных веществ и хороший воздухообмен. Кроме этого, должна быть хорошая структура почвы, чтобы можно было вымыть избыток солей. Почву рекомендуется рыхлить до глубины 50–60 см, а 30 см верхний слой хорошо заправить перепревшим навозом из расчета 20 м³/1 000 м². Содержание гумуса в почве должно быть 7–8 %.

Точка зрения, что хороший урожай роз нельзя получить без использования навоза была широко распространена среди фермеров в первые годы промышленного их выращивания на местных почвах в разных странах. Однако сами по себе высокие дозы навоза и торфа не обеспечивают высоких урожаев роз. Например, в опытах с розой, проведённых в Молдавии, изучалось различное соотношение глинистой дерновой почвы и торфа (2 : 1, 3 : 1 и 1 : 3) с добавлением 40 кг/м² навоза. Субстрат рыхлился на глубину 60–80 см. При густоте посадки 25 × 30 см и начале обогрева теплицы в январе урожай цветов с 1 куста в лучшем варианте (почва : торф = 2 : 1) в первый год равнялся 7,3 шт., а на 2-й год – 7,9 шт. (или 105 шт./м²). При увеличении дозы навоза до 80 кг/м² урожай цветов был почти таким же (7,4 и 8,0 шт./куст).

В 5-летнем многофакторном опыте, проведённом в Чехословакии, изучалось 2 субстрата: смесь лессовидной глинистой почвы и торфа в соотношении 1 : 2 и смесь пахотной земли с навозом (доза навоза не указана). На этих субстратах высаживали 3 сорта роз, привитых на 5 различных подвоях. Срез цветов проводился ежегодно с 31.01 по 23.12. В среднем за 5 лет не установлено существенных различий между указанными вариантами субстратов ни по одной из сорто-подвойных комбинаций: урожай цветов роз сорта 'Баккара' за год составил соответственно 120,8 и 121,7 шт./м²; сорта 'Д-р Верхаге' – 141,0 и 141,7 шт./м²; сорта 'Зорина' (Флорибунда) – 412,0 и 426,0 шт./м². Урожай сорта 'Зорина' на своих корнях составил соответственно 479,9 и 454,4 шт./м².

И. А. Бояркина [2] отмечает, что в связи с поверхностным расположением корневой системы корнесобственных роз их можно выращивать на более мелких субстратах (глубиной 40–50 см), чем привитые розы. На тяжёлых окультуренных почвах рекомендуется вносить навоз в количестве 50 кг/м². Однако, по мнению В. Ф. Ноллендорфа [16], избыток навоза может приводить к повышенному содержанию Mn и B, что может вызвать хлороз, особенно на тяжёлых почвах; такие примеры он наблюдал на кислых почвах при внесении 15–20 т/га навоза.

В 6-летних опытах в тепличном хозяйстве ВНИИЦиСК розу сорта 'Карина' выращивали после гвоздики без внесения навоза на смеси среднесуглинистой почвы с торфом и песком (в соотношении 1 : 1 : 1 по объёму) при мощности субстрата 30 см [9]. Почва после выращивания гвоздики была достаточно хорошо обеспечена элементами питания (N-NO₃ – 73, P₂O₅ – 380 и K₂O – 273 мг/л субстрата). Перед посадкой розы в почву заделывали 70 л/м² верхового торфа. В среднем за 6 лет при густоте посадки 10 шт./м² урожай цветов при внесении удобрений по результатам анализа почвы составил 197 шт./м², а при внесении удобрений в дозах 0,5, 1,0 или 1,5 NPK, рассчитанных с учётом выноса элементов питания с урожаем, соответственно 175, 184 и 180 шт./м². Лучшим был вариант с дозой 1,5 NK1P со средним многолетним урожаем 206 шт./м².

В ряде тепличных хозяйств г. Сочи отмечались случаи массовой гибели посадочного материала роз, когда розы высаживали после роз. Причиной этого было внесение таких же высоких доз навоза, как и перед первой высадкой растений. Это приводило к переудобрённости и засолению субстрата. Проведённый специалистами ВНИИЦиСК анализ почвы в одном из таких хозяйств, показал, что содержание фосфатов, превышало 1 000 мг/л почвы.

По данным Vanden Nest T. и др. [74] многие сельскохозяйственные почвы на Северо-Западе Европы содержат фосфор в количестве, превышающем потребность растений, и являются важным источником его поступления в окружающую среду. Принятые ограничения по применению фосфорных удобрений относятся и к органическим удобрениям, которые используют как источник пополнения гумуса. Отмечают, что компост, приготовленный на основе зелёных растительных материалов, является лучшим выбором для почв с высоким содержанием фосфора, чем навоз [74]. По мнению В. Vandecasteele с соавторами [73], чтобы отвечать стандартным экологическим требованиям по снижению потерь питательных веществ и особенно фосфора с дренажным стоком, компосты следует вносить в ограниченных дозах; лучше всего соответствовать этим требованиям и поддерживать почвенное плодородие на зафосфаченных почвах будут компосты с высоким содержанием лигнина и низким содержанием фосфора.

При выращивании такой многолетней культуры как роза, которую высаживают обычно при густоте 10 шт./м², рыхление почвы затруднено из-за возможности повреждения корней. Частые поливы уплотняют почву. Согласно данным Post K. и др. [62] практики-розоводы США отмечали улучшение роста корней при добавлении торфа к местным почвам, однако это не всегда приводило к увеличению урожая. Роль кислорода в обеспечении роста корней хорошо известна уже давно. Корни большинства растений требуют 2–8 % кислорода для хорошего роста; например, в водной культуре урожай томатов при аэрации увеличился более чем в 2 раза по сравнению с вариантом без аэрации [59]. Уменьшение концентрации кислорода в зоне корней при гидропонном выращивании роз снижало поглощение корнями воды и нитратов [54]. Метод выращивания растений на аэрируемом питательном растворе используется в промышленных масштабах [38, 57, 67].

Для выяснения влияния различных рыхлящих материалов на урожай длинностебельной розы сорта 'Баккара' К. Post и J. Howland провели мелкоделяночные опыты: в сумме за 3 года при густоте посадки 10 шт./м² срез цветов на местной почве без добавления рыхлящих материалов составил 99,0 шт./куст, а при добавлении 25 или 50 % по объёму торфа, соответственно 97,4 и 95,6 шт./куст при одинаковом качестве цветов; при добавлении к почве 15 % древесных стружек, обработанных куприолом или асфальтом, урожай за эти годы равнялся соответственно 95,6 и 95,5 шт./куст [62]. Очевидно, что аэрация почвы не была лимитирующим фактором, поскольку при очередном поливе растений показания тензиометра (8 см рт. ст.) соответствовали сосущей силе почвы около 0,11 бар (атмосфер). Таким фактором не были и различия в ёмкости поглощения почвой катионов, которая увеличивалась при добавлении к ней торфа.

Опыты по влиянию добавления к супесчаной почве верхового торфа (1 : 1 по объёму), с этим же сортом розы, проводились 25 лет спустя в Израиле [60]. Помимо влияния торфа, в этих опытах изучали глубину субстрата (30 и 60 см), а также различные режимы полива (очередной полив проводили при определенной сосущей силе почвы) (табл. 1).

