

УДК 635.52:631.8

## ВЫРАЩИВАНИЕ САЛАТА ЛИСТОВОГО НА СМЕСЯХ ЦЕОЛИТНОГО СУБСТРАТА С БЕСПЛОДНЫМИ И ПИТАТЕЛЬНЫМИ ГРУНТАМИ

© 2021 г. В. С. Солдатов<sup>1,\*</sup>, А. П. Езубец<sup>1</sup>, О. В. Ионова<sup>1</sup>, С. Ю. Косандрович<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси  
220072 Минск, ул. Сурганова, 13, Республика Беларусь

\*E-mail: soldatov@ifoch.bas-net.by

Поступила в редакцию 17.06.2020 г.

После доработки 24.08.2020 г.

Принята к публикации 10.11.2020 г.

В вазонных лабораторных экспериментах изучено влияние гранулометрического состава цеолитного субстрата Цион® и его содержания в различных бесплодных и удобренных грунтах на рост салата листового *Lactuca sativa* L. сорта Афицион. Установлено, что размер частиц субстрата сильно влиял на плодородие с оптимумом в интервале 0.7–3.0 мм. В качестве грунтов, к которым добавляли Цион, использовали нейтрализованный верховой торф, коммерческий питательный торфогрунт, песок и природный суглинок. При внесении в грунты малых добавок Циона (1–5 г/растение) во всех случаях наблюдали увеличение сырой биомассы растений на ~2 г биомассы/г добавленного субстрата, независимо от вида субстрата, наличия в нем NPK-удобрений и количества основного грунта. Максимальный урожай получили на субстрате Цион с небольшой добавкой бесплодного нейтрализованного верхового торфа (~10% об.), что объясняется улучшением водно-воздушных свойств питательной среды.

*Ключевые слова:* цеолитный субстрат, листовой салат, питательные добавки к почвам.

**DOI:** 10.31857/S0002188121020113

### ВВЕДЕНИЕ

В литературе имеется большое количество публикаций, в которых описано положительное влияние добавки природных цеолитов к почвам на их плодородие. Это связано с улучшением агрофизических свойств почв и наличием в цеолитовых туфах некоторого количества калия в ионообменном состоянии, а также отдельных микроэлементов, содержащихся в сопутствующих минералах (обычно 20–50%). В состав последних входят кальциты и доломит – стабилизаторы pH почвы и источники кальция и магния. Однако сами они не пригодны для выращивания растений, т.к. не содержат всех необходимых питательных элементов.

В середине прошлого века начались исследования по получению и применению полноценных питательных сред на основе химически модифицированных цеолитов. Группой болгарских ученых [1] было показано, что природный клиноптилолитовый туф, насыщенный в определенных пропорциях ионами питательных элементов и гидрофилизированный гидрогелем полиакри-

ламида можно использовать как полноценную питательную среду для выращивания растений. Исследования в этой области, имевшие частичный успех, были выполнены в рамках программ NASA [2–4]. Добавление цеолитных смесей, насыщенных ионами питательных элементов к почве или некоторым бесплодным грунтам (песок, вермикулит, торф), обычно вызывало значительное улучшение роста растений [5–10]. Из этих работ также следует, что природные цеолитовые туфы могут сильно различаться по их влиянию на рост растений, и минералы каждого месторождения должны быть изучены отдельно. В настоящей работе был изучен клиноптилолит Холинского месторождения (Забайкальская группа, Россия).

В наших предыдущих работах [11, 12] было показано, что субстрат, содержащий 98% химически модифицированного клиноптилолита и 2% природных фосфорсодержащих минералов, является полноценной питательной средой для растений. В настоящее время налажено его опытно-промышленное производство, и он нашел значительное применение в выращивании растений в ком-

**Таблица 1.** Содержание обменно-связанных ионов в образце субстрата Цион рН 7.0 и их концентрация в водных вытяжках

Ион	$\text{NH}_4^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$
Содержание в субстрате, по вымыванию 0.3 н. HCl, мэкв/100 г	37	25	1.8	29	<0.01	<0.003	7.6*
Концентрация в вытяжке дистиллированной водой, мэкв/л	4.92	1.50	0.31	0.83	0.16	0	5.98**

\*Концентрация, ммоль/100 г.

