

УДК 631.87:635.52:635.72

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ ЛИГНОГУМАТА НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ[§]

© 2024 г. Е. Б. Пашкевич^{1,*}, Г. Е. Ларина², М. В. Парахина¹¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения
119991 Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, корп. 12, Россия²Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии 143050 Московская область,
Одинцовский район, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, влад. 5, Россия

*E-mail: pashkevich05@list.ru

Изучили эффективность применения лигногумата на салате листовом (однолетняя зеленная культура) и мяте перечной (многолетнее лекарственное растение), выращенных в условиях вегетационных опытов. Сочетание лигногумата с внесением в торф хелатных удобрений, содержащих микроэлементы (цинк, медь), показало существенный положительный эффект для получения качественной растительной продукции. Наиболее эффективной была система удобрения, включавшая комбинацию лигногумата с хелатными формами цинка и меди: прибавка биомассы салата составила 29–32, мяты – 71–79%, содержание в растениях макро- и микроэлементов стало оптимальным.

Ключевые слова: удобрения, гуминовый препарат, лигногумат, зеленная культура, лекарственное растение, продуктивность, фотосинтетические пигменты, салат листовой (*Lactuca sativa* L.), мята перечная (*Mentha piperita* L.).

DOI: 10.31857/S0002188124040079, **EDN:** dluatk

ВВЕДЕНИЕ

Получение стабильной растительной продукции на искусственных субстратах в теплицах и на почве с низким плодородием на сельскохозяйственных землях возможно с применением систем удобрения. Одним из их важных компонентов является органическое вещество и его “аналоги” – гуминовые препараты. В настоящее время известны удобрения на основе гуматов и лигнина (лигногумат, лигносульфонат), которые отличаются производственными циклами и исходным сырьем, служащим для их получения [1, 2]. Гуминовые препараты на основе гуматов, которые получают из углей (леонардита), торфов и сапропелей, содержат 1–10% солей фульвовых кислот, а на основе лигногуматов – из древесины, целлюлозы и содержат до 40% солей фульвовых кислот [3].

Фульвокислоты отличаются низким содержанием азота и высокой растворимостью солей в воде.

[§] Исследование выполнено в рамках совместной темы НИР на 2021–2025 гг. лаборатории корневого питания и качества растений и лаборатории агроэкологии факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова “Разработка и оценка комплекса инновационных агрохимических препаратов, мелиорантов, регуляторов роста в условиях агро-, техногенеза и городской среды”.

Фульвовые кислоты накапливаются в клеточном соке во всех органах растения, тем самым проявляя стимулирующее и восстановительное действие на протяжении всего вегетационного периода растений. Поэтому применение удобрения с фульвокислотами лучше работает при некорневом применении, а при внесении в почву обязателен полив растения. Но существенные отличия свойств гуминовых препаратов связаны с дополнительными примесями и балластными включениями в зависимости от технологии производства, следовательно, может быть неясный результат при применении таких удобрений [4].

Несомненно важно и актуально знать особенности применения лигногуматов в системе удобрения культур, выращиваемых в тепличных условиях. В данной работе изучение удобрения было акцентировано на лигногуматах, получение которых экономически оправдано при утилизации растительных отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности. Цель работы – изучение влияния удобрения на основе лигногумата и хелатов микроэлементов (меди и цинка) на качество полученной растительной продукции – салата листового и мяты перечной в вегетационном опыте.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Вегетационный опыт был заложен в теплице из сетки-рабицы на базе факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова по общепринятой методике при естественных влажности воздуха, освещенности и температуре окружающей среды.

Перед закладкой опыта торфяной субстрат не требовал гомогенизации, т.е. был однородным. В водной вытяжке исходного торфяного субстрата (верховой известкованный незаправленный марки “Агробалт-С”) определяли кислотность (рН) — ионометрическим методом (ГОСТ 26423-85), аммиачный азот — фотометрическим, нитратный азот — фотометрическим по Грандваль-Ляжу, фосфор — фотометрическим после окрашивания по Дениже, калий — пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 27753.6-88). Содержание микроэлементов (цинка и меди) в растительной продукции определяли методом пламенной атомной адсорбции после сухого озоления (ГОСТ 26573.2-2014).

В исходном субстрате рН был равен 5.84, содержание аммонийного азота — 2.1, нитратного — 15.8, подвижного фосфора — 24.2, подвижного калия — 440 мг/кг воздушно-сухого торфа. Перед закладкой опыта в торфяной субстрат вносили основное (базовое) удобрение, в составе которого были аммиачная селитра (NH_4NO_3), двойной суперфосфат ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и хлорид калия (KCl), из расчета для каждого удобрения 100 мг д.в./кг воздушно-сухого торфа. Микроэлементы применяли в хелатной форме в дозах 3 мг д.в. меди и 23 мг д.в. цинка на 1 кг воздушно-сухого торфа. Все удобрения вносили в торф в виде водных растворов. Готовый субстрат тщательно перемешивали и набивали в сосуды, вес воздушно-сухого торфа составил 0.51 кг на сосуд объемом 3 л.