На изолированной от подпочвы грядке глубиной 30 см урожай цветов был значительно ниже, чем на неизолированной от подпочвы грядке, глубиной 60 см. Причина таких различий видна из данных по сырому весу корней, который положительно коррелировал с урожаем цветов. Причём, на глубокой почве 65 % массы корней находилось в слое 30–60 см. Добавление к супесчаной почве торфа приводило к снижению урожая при всех режимах влажности.

**Урожай цветов розы сорта ‘Баккара’
и сырой вес корней на 3-й год опыта при разных режимах полива
и разной глубине почвы (по данным [60]).**

Варианты опыта	Сосущая сила почвы, в барах		
	0,05	0,10	0,20
	Урожай цветов*, шт./м ²		
Супесчаная почва – 60 см	266	210	220
Супесчаная почва – 30 см	150	175	140
Супесчаная почва + торф (1 : 1) – 30 см	125	150	105
	Сырой вес корней, г/м ²		
Супесчаная почва – 60 см	714	713	669
Супесчаная почва – 30 см	541	621	510
Супесчаная почва + торф (1 : 1) – 30 см	496	633	463

Примечание: * – урожай цветов за период среза ноябрь – май

Климат Израиля позволяет получать срез цветов роз в зимний период со значительно меньшими энергетическими затратами, чем в странах Западной Европы. Спрос на цветы в это время года неограничен. Поэтому площадь под розой в Израиле росла быстрыми темпами, с 1964 по 1975 г. она увеличилась с 5 до 120 га [35]. Израиль стал экспортёром срезанных цветов роз на Европейский рынок. Все это способствовало вложению средств в изучение этой культуры. В 1990–2000 годы площадь под розой уже превышала 200 га в то же время площадь в Западной Европе существенно сокращалась. Например, в Великобритании за период с 1972 по 1980 г она сократилась в 2,5 раза, а импорт средиземноморских роз в стоимостном выражении увеличился более, чем в 60 раз [78].

Все почвы Израиля крайне бедны органическим веществом: от 0,1 и 0,7 % – в песчаной и супесчаной почве, до 0,9 и 1,5 % – в суглинистой и глинистой почве. Тем не менее, по принятой в Израиле технологии получают высокие урожаи цветов, выращивая розы на разных почвах, от песчаных до глинистых. Было проведено изучение продуктивности роз сорта ‘Баккара’ на 4 различных почвах, пахотные горизонты которых были взяты из разных мест выращивания роз для опыта, чтобы исключить влияние других факторов [35] (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние типа почвы и добавления к ним торфа
на массу ($кг/м^2$) и количество ($шт./м^2$) срезанных цветов
розы сорта 'Баккара' (по данным [35],
среднее по 2 режимам полива)**

Годы	Песчаная, 8 % глини- стых частиц		Супесчаная, 16 % глини- стых частиц		Суглинистая, 39 % глини- стых частиц		Глинистая, 69 % глини- стых частиц	
	+	-	+	-	+	-	+	-
1969/70	6,50	6,00	6,09	6,60	6,50	6,30	6,30	5,80
1970/71	7,12	7,32	7,65	7,09	6,25	6,63	6,67	5,75
1971/72	7,43	8,03	8,97	8,37	7,56	7,57	7,43	6,81
1972/73	7,80	7,43	9,17	9,41	8,42	8,76	8,22	7,88
Всего за 4 года								
$кг/м^2$	28,85	28,78	31,79	31,47	29,23	29,26	28,62	26,24
$шт./м^2$	884		941		837		790	

Примечание: + варианты с добавлением торфа

Естественная почва на опытных делянках (грядках) была извлечена на глубину дрен (70 см), затем слоем в 60 см насыпали привезённую почву. На одной из делянок (для каждой почвы) дополнительно вносили верховой торф из расчета 70 л/м². В опыте изучали также разные режимы полива. Поливы проводились, когда влажность почвы, измеряемая тензиометрами, установленными на глубине 20 см, соответствовала сосущей силе почвы 0,1 или 0,25 бар (атмосфер). На 4-й год опыта вариант с поливом при 0,25 бар заменили поливом при 0,05 бар. В поливную воду добавляли удобрения (N150P150K150 мг/л с микроэлементами при постоянной концентрации 0,075 %). Перед посадкой вносили 100 г/м² суперфосфата. В первый год цветы срезали с 1.03 по 20.05, а в последующие годы с 1.02 по 15.05 (сезон экспорта).

Из материала, приведенного в таблице 2, видно, что при внесении удобрений с поливной водой для розы лучшей была супесчаная почва, затем следовали песчаная и суглинистая. Худшие результаты были получены на глинистой почве. Добавление верхового торфа в количестве 10 % по объёму не оказало заметного влияния на урожай цветов (суммарный за 4 года) на всех типах почв, кроме глинистой. При добавлении к глинистой почве торфа урожай цветов на 3-й год опыта был таким же, как и на песчаной почве, а на 4-й год опыта даже выше.

Супесчаная почва характеризовалась низкой порозностью и худшей дренируемостью среди изучаемых в опыте почв. Авторы статьи [35] отмечают, что после полива вода несколько часов стояла на поверхности почвы, а содержание воздуха и кислорода в почве было низким. Однако тот факт, что на этой почве получен самый большой урожай цветов, особенно при частых поливах, свидетельствует о том, что воздушный режим зоны корней не был фактором, лимитирующим урожай. Худшая дренируемость супесчаной почвы в этом случае сыграла положительную роль из-за меньших потерь элементов питания с дренажным стоком, содержание N-NO₃ и K в ней было существенно выше, чем в других почвах.

В опытах, проведённых той же группой исследователей [40] с этим же сортом розы, где в качестве субстрата использовался пористый вулканический туф (weathered scoria), изучалось 3 уровня азота (100, 200, 300 мг/л) в комбинации с 2 уровнями калия (200 и 300 мг/л). На третий год опыта вариант с 300 мг/л K был заменен на 100 мг/л K, в связи с тем, что калий поглощался субстратом и его уровень увеличивался со временем. В среднем за 3 года самая большая масса цветов (18,3 кг/м²) была получена в варианте N 200 мг/л, а самая большая масса черенков (29,9 кг/м²) – в варианте N 300 мг/л.

Интересно отметить, что в отличие от опыта на супесчаной почве [60] (табл. 1), в опыте на вулканическом туфе [40] увеличение мощности слоя туфа более 20–30 см не способствовало увеличению урожая цветов (табл. 3). Очевидно, это связано с хорошей аэрацией туфа при всех изучаемых глубинах и отсутствием переувлажнения нижнего слоя за счёт капиллярного подъёма воды, характерного для минеральных почв. Диаметр частиц туфа находился в пределах 0–15 мм, с содержанием частиц 2–8 мм 75 %. Удобрения в этом опыте вносили с поливной водой через распылители 1 раз в сутки по 10 л/м² и растения не испытывали недостатка во влаге. Дополнительный лёгкий полив 1–2 л/м² давали 3 раза в день. Такие освежительные поливы очень эффективны и в борьбе с паутинным клещом – наиболее опасным вредителем этой культуры.

Таблица 3

**Влияние мощности слоя туфа
на урожай цветов розы сорта 'Баккара' (по данным [40])**

	Мощность слоя, см		
	20	30	40
Срез цветов, шт./м ²	268	269	255
Вес цветов, кг/м ²	9,36	9,50	9,03
Цветы длиннее 50 см, шт./м ²	70	72	69

М. Raviv [65] считает, что туф, как субстрат, можно использовать неопределенно долго, без отрицательного влияния на урожай растений при простых средствах его дезинфекции. Очевидно, что дезинфекцию субстрата при мощности 20–30 см можно провести более качественно и с меньшими затратами, чем при большей его мощности.