\*\*Концентрация, ммоль/л.

натном, садовом и фермерском растениеводстве под названием Цион®.

Цель работы – изучение влияния гранулометрического состава субстрата Цион и его смесей с бесплодным и удобрённым нейтральзованным верховым торфом, коммерческим питательным торфогрунтом, песком и природным суглинком на рост салата сорта Афицион.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Субстрат Цион (Пат. РФ № 2662772 от 16.11.2017 г.) производится в нескольких модификациях, различающихся актуальной кислотностью (рН 5.0–7.5) и номинальным соотношением  $\text{NH}_4^+ : \text{K}^+ = 0.5\text{--}4.0$ . Образец субстрата, полученный от производителя (<http://zion.rus>), имел характеристики, приведенные в табл. 1. Более подробные сведения по этому вопросу сообщали ранее [12].

Гранулометрический состав субстрата Цион, использованного в экспериментах приведен в табл. 2, характеристики водно-воздушных свойств субстрата и его отдельных фракций приведены в табл. 3.

Водно-воздушные свойства субстрата определяли в вазах объемом 500 мл, использованных для выращивания растений. Они характеризовались объемной долей твердого субстрата (в %), суммой капиллярной и гравитационной воды и воздуха при использовании метода, описанного в

**Таблица 2.** Гранулометрический состав исследованного образца промышленного клиноптилолита, использованного для получения субстрата Цион

Фракция частиц, мм	Масса, г	Содержание, масс. %
2–4	184.1	45.99
1.4–2	49.6	12.39
0.7–1.4	84.6	21.13
<0.7	82	20.26

[13]. Принимали, что плотность безводного цеолита равна 2.12 г/см<sup>3</sup>, насыпная масса – 1.10 г/см<sup>3</sup>, максимальное водопоглощение – 0.22 г H<sub>2</sub>O/г цеолита, поглощение воды происходило без увеличения объема частиц.

В наших экспериментах использовали загущенный посев растений, что имитировало возможное применение цеолитных субстратов в мини-оранжереях.

Следующие грунты использовали в качестве компонентов смесей с субстратом Цион: 1 – кварцевый песок с размером частиц 0.5–3.0 мм, отмытый от кислотно-растворимых примесей 5% HCl; 2 – верховой торф Двина, нейтральзованный добавкой доломита, рН 6.5–7.0; 3 – природная дерново-подзолистая пылеватая среднесуглинистая почва, образец взят с территории, не бывшей в сельскохозяйственном использовании; 4 – питательный торфогрунт Флорабел (производитель ООО “Флорабел” Беларусь).

Полив растений производили водопроводной водой, ионный состав которой представлен в табл. 4 вместе с составами водных вытяжек из грунтов.

Растения салата листового *Lactuca sativa* L. сорта Афицион выращивали под лампами ДНБО1–4х9–001 У4.1 “Светодар” при освещенности 5000 лк. Период освещения – 18 ч/сут. Дневная температура – 20–22°C, ночная – 18–20°C. Другие условия выращивания растений приведены в описании каждого конкретного эксперимента.

Растения характеризовались сырой и сухой биомассой надземных и подземных органов, содержанием хлорофилла *a* и нитратов в листьях, параметры определяли с помощью общепринятых методик.

Проводили следующие эксперименты по выращиванию растений салата: 1 – исследование влияния размера частиц субстрата Цион на рост растений на 100%-ном субстрате и его смеси с бесплодным верховым торфом (10% об.). Условия

**Таблица 3.** Объемная доля твердой, водной и воздушной фаз в субстрате, использованном в биологическом эксперименте

Фракция частиц, мм	Твердая фракция	Водная фракция	Воздушная фракция
	%		
2–4	36.6	25.6	37.8
0.7–4	39.4	36.7	23.9
0.7–1.4	40.8	40.0	19.2
<0.7–4	43.7	40.0	16.3

выращивания: трехкратная повторность, вазоны 500 мл, высота 10 см, посевная площадь 64 см<sup>2</sup>. Высевали 9 семян, после появления первых настоящих листьев оставляли 4 растения. Период выращивания – 32 сут; 2 – исследование влияния размера частиц субстрата Цион на рост растений на смеси 90% Цион + 10% бесплодного торфа. Эксперимент проводили по схеме, описанной в пункте 1. Использовали верховой, нейтрализованный добавкой доломита, торфогрунт Двина; 3 – влияние добавок субстрата Цион к питательному торфогрунту Флорабел. Растения выращивали в черных пластиковые вазонах высотой 8 см и посевной площадью 49 см<sup>2</sup>, объем вазона 250 см<sup>3</sup>. В каждый вазон высевали одно пророщенное семя, повторность трехкратная; 4 – влияние внесения малых доз субстрата в различные грунты. Исследовали следующие грунты: нейтрализованный верховой торф, суглинистая почва, не бывшая в сельскохозяйственном использовании, и песок. Опыт проводили в трехкратной повторности. Более подробно эти грунты характеризуются в табл. 4.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Показано, что гранулометрический состав субстрата Цион, использованного в чистом виде или с 10%-ной добавкой бесплодного торфа, сильно влиял на рост растений салата. В полидисперсном субстрате, полученном от произв

ля, содержалось 20.26% “пылевой” фракции с размером частиц <0.7 мм, что приводило к сильному замедлению роста растений. После отсева этой фракции масса растений увеличилась почти в 2 раза. Статистически достоверной оказалось и уменьшение массы растений, полученных на субстрате с размером частиц 2–4 мм, по сравнению с частицами 0.7–2.0 мм. Эти эффекты были слабее выражены при добавлении торфа к цеолитному субстрату. По нашим наблюдениям, большое количество пылевой фракции приводило к образованию вокруг корней плотной глиноподобной массы, затвердевающей или сильно уплотняющейся при подсыхании, что препятствовало массообмену между корнем растения и средой (табл. 5).

Снижение продуктивности цеолитного субстрата, содержащего только частицы относительно крупного размера было связано с двумя факторами: 1 – замедлением процесса поступления ионов питательных веществ в субстратный раствор из-за увеличения длины диффузионного пути ионов в более крупных частицах цеолита и 2 – уменьшением водоудерживающей способности субстрата, что подтверждено данными табл. 3. Также показано, что присутствие пылевой фракции существенно уменьшало долю воздушной фазы в полидисперсном субстрате.

Добавление в цеолитный субстрат 10% бесплодного торфа вызывало резкое увеличение массы растений. Это было связано, вероятно, с увеличением водоудерживающей способности питательной среды и улучшением условий ионного обмена между корнем и частицами цеолита. Увлажненные частицы торфа могут служить ионпроводящими мостиками между ними и корнем растения. В отдельном эксперименте проверили идею о том, что из торфа экстрагируются какие-то вещества, ускоряющие рост растений. Однако оказалось, что полив растений, росших на чистом субстрате или его смеси с песком, водой, находившейся в контакте с нейтрализованным тор-

**Таблица 4.** Состав поливной воды и водных вытяжек из исследованных грунтов

Проба	рН	УЭП, мкСМ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
			м-экв/л							
Вода	7.0	563	0.00	0.00	0.50	1.34	3.19	0.76	0.54	0.18
Песок	7.5	399	0	0	0.026	0.063	0.387	0.007	0.005	0.008
Торф	6.7	443	0.15	0.07	0.47	3.58	1.98	0.85	0.63	0
Почва	7.4	406	0.03	0.04	0.69	1.01	3.34	0.80	0.57	0.16
Флорабел	7.2	881	0.00	0.95	0.41	2.75	6.44	1.87	0.88	5.95