Добавление к вспученному глинистому сланцу верхового торфа, не оказало существенного влияния на урожай розы сорта 'Red American Beauty'. В опытах J. W. White и D. Richter, проведённых в США [100], урожай цветов за период с 1.08 по 15.05 при разных соотношениях $\text{NH}_4 : \text{NO}_3$ (100; 85,7; 71,4 и 57,1 % в форме нитратов) в вариантах без торфа равнялся соответственно 428, 476, 473 и 478 шт./м², а при добавлении торфа (1 : 1 по объёму) – 428, 459, 499 и 505 шт./м². Очевидно, что при использовании в качестве субстрата пористых минеральных материалов при хорошем обеспечении легкодоступной влагой и элементами минерального питания можно получать очень высокие урожаи роз без добавления торфа.

Представление о водно-воздушном режиме смесей верхового торфа с глинистой почвой или с песком при разных их соотношениях дают данные исследований, которые провёл в Великобритании А. С. Bunt [31] (табл. 4). Из приведённого материала видно, что проблемы плохого роста растений, связанные с низкой воздухоёмкостью, могут возникнуть в смесях торфа с мелким песком при доле песка 50 % и более. При использовании в смеси с верховым торфом крупного песка (50 % и более) проблемы могут возникнуть в связи с резким снижением количества легкодоступной влаги. По мнению А. С. Bunt нет универсальных критических значений воздухоёмкости, но 10–15 % при насыщении почвы влагой до 100 % ППВ желательны и это подтверждено опытным путём. Отношение растений к воздухоёмкости определяется рядом факторов, включая вид растения и внешние условия. Проблемы, связанные с низкой воздухоёмкостью субстрата, чаще могут возникать в зимнее время у мелких растений при низкой температуре и высокой влажности почвы. В условиях высокой эвапотранспирации воздухоёмкость почвы быстро восстанавливается по мере потери влаги.

По мнению G. J. Bugbee и С. Р. Frink [30] воздухообеспеченность после насыщения субстрата влагой является важнейшим фактором роста для декоративных растений, выращиваемых в горшках. В их опыте с 4 видами цветочных культур нижним пределом была воздухоёмкость 5 %, а лучше всего растения росли в диапазоне 11–20 %. При дальнейшем увеличении воздухоёмкости рост растений тормозился.

В опытах N. Zieslin и Y. Mor [86] с розой сорта 'Баккара', которую выращивали в 10-литровых контейнерах из чёрного полиэтилена с дренажными отверстиями снизу, изучали разные субстраты. Растения, росшие в контейнерах на местной почве, содержащей 94 % песка, при их

поливе питательным раствором обеспечивали больший срез цветов по сравнению с растениями, росшими на такой же почве на грядке, только в первый год опыта. Среди изучаемых субстратов в контейнерах смесь торфа с песком (1 : 1) уступала местной окультуренной и неокультуренной почве и вулканическому туфу. На второй год во всех вариантах, за исключением вулканического туфа, урожай был ниже, чем в контроле, за счёт ухудшения свойств субстратов. На туфе урожай был на 40 % выше, чем в контроле, но худшего качества.

Таблица 4

**Воздушно-физические и водные свойства
смесей сфагнового ирландского торфа с глинистой почвой
и песком (по данным [31])**

Показатели	% торфа в смеси			
	100	75	50	25
Смесь сфагнового торфа с карбонатной глинистой почвой				
Общая порозность, %	94,2	74,3	74,3	67,4
Воздухоёмкость, %	17,1	6,9	5,9	5,1
Легкодоступная влага (pF1,5 – pF1)	31,0	33,8	28,7	21,7
Смесь сфагнового торфа с мелким песком				
Общая порозность, %	94,2	80,8	66,9	54,3
Воздухоёмкость, %	17,1	6,9	1,6	1,8
Легкодоступная влага (pF1,5 – pF1)	31,0	31,0	28,9	28,1
Смесь сфагнового торфа с крупным песком				
Общая порозность, %	94,2	80,8	66,9	54,3
Воздухоёмкость, %	17,1	15,6	20,3	26,7
Легкодоступная влага (pF1,5 – pF1)	31,0	33,5	17,2	3,6

Примечание:

pF – показатель сосущей силы почвы (отрицательный логарифм высоты водного столба).
Сосущая сила почвы: при pF 1 соответствует 10 см вод. ст. (или 0,01 атмосфер);
при pF 2 – 100 см вод. ст. (или 0,1 атмосфер)

Следует отметить, что и в опытах Z. Plaut и N. Zieslin [60] вулканический туф на грядке с мощностью субстрата 30 см имел преимущество перед смесью супесчаной почвы с торфом, однако растения на таком субстрате требуют частого полива. Среди изученных промежутков между поливами на

туфе в этом опыте лучшим был вариант с поливом питательным раствором через 12 часов. При промежутке между поливами 24 часа урожай цветов снижался на 11,3 %, а при поливе через 2–3 дня на 15,4 %.

Такие минеральные субстраты как перлит и цеолит характеризуются благоприятным водно-воздушным режимом. В опытах Н. Н. Яковлевой [24] даже при температуре воздуха в теплице 25–30 °С и температуре почвы 20–25 °С на этих субстратах получено 100 %-ное укоренение черенков роз и хризантемы.

Субстраты для культур с коротким циклом выращивания. В отличие от роз, цикл ротации которых может достигать 7–8 лет, цикл выращивания гвоздики и герберы длится 1–2 года. У хризантемы цикл от посадки укоренённых черенков до окончания среза цветов и новых посадок черенков длится несколько месяцев. Поэтому культуры с коротким циклом можно выращивать и на чистом верховом торфе, который по водно-воздушным свойствам, по мнению В. Пуустярви [18], является идеальным субстратом. Использование верхового торфа в качестве субстрата для выращивания цветочных и овощных культур в теплицах на грядах, а также для выращивания горшечных и контейнерных культур, получило широкое распространение, особенно в странах Северной Европы, где торф обходится дешевле других субстратов [17, 18, 81].

Голландский ученый А. R. Вик [29] считает, что для горшечной хризантемы и других горшечных культур влагоёмкость субстрата должна быть как можно большей. Субстрат, состоящий из 10 % песка или глинистой почвы и 90 % торфа (по объёму), отвечает этим требованиям. Во время активного вегетативного роста растений оптимальное значение рF (показатель сосущей силы почвы) для таких смесей равно 1,4. В дни с высокой транспирацией полив следует проводить 1 раз в день. Автоматическое дождевание, контролируемое тензиометром, является идеальным для этой цели.

Как отмечает М. Raviv [65], органические субстраты по мере их минерализации изменяют свои физические, химические и биологические свойства. Эти изменения ведут к уплотнению, увеличению объёмного веса субстрата, к уменьшению воздухоёмкости, низкому содержанию кислорода в ризосфере и к размножению патогенов. Однако в зонах с карбонатными почвами для цветочных культур, требующих кислой реакции среды и небольшого объёмного веса субстрата (например, для герберы, выращиваемой в контейнерах), лучшего субстрата, чем кислый верховой торф трудно найти. А для продления срока использования верхового торфа его следует смешивать с минеральными нейтральными добавками, такими как перлит.