**Таблица 5.** Влияние размера частиц субстрата на характеристики растений салата

Размер частиц, мм	Масса сухая надземная	Масса сухая подземная	Для массы подземной	Хлорофилл в листьях, мг/г	Нитраты в листьях, мг/кг
	%				
Цион					
<0.7–4	1.22 ± 0.02	0.07 ± 0.02	5.4	3.2	53
0.7–4	2.11 ± 0.59	0.37 ± 0.08	14.9	2.7	52
0.7–2	2.95 ± 1.13	0.50 ± 0.09	14.4	2.2	32
2–4	1.66 ± 0.65	0.30 ± 0.07	15.3	2.5	68
Цион 90% (об.) + 10% торф					
<0.7–4	6.35 ± 0.35	0.53 ± 0.03	7.80	2.4	338
0.7–4	9.26 ± 0.68	1.51 ± 0.07	14.0	2.7	415
0.7–2	7.50 ± 1.04	1.44 ± 0.08	16.0	3.0	431
2–4	5.70 ± 0.79	1.03 ± 0.06	15.3	2.4	828

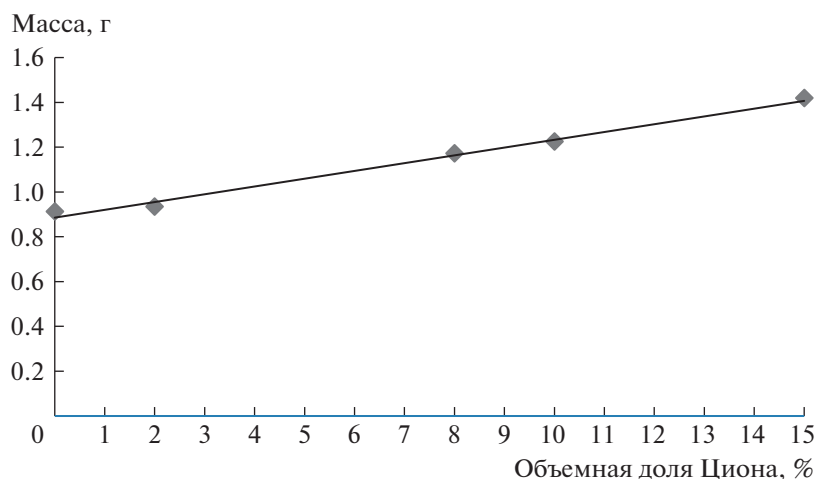
**Таблица 6.** Влияние добавки субстрата Цион к коммерческому питательному торфогрунту Флорабел на характеристики растений салата

Объемный % Циона	Масса сырая	Масса сухая	Хлорофилл в листьях, мг/г (±5%)	Нитраты в листьях, мг/кг (±5%)
	г			
0 (контроль)	11.2 ± 0.3	0.91 ± 0.04	1.92	180
2	12.9 ± 0.3	0.94 ± 0.05	2.70	190
8	18.5 ± 0.7	1.17 ± 0.06	2.58	1000
10	20.3 ± 1.2	1.23 ± 0.09	2.52	1220
15	25.1 ± 1.0	1.42 ± 0.08	2.46	1070

фом в течение 1 сут, вызывал заметное угнетение растений.

Добавка торфа не вызывала заметного изменения содержания хлорофилла в листьях, но приводила к резкому возрастанию содержания нитра-

тов. Появление нитратов в растениях в наблюдаемых количествах могло быть вызвано только ростом нитрифицирующих бактерий в присутствии торфа поскольку их практически не было ни в исходном Ционе, ни в торфе. Известно, что

**Рис. 1.** Зависимость биомассы растений от объемной доли (%) субстрата Цион в питательном торфогрунте.

**Таблица 7.** Параметры биомассы надземных органов растений салата, выращенных на разных субстратах

Субстрат	Добавка Циона на одно растение	Масса сырая	Масса сухая	Нитраты в листьях, мг/кг ( $\pm 5\%$ )	Прирост урожая на 1 г Циона, г
	г				
	Верховой торф (25 сут после всходов)				
Торф	0	$1.4 \pm 0.7$	$0.10 \pm 0.04$		
	1	$4.2 \pm 0.5$	$0.25 \pm 0.04$	1250	2.8
	2	$6.3 \pm 1.5$	$0.36 \pm 0.13$	–	2.4
	5	$8.4 \pm 2.4$	$0.45 \pm 0.13$	150	1.4
Торф удобренный АЗФК	0	$8.3 \pm 3.1$	$0.43 \pm 0.17$	940	
	1	$10.3 \pm 4.0$	$0.54 \pm 0.22$	–	1.7
	2	$11.4 \pm 3.4$	$0.61 \pm 0.15$	560	1.4
	5	$12.5 \pm 2.4$	$0.64 \pm 0.12$	680	0.8
Дерново-подзолистая почва и песок (36 сут после всходов)					
Почва	0	$0.8 \pm 0.4$	$0.11 \pm 0.06$	50	
	1	$3.1 \pm 0.4$	$0.27 \pm 0.04$	–	2.3
	2	$4.9 \pm 1.3$	$0.40 \pm 0.10$	220	2.0
	5	$10.3 \pm 2.2$	$0.84 \pm 0.18$	1350	1.9
Почва удобренная АЗФК	0	$12.7 \pm 3.1$	$0.88 \pm 0.21$	720	
	1	$10.4 \pm 3.3$	$0.65 \pm 0.21$	–	2.2
	2	$14.8 \pm 2.2$	$1.00 \pm 0.14$	780	2.0
	5	$21.1 \pm 2.3$	$1.29 \pm 0.14$	1210	2.1
Песок	0	$0.1 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	–	
	1	$2.5 \pm 0.7$	$0.36 \pm 0.11$	–	2.2
	2	$4.2 \pm 1.4$	$0.64 \pm 0.21$	50	2.2
	5	$10.3 \pm 2.9$	$0.94 \pm 0.26$	490	2.1
Песок удобренный АЗФК	0	$11.7 \pm 5.5$	$0.51 \pm 0.30$	500	
	1	$14.3 \pm 4.9$	$0.73 \pm 0.49$	–	2.6
	2	$16.1 \pm 2.5$	$0.91 \pm 0.13$	890	2.2
	5	$18.1 \pm 4.9$	$1.10 \pm 0.30$	1320	1.3