В опытах с герберой, проведённых во ВНИИЦиСК, на пропаренной смеси торфа с перлитом (1 : 1 по объёму) после 5 лет её использования продуктивность герберы составила 98 % от этого показателя на свежей смеси в первые 7 месяцев вегетации. В дальнейшем преимущество было за старой смесью, из-за меньшего поражения корней растений фитофторой [3].

Если сравнить максимальные показатели по урожаю срезанных цветов гвоздики ремонтантной группы Сим, которые получали в Англии на пропаренном лёгком суглинке слоем до 9 дюймов (22,5 см), и срезом гвоздики на верховом торфе слоем до 15 см по технологии, разработанной в Финляндии [18], то небольшое преимущество (около 10 %) за один и тот же период было за верховым торфом (977 шт./м² за 26 месяцев вегетации против 864 шт./м² за 24 месяца вегетации).

По потребности в элементах минерального питания тепличные культуры согласно В. Пуустярви [18] делятся на 3 группы: 1-я – культуры с низкой потребностью, 2-я – со средней потребностью и 3-я – с высокой потребностью. Розу, гвоздику, а также томаты и огурцы, относят к 3-й группе. G. Göhler и M. Drews к этой группе растений относят и хризантему. Поэтому перечисленные овощные и цветочные культуры могут хорошо сочетаться в культуреобороте.

Всякий новый субстрат и технология выращивания требуют время на их освоение, которое сначала лучше проводить в малых масштабах. Например, анализируя 10-летний опыт выращивания томатов и огурцов на разных субстратах в Швеции G. Larsson [51] отмечает, что их выращивание в течение 5 лет с использованием верхового торфа в качестве субстрата (по методу Пуустярви) было недостаточно успешным. Среди допущенных фермерами ошибок он называет большой объём торфа, выделяемый на 1 растение (70–80 л для огурца и 40 л для томата), высокие дозы удобрений под основную заправку, недостаточные знания по применению микроэлементов, избыточный полив, который приводил к недостатку кислорода и вызывал загнивание корней, развитие ряда грибных болезней. С учётом приобретённого опыта автор рекомендует располагать грядки на пленке или бетоне с добавлением торфа из расчета 20 л/растение огурца и 15 л/растение томата, а удобрения вносить с поливной водой, через систему капельного полива, что обеспечивает хорошую аэрацию в течение всего периода вегетации. При этом влажность должна быть такой, чтобы при сжатии торфа, взятого снизу, нельзя было выдавить влагу руками, но при полном солнечном освещении и вентиляции сразу после полива влажность должна быть такой, чтобы влагу можно было выдавить из торфа, взятого со дна.

G. Larsson [51] также пишет, что в связи с первыми неудачами выращивания на торфе по методу Пуустярви, некоторые фермеры Швеции начали переходить на выращивание томатов и огурцов на минеральной вате. В первый год они получали по 50 кг/м² огурцов. Воздухоёмкость субстрата равнялась 97 % и не изменялась в течение длительного времени, однако со временем рН повышалось, и после 2–3 лет использования встала проблема замены матов, которые были весьма дорогими.

Минеральная вата (rock wool) была открыта и изучена в качестве субстрата в Дании в 1968 г., на датском рынке она и появилась в 1970 г. под названием Гродан [28]. Она готовится расплавлением 60 % массы диабазы и 20 % известняка после добавления 20 % кокса при температуре 1 600 °С. Расплавленное вещество разбрызгивается на нити 0,005 мм, и эти нити прессуют в маты с плотностью около 70 кг/м³ [85]. Минеральная вата инертна, характеризуется высокой пористостью и водопогложительной способностью. Этот субстрат использовался в основном при выращивании овощных культур методом малообъёмной гидропоники. Изучение водно-воздушных свойств слоёв минеральной ваты разной толщины [29] показало, что лучшим показателем содержания воды и воздуха для роста растений соответствуют маты толщиной 7,5 см: при общей пористости 96 % на долю воздуха приходилось 18 % по объёму, а на долю удерживаемой воды – 78 %. У матов толщиной 10 и 15 см эти показатели равнялись соответственно 22, 74 % и 42, 54 %. Рост растений уменьшался при плотности Гродана 85 кг/м³ по сравнению с 70 кг/м³ в расчёте на сухое вещество.

В одном из тепличных комбинатов Московской области (совхоз «Марфино») в сотрудничестве и на оборудовании датской фирмы «Клаухан» была внедрена технология выращивания томатов методом малообъёмной гидропоники при капельном поливе, где в качестве наполнителя использовался либо торф, либо минеральная вата [13]. Торф использовали из расчёта 7 л/растение; ежегодно делалась подсыпка свежего торфа, заправленного удобрениями, и его пропаривание на грядах шатровым способом. Однако предпочтение отдавалось минеральной вате (6 га против 1,5 га на торфе). Средняя урожайность томатов в этом хозяйстве в 1997 г. составила 24,4 кг/м² [6].

В Дании Гродан был с успехом испытан при выращивании таких цветочных культур как роза, хризантема, цимбидиум, а также при укоренении черенков этих и других цветочных культур (пуансетия, колокольчик, пассифлора, пеларгония). Блоки и маты из Гродана хорошо зарекомендовали себя и при выращивании маточных растений хризантемы, бегонии, пуансетии, каланхоэ. Гранулированный Гродан хорош в

смеси с торфом при выращивании горшечных растений. Гродан очень перспективен для хризантем. Посадка 4-недельных растений в мини-блоках в теплице после укоренения позволяет получать 5–6 урожаев за год с одной и той же площади, тогда как при обычной культуре получают 3,5 урожая в год.

В Голландии, также, как и в Дании, минеральную вату начали изучать с 1970 г., а первая теплица площадью 400 м² для выращивания растений на этом субстрате была построена в 1975 г. [79]. Анализ результатов выращивания томатов на разных субстратах в Голландии, показал, что в среднем по 7 опытам на минеральной вате урожай томатов равнялся 17,5 кг/м², в 7 опытах при выращивании в торфяных мешках – в среднем 16,3 кг/м², а при выращивании в почве в среднем по 21 опыту – 14,6 кг/м². В этой стране разработаны питательные растворы для разных цветочных культур, выращиваемых на Гродане. Например, для герберы, которая хлорозирует на нейтральных и слабощелочных почвах, рекомендуется более высокая доля в питательном растворе аммония, железа и марганца, и меньшая концентрация фосфатов, чем для роз и гвоздики [79]. К 1995 г. большую часть плодовых овощей и некоторые цветочные культуры в Голландии выращивали уже на беспочвенных субстратах.

В опытах, проведённых с гвоздикой в Финляндии [48], минеральную вату слоем 7,5 см сравнивали с верховым торфом при использовании разных форм азотных удобрений. Гвоздику сорта 'Лена' высаживали при густоте 44 шт./м². Питательный раствор, содержащий N 100, P 24, K 100, Ca 71, Mg 14 мг/л и необходимые микроэлементы подавался с учётом солнечной радиации. В качестве азотных удобрений в варианте А использовалась кальциевая и калийная селитры, а в варианте В – мочевина и аммиачная селитра. Результаты этих опытов приведены в таблице 5.

Таблица 5

Влияние субстрата и питательных растворов на продуктивность гвоздики сорта 'Лена' за 10 месяцев вегетации (по данным [48])

Показатели	Гродан		Торф
	А	В	А
Количество цветов, шт./растение	4,3	6,8	7,1
Сырой вес 1 цветка, г	19,2	20,3	21,5
% цветов 1 сорта	68	59	69
Сырой вес всего, г/растение	356	451	510

Примечание: А – источником азота в растворе были калиевая и кальциевая селитра; В – мочевина и аммиачная селитра.

Кальциевая селитра является физиологически щелочным удобрением, что отрицательно сказалось при выращивании гвоздики на минеральной вате, которая не содержит бактерий, превращающих амидную и аммиачную форму азота в нитратную, что сопровождается подкислением раствора и имеет место в верховом торфе. Верховой торф содержит до 1,5–1,6 % азота в органической форме. По мере разложения торфа среда обогащается аммонийным азотом, который при нитрификации подкисляет и без того кислую среду. Мочевину и аммиачную селитру можно считать физиологически нейтральными удобрениями. В современных технологиях выращивания растений на минеральной вате поддержание необходимого рН питательного раствора и связанной с рН доступности ряда микроэлементов осуществляется с помощью азотной и фосфорной кислот.

В Испании, которая имеет самую большую площадь теплиц в Европе (113 667 акров или 46 035 га) и является крупнейшим импортёром томатов на мировой рынок, на долю беспочвенных субстратов к 2012 г. приходилось около 1 600 га [32]. Среди беспочвенных субстратов минеральная вата в 2009 г. занимала около 50 % площади теплиц [43]. В этой стране продолжают исследования по выращиванию тепличных культур на разных марках минеральной ваты. Однако основным субстратом для выращивания тепличных культур в крупнейшем регионе Испании Альмерии (около 90 % площади теплиц) является естественная почва, на которую наслаивают 25 см свежей почвы, затем 2,5 см навоза и сверху 10 см песчанистого гравия. Такой субстрат используется несколько лет без поражения болезнями и без фумигации [32].

К настоящему времени проведено довольно много исследований по выращиванию и размножению растений на минеральной вате и разработаны стандарты качества матов и блоков этого материала [29]. Система питательных растворов при выращивании тепличных культур на минеральной вате также постепенно совершенствовалась в разных странах.

При многих достоинствах минеральной ваты её доля в тепличных хозяйствах еще не столь высока из-за высоких цен этого субстрата и короткого срока её использования. Например, 1 гофрообразный однослойный мат минеральной ваты для цветочных культур российского производства от фирмы Flora размером 1 000 × 200 × 75 мм (0,2 м²) со сроком службы 2 года в розничной продаже стоит 85 руб./шт. или 420 руб./м² без затрат на доставку [14]. Такой субстрат может себя оправдать при прочих оптимальных условиях для роста растений, обеспечивающих получение высоких урожаев. Цена 150-литрового мешка торфяного питательного субстрата весом 35 кг от торфопредприятия Пельгорское предлагается

в рознице за 599 руб./шт., а 50-литровый мешок нейтрального торфа «Мечта Ботаника» весом 19,5 кг – за 208 руб./шт., оптовые цены при больших партиях закупки могут быть на 20 % ниже.

Согласно анализу использования разных субстратов в тепличных хозяйствах Европейского Союза, включая домашнее садоводство, ежегодное их потребление к 2012 г. составляло 40 млн. м³ [36]. Потребление минеральной ваты, перлита и торфа в промышленном садоводстве достигало соответственно 0,90, 0,15 и 11,9 млн. м³ при среднем расходе более 100 м³/га минеральной ваты и 200–250 м³/га перлита. Общая площадь теплиц с минеральной ватой и перлитом составила соответственно около 9,0 и 0,6–0,7 тыс. га. В 2006 г. общая площадь стеклянных теплиц в Европе равнялась 28 922 га, а пленочных и крупногабаритных тоннелей 171 500 га [12]. Анализ рынка субстратов для малообъемной гидропонике, используемых в тепличных хозяйствах разных стран на конец 2000 г., выполненный фирмой ‘GRODANIA’ A/S (Rock wool Grodan Group) Denmark, показал, что в странах Западной и Восточной Европы площадь теплиц с капельным поливом, где в качестве субстрата используется минеральная вата, составляла соответственно около 900 и 810 га [21].

Проблемой использования различных наполнителей в гидропонике является то, что со временем в них накапливается органическое вещество корневых остатков и возбудители болезней, а на их поверхности откладываются малорастворимые соли фосфатов [1]. Часть продуктов разложения корневых остатков является токсичными веществами, среди которых имеются очень стойкие к разложению [19]. Поэтому все эти наполнители требуют регенерации и обеззараживания. При использовании свежего щебня и щебня после 7–10 лет использования, регенерированного хлорной водой, получали практически одинаковый урожай томатов на гидропонике, однако урожай огурцов и после такой обработки снижался соответственно на 5 и 6 % из-за аллелопатического загрязнения и засоления щебня [1]. Такие же токсичные вещества со временем накапливаются при монокультуре и в органоминеральных почвах. Как отмечают исследователи [5], в промышленной агрегатопонике при выращивании растений на гранулированных субстратах с малой удельной поверхностью, эту проблему удаётся решить с помощью кислотно-щелочной регенерации или длительного парования. Однако более предпочтительным они считают разовое использование таких субстратов с последующим их применением в качестве мелиоранта природных почв. В Китае минеральную вату в качестве субстрата в зависимости от общей гигиены и наличия в ней патогенов используют от 1 до 3 лет [85]. С целью повторного использования минеральной ваты изучали методы устранения или подавления в ней Питиума (*Pythium*

aphanidermatum). Использованную минеральную вату с заражёнными корнями разрезали на куски и смешивали с компостом в соотношении 1 : 1 или 1 : 3. В таком же соотношении её смешивали с неразложившимся навозом или с листьями и компостировали 6 недель. Смешивание с готовым компостом подавляло, но не устраняло развитие Питиума, тогда как при компостировании минеральной ваты с неразложившимся навозом или с листьями возбудитель погибал, когда температуре внутри кучи компоста была выше 57 °С по крайней мере в течение 7 дней [85].

Наряду с выращиванием растений на почвенных и беспочвенных субстратах изучаются и уже используются безсубстратные системы. Это выращивание по методу NFT (nutrient film technics) на циркулирующем питательном растворе, предложенному А. Соорер, при котором по желобу с растениями питательный раствор протекает тонким слоем. А также система выращивания растений в глубоком питательном потоке – метод DWC (a deep water culture), известный также как метод плота (raft method): где раствор циркулирует по длинным каналам глубиной около 20 см; корневая система, вставленных в отверстия растений (например, салата) или укоренённых черенков, свисает в раствор, а верхушка растений поддерживается сетчатым горшком.