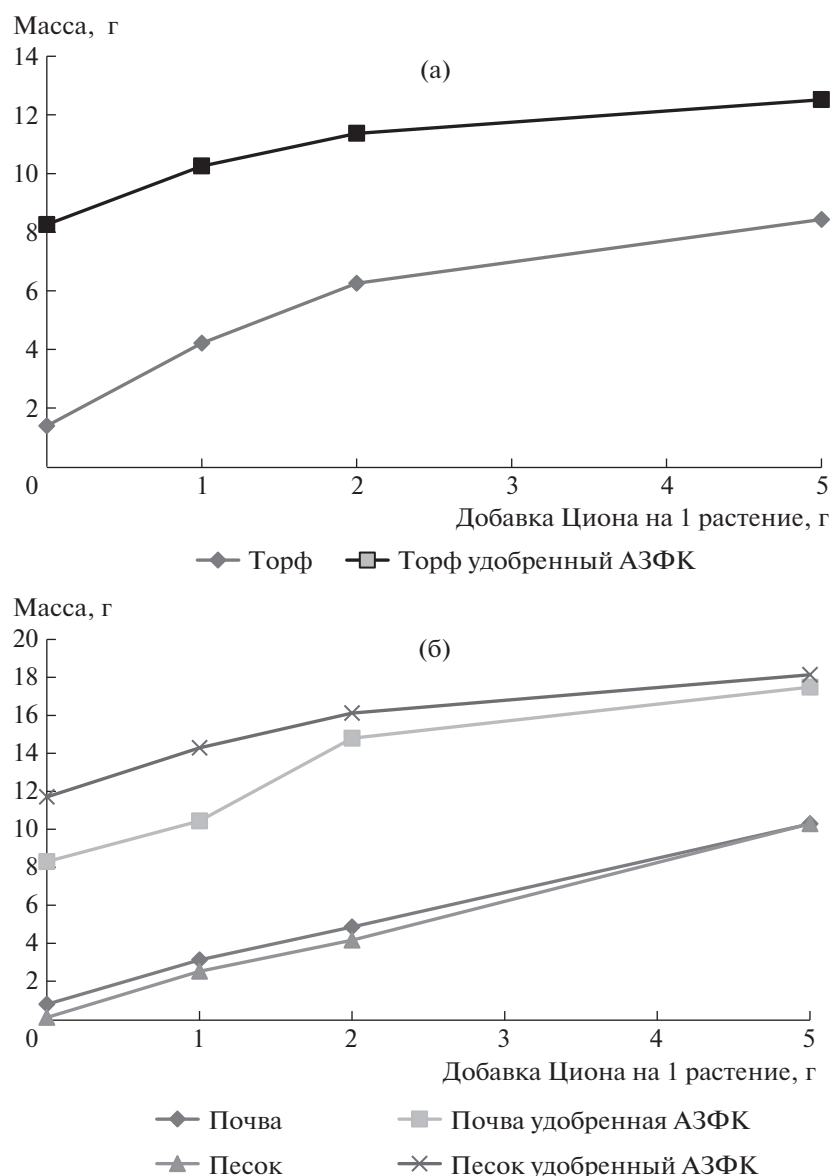
бактериальный рост в почве и средах, содержащих органические материалы, резко ускоряется при добавке к ним цеолитов [14, 15]. Достоверного изменения массы корней растений при добавке к субстрату торфа не наблюдали.

*Влияние добавок субстрата Цион к питательному торфогрунту.* Торфогрунт Флорабел давно используют в садовом и комнатном растениеводстве в Беларуси. В эксперименте использовали вазоны объемом 250 мл, в которые высаживали по одному проросшему семени, повторность трехкратная.

Влияние добавки субстрата Цион к коммерческому питательному торфогрунту Флорабел показано в табл. 6. Из таблицы видно, что добавле-

ние Циона приводило к увеличению урожая и содержания нитратов в листьях салата. Зависимость биомассы растений от объемной доли субстрата Цион в питательном торфогрунте показана на рис. 1. Из приведенных данных видно, что биомасса растений линейно возрастает с ростом объемной доли субстрата Цион. Добавление 2% Циона приводило к минимальному статистически достоверному увеличению сырой биомассы, а 10–15%-ная добавка вызывала ее увеличение примерно в 2 раза.

*Влияние малых добавок субстрата Цион к различным грунтам на рост растений.* В инструкции производителя субстрата Цион ([www.zion-rus.com](http://www.zion-rus.com)) рекомендуемая доза его добавки в раз-



**Рис. 2.** Урожай вегетативной зеленой массы салата в зависимости от внесения Циона в разных дозах и субстратов: (а) – верховой торф, 25 сут после всходов, (б) – природная дерново-подзолистая пылеватая среднесуглинистая почва и песок, 36 сут после всходов.