При сравнении 3 систем выращивания хризантемы (на минеральной вате, в почвенной культуре на бетонном полу и в проточном питательном растворе) с экономической точки зрения NFT-система оказалось наилучшей. Выращивание на минеральной вате было гораздо более затратным, чем 2 другие системы. NFT система обеспечивала на 24 % большую продуктивность, а вместе с отдельной теплицей для размножения позволяла увеличить производство на 39 % по сравнению с почвенной культурой, устройство бетонного пола для которой не оправдало высоких затрат. Однако из-за низкой буферности NFT системы в случае отключения работы насосов и необходимости дублирования их и дублирования источников электроэнергии, она не получила такого распространения как минеральная вата. Выращивание роз и хризантемы на циркулирующем питательном растворе позволяет существенно экономить энергию в расчёте на единицу продукции, за счёт возможности подогрева зоны корней в холодное время года [26, 53]. В опытах, проведённых в Голландии, отмечено хорошее качество черенков хризантемы при их выращивании по методу DWC; аэрация водного потока повышала продуктивность растений на 10 % [39].

Как отмечает J. C. C. Welleman [99] многие фермеры в Голландии, которые выращивали растения на циркулирующем питательном растворе (NFT), столкнулись с проблемой быстрого распространения в этой системе таких болезней как Питиум, Фузариум и Фитофтора.

Поэтому от этой системы фермеры начали отказываться. Автор считает, что эта система, возможно, найдёт применение, когда будут найдены дешёвые источники обезвреживания циркулирующего раствора от возбудителей болезней и веществ, ингибирующих рост растений. Эти вещества являются как продуктами корневых выделений и разложения корней, так и средствами защиты растений, попадающими в раствор. Анализ исследований, проведённых в последующие годы по этому вопросу в Голландии [75], показал, что дезинфекция питательного раствора является надёжным, но дорогостоящим методом, требующим больших инвестиций. Однако в зонах с ограниченными возможностями в обеспечении тепличных хозяйств качественной по химическому составу водой её следует использовать в замкнутом цикле как можно дольше. Это соответствует и требованиям Европейского законодательства (Water Framework Directive) по снижению потерь с дренажным стоком азота, фосфора и средств защиты растений [76]. Для крупных тепличных хозяйств с площадью более 2 га лучшим выбором будет нагрев питательного раствора или его ультрафиолетовое облучение [74]. Для небольших хозяйств площадью менее 1 га лучшим выбором является медленная фильтрация раствора через песок. Озонирование и мембранная фильтрация также дают хороший эффект, но они достаточно дороги.

Проведённый обзор публикаций даёт представление о разнообразии возможностей и особенностях возделывания цветочно-декоративных и сопутствующих овощных культур в теплицах с использованием оптимизированных почвенных и беспочвенных субстратов, а также безсубстратных систем. Он показывает, что хорошую продуктивность возделываемых тепличных культур можно получать на разных субстратах, как на чистой почве, верховом торфе, туфе или минеральной вате, так и на смеси разных органических и минеральных компонентов, с учётом особенностей того или иного субстрата и выращиваемого растения, при оптимальных показателях водно-воздушного режима и правильной системе минерального питания. Все эти показатели можно отрегулировать для каждой конкретной культуры и способа её выращивания. Вопросы обеззараживания разных субстратов и повторного их использования требуют отдельного более детального рассмотрения.

Библиографический список

1. Алиев Э.А., Новиков В.К., Кадыш А.Г., Мартыненко В.Д. Химический способ регенерации щебня в гидропонике хлорной водой // *Агрехимия*. – 1977. – № 3. – С. 106-110. – ISSN: 0002-1881.
2. Бояркина И.А. Минеральное питание роз. – М.: Министерство ЖКХ РСФСР. ЦБНТИ, 1986. – 51 с.

3. Воронцов В.В., Лях В.М., Катаева Н.В. Гербера. – М.: «Агропромиздат», 1986. – 110 с.
4. Десятов Г. Культура роз на срезку под стеклом // Цветоводство. – 1964. – № 2. – С. 28-31. – ISSN: 0041-4905.
5. Ермаков Е.И., Удалова О.Р. Влияние изменения свойств органоминеральной корнеобитаемой среды на продуктивность растений томата в регулируемой агроэкосистеме // Гавриш. – 1997. – № 5. – С. 13-17. – ISSN: 2074-0468.
6. Итоги работы тепличных комбинатов Московской области за 1997 год // Гавриш. – 1998. – № 3. – С. 32-34. – ISSN: 2074-0468.
7. Лебедева Е.В., Баранова И.В. Розы на искусственном субстрате // Цветоводство. – 1962. – № 4. – С. 3-4. – ISSN: 0041-4905.
8. Логинов В. Субстрат для роз // Цветоводство. – 1969. – № 2. – С. 10. – ISSN: 0041-4905.
9. Лях В.М. Удобрение тепличных роз // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК, 1994. – Вып. 38. – С. 77-88. – ISSN: 2225-3068.
10. Лях В.М. Использование субстратов с отходами древесины для выращивания декоративных растений // Гавриш. – 1998. – № 2. – С. 15-19. – ISSN: 2074-0468.
11. Лях В.М. Особенности минерального питания декоративных растений, выращиваемых на отходах древесины // Гавриш. – 1999. – № 1. – С. 28-31. – ISSN: 2074-0468.
12. Мамедов М.И. Структура и площади защищенного грунта в мире и глобальная тепличная технология: будущее производства продуктов питания // Овощи России (ВНИИССОК) – 2015. – № 3-4 (28-29). – С. 64-69. – ISSN: 2072-9146.
13. Месяц А.А. Особенности питания растений томата при выращивании способом малообъёмной гидропоники // Гавриш. – 1997. – № 3. – С. 10-12. – ISSN: 2074-0468.
14. Минераловатный гидропонный субстрат для растений, теплиц и рассады от производителя IZOVOL AGRO [Электронный ресурс] // Сайт IZOVOL AGRO. – <http://www.izovolagro.ru>. [дата обращения 13.03.2018].
15. Морозова Г.М. Розы круглый год // Цветоводство. – 1976. – № 2. – С. 6-7. – ISSN: 0041-4905.
16. Ноллендорф В.Ф. О вреде избытка Mn для роз // Цветоводство. – 1976. – № 3. – С. 9. – ISSN: 0041-4905.
17. Ноллендорф В.Ф. Торф как питательный субстрат для тепличных культур. – Рига: «Зиннатне», 1983. – 151 с.
18. Пуустярви В. Растительный торф и его применение / перевод с финского В.П. Калининна № Ц-38143; Всесоюзный центр переводов научно-технической литературы. – М., 1975. – 309 с.
19. Русакова Г. Керамзит на гидропонике // Цветоводство. – 1969. – № 5. – С. 8. – ISSN: 0041-4905.
20. Рындин А.В., Лях В.М. Хранение и продление жизни срезанных цветов роз и других цветочных культур // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2016. – Вып. 58. – С. 145-161. – ISSN: 2225-3068.
21. Рынок субстратов для малообъёмной гидропоники, используемых в тепличном овощеводстве на конец 2000 года // Гавриш. – 2001. – № 1. – С. 11-12. – ISSN: 2074-0468.
22. Устройство для выращивания растений: Авторское свидетельство № 128782; по заявке № 4294245/30-15 от 26.04.1988; зарегистрировано Госком СССР по делам изобретений и открытий / Бушин П.М., Ефимченко В.И., Беседина Т.Д. – 1988.
23. Шамин А.А., Бобнева Л.И., Колчина О.Н. Биохимические и микробиологические процессы при компостировании еловой коры // Агрохимия. – 1977. – № 7. – С. 97-103. – ISSN: 0002-1881.
24. Яковлева Н.Н. Выращивание цветочных культур на цеолитовых субстратах // Гавриш. – 2000. – № 1. – С. 25-26. – ISSN: 2074-0468.

25. Alisson F.E., Cover R.J. Rates of decomposition of shortleaf pine sawdust in soil fit various levels nitrogen and lime // *Soil Science*. – 1960. – Vol. 89. – № 4. – P. 194-201. – ISSN: 0038-075X.
26. Barbosa J.G., Barbosa M.S., Almeida D.B., Sá P.G., Finger F.L., Martinez H.E.P., Grossi J.A.S. Production and postharvest quality of chrysanthemum flowers grow in hydroponic system under different N:K ratio // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2015. – № 1060. – P. 281-287. – doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1060.42
27. Bik A.R. Nitrogen, salinity, substrates and growth of gloxinia and chrysanthemum. – Holland, Wageningen, 1970. – P. 1-89.
28. Blaabjerg J. Physical and chemical compositions of the inactive growing medium Grodan and its fields of application and extension // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1983. – № 133. – P. 53-58. – ISSN: 0567-7572.
29. Blok C., van den Berg C.C., van Winkel A. Developing quality standards for physical properties of mineral wool plugs // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2014. – № 1034. – P. 327-334. – doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1034.40
30. Bugbee G.J., Frink C.P. Aeration of potting media and plant growth // *Soil Science*. – 1986. – Vol. 141. – № 6. – P. 438-441. – ISSN: 0038-075X.
31. Bunt A.C. Physical properties of mixtures of peat and minerals of different particles size and bulk density for potting substrates // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1984. – № 150. – P. 143-153. – ISSN: 0567-7572.
32. Cantliffe D.J., Vansickle J.J. Competitiveness of the Spanish and Dutch Greenhouse Industries with the Florida Fresh Vegetable Industry1 (2001) [Электронный ресурс] / Original publication date May 2003. Revised July 2009. Reviewed August 2012. University of Florida. – URL: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201700008326> [дата обращения 13.03.2018].
33. Caron J., Pepin S., Périard Y. Physics of growing media in a green future // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2014. – № 1034. – P. 309-317. – doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1034.38
34. Cotter D., Gomez R. Conifer bark as potting medium or as a peat substitute in pot chrysanthemum culture // *Agriculture exper. Stat. Research Report*. – 1978. – Vol. 355. – P. 1-4.
35. Dasberg S., Feigin A. The effect of irrigation, fertilization and organic matter on roses grown in four soils in the greenhouse // *Scientia Horticulturae*. – 1978. – Vol. 9. – № 2. – P. 181-188. – ISSN: 0304-4238.
36. Diara C., Incrocci L., Pardossia A., Minuto A. Reusing greenhouse growing media // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2012. – № 927. – P. 793-800. – doi: 10.17660/ActaHortic.2012.927.98
37. Dinç U., Gezerel Ö., Cevic F., Kaşka N. Preliminary study on the effect of volcanic ash for early production, yield and quality of tomato's // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1984. – № 150. – P. 277-282. – ISSN: 0567-7572.
38. Ercan N., Bayyurt R. The effect of application which increase the O₂ of the water on yield and quality of lettuce growing in a floating system // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2014. – № 1034. – P. 77-84. – doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1034.8
39. Eveleens B., Blok C. Cultivation of chrysanthemum without substrate // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2014. – № 1034. – P. 185-191. – doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1034.22
40. Feigin A., Dasberg S., Singer Z. Rose culture in scoria // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1980. – № 99. – P. 131-138. – ISSN: 0567-7572.
41. Fisher P.R., Dickson R.W., Mohammad-Pour G.S., Huang J. Effect of solution electrical conductivity (EC) on pre-plant nutrient form on the pH of peat-perlite substrate // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2014. – № 1034. – P. 249-254. – doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1034.30

42. Flannery R.J., Lieth J.H. Effect of plant oxygen deprivation in relation to water and nitrate uptake for rose // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2008. – № 766. – P. 53-58. – doi: 10.17660/ActaHortic.2008.766.4
43. Franco J.L., Rodríguez N., Díaz M., Camacho F. Evaluation of different rockwool fibers for tomato grown under greenhouse conditions in Almeria: effect on production and quality // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2009. – № 843 – P. 359-366. – doi: 10.17660/ActaHortic.2009.843.48
44. Hirai M.F., Chanyasak V., Kubota H. Standard measurement for compost maturity // *BioCycle*. – 1983. – Vol. 26. – № 4. – P. 44-49.
45. Hoitink H.A.J., Herr L.J., Schmitthenner A.F. Survival of some plant pathogens during composting of hardwood tree bark // *Phytopathology*. – 1976. – Vol. 66. – № 11. – P. 1369-1372. – ISSN: 0031-949X.
46. Hoitink H.A.J., Poole H.A. Factors affecting quality of compost for utilization in container media // *The International Plant Propagation Society*. – 1979. – Vol. 29 – P. 495-504.
47. Jorba J., Trillas M.I. Rapid bioassay to control maturity in pine dark compost // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1984. – № 150. – P. 67-74. – ISSN: 0567-7572.
48. Kaukovirta E. Growth and quality of carnations grown on mineral wool // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1980. – № 99 – P. 139-146. – ISSN: 0567-7572.
49. Kazaz S., Yilmaz S., Askin M.A. Effects of zeolite-peat mixtures on yield and quality parameters of carnation grown in soilless culture // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2010. – № 883. – P. 409-414. – doi: 10.17660/ActaHortic.2010.883.51
50. Klougart A. Substrates and nutrient flow // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1984. – № 150 – P. 297-309. – ISSN: 0567-7572.
51. Larsson G. Experiences of growing cucumbers and tomatoes in peat in Sweden during last 10 years // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1980. – № 99. – P. 39-46. – ISSN: 0567-7572.
52. Morgan J.V., Moustafa A.T., Groome N. A technique for production of spray chrysanthemum in a hydroponics system on raised bench // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1982. – № 125 – P. 79-86. – ISSN: 0567-7572.
53. Moss G.J. Root-zone warming of greenhouse tomatoes in nutrient film, as means of reducing heating requirements // *Journal of Horticultural Science*. – 1983. – Vol. 58. – № 1. – P. 103-109. – doi: 10.1080/00221589.1983.11515096
54. Nichols D.G. The effect of *Pinus radiata* bark toxicity on early growth of plants in containers // *Scientia Horticulturae*. – 1981. – Vol. 15. – № 3. – P. 291-298. – ISSN: 0304-4238.
55. Nichols M.A., Savidov N.A. Evaluation of greenhouse substrates containing zeolite // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2009. – № 843. – P. 297-302. – doi: 10.17660/ActaHortic.2009.843.39
56. Nichols M.A., Savidov N.A. Aquaponics: a nutrient and water efficient production system // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2012. – № 947. – P. 129-132. – doi: 10.17660/ActaHortic.2012.947.14
57. Nir I. Growing plants in aeroponic growth systems // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1980. – № 99. – P. 147-148. – ISSN: 0567-7572.
58. Pasquier P., Anstett A., Amiraux A. Effect of the rooting substrate on rooting growth and flowering *Chrysanthemum morifolium* Ramat // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1982. – № 125. – P. 37-46. – ISSN: 0567-7572.
59. Peterson J.B. Relation of soil air to roots as factors in plant growth // *Soil Science*. – 1950. – Vol. 70. – № 3. – P. 175-185. – ISSN: 0038-075X.
60. Plaut Z., Zieslin N. Productivity of greenhouse roses following changes in soil moisture and soil air regimes // *Scientia Horticulturae*. – 1974. – Vol. 2. – P. 137-134. – ISSN: 0304-4238.
61. Pokorny F.F. Pine bark container media – an overview // *The International Plant Propagation Society*. – 1979. – Vol. 29 – P. 484-495.