личные среды составляет не менее 2 об. % (обычно 3–5%). Влияние меньших добавок не исследовали. В этом эксперименте количество Циона составляло 0, 5, 10 и 25 г (1, 2 и 5 г/растение). Это соответствовало 0.25, 0.5 и 1.25 об. % в питательной среде. В пересчете на 1 га это составило 3.5, 7 и 17.5 т соответственно. Цион вносили в посадочную лунку каждого растения и перемешивали с небольшим объемом основного грунта. Использовали вазоны объемом 2000 см<sup>3</sup> с посевной площадью 144 см<sup>2</sup> квадратной формы и высотой 19.5 см. Посев производили не пророщенными семенами. После появления на растениях первых

настоящих листьев лишние растения удаляли и оставляли 5 растений, расположенных на максимальном расстоянии друг от друга. В качестве основного грунта использовали нейтрализованный верховой торф Двина, крупный песок (частицы 0.5–3.0 мм) и природную дерново-подзолистую среднесуглинистую почву. Добавку субстрата проводили в не удобренные и удобренные АЗФК (марки N16P16K16) основные грунты. Удобрение АЗФК вносили из расчета 1180 кг/га.

В период роста растений с интервалом 2 нед подсчитывали количество листьев и измеряли их длину и ширину. Оказалось, что растения мед-

ленные росли на питательных средах с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой и песком, чем с торфом. Поэтому их убирали по достижении одинаковой средней длины их листа ~8 см на 36-е и 25-е сут соответственно. Влияние количества внесенного в основной грунт Циона на массу надземных органов растений отражено в табл. 7, рис. 2. Прибавка средней массы одного растения составила от 1 до 3 г/г внесенного Циона. Однако разброс данных массы растений был слишком велик для доказательного заключения об эффективности малых добавок Циона к удобренным грунтам.

Выявлена четко выраженная тенденция к возрастанию урожая при добавке небольших доз Циона ко всем исследованным удобренным и не удобренным средам. Однако эффект добавки должен быть количественно определен в более крупномасштабном эксперименте.

## ВЫВОДЫ

1. Гранулометрический состав субстрата Цион существенно влиял на рост растений салата. Оптимальной была фракция с частицами 0.7–3.0 мм. Наличие в субстрате значительного количества пылевой фракции замедляло рост растений.

2. Внесение 2–15% субстрата Цион существенно повышало плодородие питательного коммерческого торфогрунта.

3. Внесение 10% бесплодного верхового торфа в субстрат Цион улучшало рост растений салата.

4. Добавление в различные удобренные и не удобренные среды малых доз субстрата Цион (0.25–1.25%) приводило к заметному росту урожая салата, размер которого может быть определен в широкомасштабном эксперименте.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Manolov I., Antonov D., Stoilov G., Tsareva I., Baev M.* Jordanian zeolitic tuff as a raw material for the preparation of substrates used for plant growth // *J. Central Europ. Agr.* 2005. № 6(4). P. 485–494.
2. *Ming D.W., Gruener J.E., Henderson K.E., Steinberg S.L., Barta D.J., Galindo C., Henninger D.L.* Plant growth experiments in zeolitic substrates: applications for advanced life support systems. <http://zeolitavida.eu/wp-content/uploads/2014/06/zeoaponics1.pdf> – date of access 20.06.2019.
3. *Ming D.W., Allen E.R.* Zeoionic substrates for space applications: advances in the use of natural zeolites for plant growth // *Natural microporous materials in environmental technology* / Eds. Misaelides P., Macásek F., Pinnavaia T.J., Colella C. NATO Sci. Ser. (Ser. E: Appl. Sci.). 1999. V. 362. P. 157–176.
4. *Barbarick K.A., Lai T.M., Eberl D.D.* Exchange fertilizer (phosphate rock plus ammonium-zeolite) effects on sorghum-sudangrass // *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1990. V. 54 (3). P. 911–916.
5. *Tan Y.W., Unonis M.N.A., Khairuddin M.I., Shahrudin S., Ng C.C.* Mechanism in using commercial high efficient zeolite base green feed slow release fertilizers // *J. Agr. Chem. Environ.* 2018. V. 7. P. 1–9.
6. *Markovic V., Takac A., Ilin Z.* Effect of different substrates and production way on sweet pepper seedlings quality // *Savremena-poljoprivreda (Yugoslavia)*. 1994. V. 42(1). P. 201–216.
7. *Andronirashvili T., Zautashvili M., Eprikashvili L., Pirtshkalava N., Dzagania M.* New substrate of prolonging action on the basis of natural zeolite and brown coal for growing agricultural crops // *Bul. Georg. National Acad. Sci.* 2011. V. 5. № 2. P. 101–105.
8. *Рязанова О.А.* Научные основы формирования качества плодовоовощной продукции, выращиваемой с применением ресурсосберегающих технологий: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1997. 40 с.
9. *Середина В.П.* Агроэкологические аспекты использования цеолитов как почвоулучшителей сорбционного типа и источник калия для растений // *Изв. Томск. политех. ун-та*. 2003. Т. 306. № 3. С. 56–59.
10. *Титова В.И., Забегалов Н.В.* Сравнительное изучение влияния цеолита и минеральных удобрений на продуктивность зерновых культур и агрохимическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы // *Почвовед. и агрохим.* 2014. № 1 (52). С. 190–198.
11. *Солдатов В.С., Ионова О.В., Езубец А.П., Косандрович С.Ю., Вонсович Н.В.* Безнитратный питательный субстрат для растений на основе клиноптилолита // *Докл. НАН Беларуси*. 2019. Т. 63. № 1. С. 55–60.
12. *Солдатов В.С., Косандрович С.Ю., Ионова О.В., Езубец А.П., Вонсович Н.В.* Выращивание салата листового (*Lactuca sativa* L.) сорта Афицион на безнитратном цеолитном субстрате // *Агрохимия*. 2020. № 3. С. 31–36.
13. *Курбанов С.А.* Земледелие. М.: Изд-во “Юрайт”, 2020. 274 с.
14. *Karlicic V., Zivanovic I., Matijasevic V., Niksic M., Rac V., Simic A.* Stimulation of soil microbiological activity by clinoptilolite: the effect on plant growth // *Ratar. Povtr.* 2017. V. 54 (3). P. 117–123.
15. *Weatherley L.R., McVeigh R.J.* The enhancement of ammonium ion removal onto columns of clinoptilolite in the presence of nitrifying bacteria, In *Ion exchange at the millennium*. L.A. Greig, Imperial College Press, 2000. 141 p.

**Cultivation of Leaf Lettuce *Lactuca sativa* L. on Mixtures  
of Zeolite Substrate  
with Bare and Fertilized Grounds**

**V. S. Soldatov<sup>a,#</sup>, A. P. Ezubets<sup>a</sup>, O. V. Ionova<sup>a</sup>, and S. U. Kosandrovich<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus  
Surganov str. 13, Minsk 220072, Republic of Belarus*

<sup>#</sup> *E-mail: soldatov@ifoch.bas-net.by*

In laboratory conditions, several variants of using the zeolite substrate Zion® in the cultivation of leaf lettuce *Lactuca sativa* L. were tested in pot experiments: 1 – a pure substrate with a different granulometric composition and its mixture with neutralized high-moor peat; 2 – 2–5% additives to commercial nutrient peat; 3 – small additives (0.3–1.5% vol.) to fertilized and non-fertilized neutralized peat, sand and natural sod-podzolic soil. It was found that the best properties are obtained by a substrate with a particle size of 0.7–3 mm; the greatest fertility is a mixture of zeolite substrate with 10% neutralized peat; regardless of the nature of the main soil. Adding Zion to the pot causes an increase in the yield of the above-ground mass of plants on average by 2 grams per gram of zeolite substrate.

*Key words:* zeolite substrate, lettuce *Lactuca sativa*, nutrient soil additions.