62. Post K., Howland J. The influence of various soil amendments materials on the growth and production of greenhouse roses // *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* – 1946. – Vol. 47. – P. 465-468. – ISSN: 0003-1062.
63. Prasad M. Evaluation of woodwastes as a substrate for ornamental crops watered by capillary and drip irrigation // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1980. – № 99. – P. 93-104. – ISSN: 0567-7572.
64. Pudelski T. Common beech bark compost as growing medium and soil improver in growing vegetables under protection // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1980. – № 99. – P. 105-112. – ISSN: 0567-7572.
65. Raviv M. Substrate's end-of-life: environmental and horticultural considerations // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2016. – № 1112. – P. 281-290. – doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1112.38
66. Revier M., Milhau C. The use of wood waste compost in the making of substrates for container crops // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1984. – № 150. – P. 475-489. – ISSN: 0567-7572.
67. Reyes J.L., Montoya R., Ledesma C., Ramírez R. Development of an aeroponic system for vegetable production // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2012. – № 947. – P. 153-156. – doi: 10.17660/ActaHortic.2012.947.18
68. Sant M.D., Selmer-Olsen A.R., Gislerod H.R., Solbrae K. The effect of N-fertilization on the growth of *Chrysanthemum* 'White horim' in bark compost and peat // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1984. – № 150. – P. 371-381. – ISSN: 0567-7572.
69. Solbrae K., Sant M.D., Selmer-Olsen A.R., Gislerod H.R. Composting soft and hardwood barks. // *BioCycle*. – 1983. – Vol. 24. – № 4. – P. 44-49.
70. Still S.M., Durr V.F., Gartner J.B. Phytotoxic effects of several bark extracts on Vbng bean and cucumber growth // *Journ. of the American Society for Horticultural Science* – 1976. – Vol. 101. – № 1. – P. 34-37. – ISSN: 0003-1062.
71. Teicher K., Guster R., Fisher P. Nitrogen dynamics in bark compost dependent on production methods. II. Pot trials with ryegrass and spray carnation // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1984. – № 150. – P. 185-192. – ISSN: 0567-7572.
72. Tshuhida H., Azumo J., Ishida N., Nanjo I., Miuno S. Changes in phytotoxic components of sawdust barkyard manure during its rotting process // *Sci. Rept. Fac. Agr. Kobe Univ.* – 1984. – Vol. 16. – № 1. – P. 277-290.
73. Vandecasteele B., Willekens K., Du Laing G., Van Waes J., Tack F.M.G. Designer compost: Fact or fantasy? A case study on compost rich in lignin and low in phosphorus // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2014. – № 1018. – P. 683-692. – doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1018.76
74. Vanden Nest T., Vandecasteele B., Ruyschaert G., Cougnon M., Baken S., Smolders E., Houot S., Reheul D., Merckx R. Long-term application of compost versus other organic fertilizers: effects on phosphorus leaching // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2016. – № 1146. – P. 213-220. – doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1146.28
75. Van Os E.A. Comparison of some chemical and non-chemical treatments of disinfect a recirculating nutrient solution // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2009. – № 843 – P. 229-234. – doi: 10.17660/ActaHortic.2009.843.29
76. Van Os E.A., Van Der Maas A.A., Meijer R.J.M., Khodabaks M.R., Blok C., Enthoven N.L.M. Advanced oxidation to eliminate growth inhibition and degrade plant protection products in regulating nutrient solution in rose cultivation // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 2012. – № 927. – P. 941-947. – doi: 10.17660/ActaHortic.2012.927.116
77. Verdnoock O. New developments in the use of graded perlite in horticultural substrates // *Acta Horticulturae (ISHS)*. – 1984. – № 150. – P. 575-581. – ISSN: 0567-7572.
78. Walls I. Roses under protection // *Modern greenhouse methods flowers and plants /*

- Ministry Agriculture, Fisheries and Food (MAFF). – London. – 1982. – P. 1-218.
79. Welleman J.C.C. Successful growing on Grodan rockwool in the Netherland // *Acta Horticulturae* (ISHS). – 1984. – № 150. – P. 583-588. – ISSN: 0567-7572.
80. White J.W., Richter D. Supplementary fluorescent lighting and low moisture stress improve growth of greenhouse roses // *Journ. of the American Society for Horticultural Science*. – 1973. – Vol. 98. – № 6. – P. 605-607. – ISSN: 0003-1062.
81. Wilson G.C.S. The physico-chemical and physical properties of horticultural substrates // *Acta Horticulturae* (ISHS). – 1984. – № 150. – P. 19-32. – ISSN: 0567-7572.
82. Wilson G.C.S. Use of vermiculite as a growth medium for tomato // *Acta Horticulturae* (ISHS). – 1984. – № 150. – P. 283-288. – ISSN: 0567-7572.
83. Worrall R. Composting wood wastes for potting mixes // *Horticultural Science* – 1985. – Vol. 83. – № 10. – P. 34-37. – ISSN: 0862-867X.
84. Yates N.L., Rogers M.N. Effect of time, temperature and nitrogen source on the composting of hardwood bark for use as a plant growing media // *Journ. of the American Society for Horticultural Science*. – 1981. – Vol. 106. – № 5 – P. 589-593. – ISSN: 0003-1062.
85. Zheng Y., Dombrowsky M., Dixon M. The use of compost or composting process to suppress *Pythium aphanidermatum* in used rockwool // *Acta Horticulturae* (ISHS). – 2009. – № 843. – P. 327-332. – doi: 10.17660/ActaHortic.2009.843.43
86. Zieslin N., Mor Y. A comparison of various grown media for container grown greenhouse roses // *Gartenbauwissenschaft*. – 1983. – Vol. 48. – № 1. – S. 37-40. – ISSN: 0016-478X.

SUBSTRATES FOR GROWING FLOWER AND OTHER GREENHOUSE CROPS (OVERVIEW)

Ryndin A. V., Lyakh V. M., Kozlova N. V.

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops”,
c. Sochi, Russia, e-mail: subplod@mail.ru*

The review paper provides an analysis of foreign and domestic publications for the period 1940–2016, which is devoted to the study of various substrates within growing flower-ornamental and vegetable crops in greenhouse and used in cultural turnover. A separate part of the review is devoted to the research on optimizing substrates for roses (as the main cut culture in Russia), using different types of soils, peat, manure, sand, volcanic tuff, etc. For the crops with a short growing cycle (chrysanthemum, carnation, gerbera, etc.) the main attention, along with the soil substrates, is given to groundless organic and mineral substrates – peat and mineral wool; the last has been used more and more widely in the world for the recent years. Some modern non-substrate systems are discussed: on the circulating nutrient solution by the NFT method (nutrient film technics); in the deep nutrient stream by the DWC method (a deep water culture) or the raft method. The advantages and disadvantages of using such systems, various substrates and fillers of hydroponic systems are indicated.

Key words: greenhouse substrates, peat, manure, volcanic tuff, wood waste, mineral wool, flower crops, rose, chrysanthemum, carnation.