В качестве органического удобрения применяли порошкообразный продукт с коммерческим

названием “Лигногумат®” (марка А, производства НПО “Реализация Экологических Технологий”, Санкт-Петербург).

Один из доказанных эффектов внесения гуминовых препаратов в грунты — это уменьшение биологической доступности тяжелых металлов (ТМ) с образованием комплекса гуминовое вещество—металл [5, 6]. Вопрос о продолжительности связывания фитотоксиканта, лимитирующего условия поступления ТМ в растение, мало изучен. Поэтому в схему опыта включены варианты с внесением в торф хелатных удобрений цинка (Zn) и меди (Cu) в качестве микроэлементов (МЭ).

Все минеральные удобрения, лигногумат, хелат меди и хелат цинка вносили в торф (корневое внесение) и дополнительно применяли лигногумат в виде некорневой (листовой) подкормки в период роста растений, а также совместно: вносили лигногумат в торф и в виде листовой подкормки. Схема опыта включала 9 вариантов в 3-х повторностях для каждой культуры — салата листового (*Lactuca sativa* L.) сорта Витаминный и мяты перечной (*Mentha piperita* L.) сорта Кубанская-6 (табл. 1).

Лигногумат применяли следующими способами: корневое внесение — 143.5 мг/сосуд (из расчета 100 мг углерода/кг воздушно-сухого торфа). При листовой обработке применяли раствор лигногумата в концентрации 0.01% (1 г препарата/л воды согласно инструкции по применению лигногумата (<https://lignohumate.ru/primenenie-lignogumata/normy-i-sposob-vneseniya-udobreniy/>)), его наносили до полного смачивания листа. Корневое внесение лигногумата проводили при закладке опыта, листовую обработку — дважды за вегетационный период на 14-е и 24-е сут после начала опыта.

После подготовки субстрата, внесения удобрений и набивки сосудов проводили посев семян салата листового (*Lactuca sativa* L.) и посадку укорененных

Таблица 1. Схема вегетационных опытов 2021–2022 гг.

Вариант, №	Внесение удобрения		
	базовое (NPK)	лигногумат (Л)	хелаты МЭ
1 (контроль)	0	0	0
2	К	0	0
3	К	0	К
4	К	К	0
5	К	Л	0
6	К	К + Л	0
7	К	К	К
8	К	Л	К
9	К	К + Л	К

Примечание. 0 — удобрение не применяли, К — корневое внесение, Л — листовая обработка, К + Л — смешанное применение.

черенков мяты перечной (*Mentha piperita* L.) высотой 10 см по 3 растения в сосуде. Сосуды увлажняли и укрывали армированным белым нетканым материалом для создания оптимальных условий адаптации растений. Через 5 сут укрытие снимали, для растений салата проводили прореживание до 8-ми растений/сосуд. В ходе проведения вегетационного опыта был организован систематический полив и уход за растениями, своевременное удаление сорняков. При поливе сосудов для выравнивания условий освещения делали их перестановку на стеллаже. Уборку растительной продукции проводили: салата — на 32-е сут и мяты — на 80-е сут после посева. Растения срезали ножницами, взвешивали, отбирали среднюю пробу (ГОСТ 58588-2019).

В листьях растений определяли содержание общего азота, фосфора, калия, нитратного азота, белкового азота, цинка и меди по гостированным методикам [7], фотометрическим методом оценили активность пигментного комплекса по содержанию хлорофилла *a* и *b*, а также каротиноидов [8], активность фермента каталазы — титрованием [9].

Организацию вегетационных опытов и проведение наблюдений осуществляли по общепринятым

методикам [10]. Статистическую обработку опытных данных проводили в программах MS Excel 2013 и Statistica 10.0. Достоверность различий определяли по величине критерия Фишера (*F*) при уровне значимости $p < 0.050$ [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Визуально рост и развитие тестовых растений в опытных вариантах были сопоставимы с контролем. Сравнительный анализ сырой и сухой биомассы салата и мяты показал существенное превышение этого показателя по сравнению с контрольными вариантами.

Максимальная прибавка сухой биомассы (55–61%) относительно контроля получена в опыте с салатом в вариантах 8 и 6, мяты — на 315–353% относительно контроля в вариантах 8 и 9 (рис. 1).

Наибольшая сырая биомасса салата, превышающая контроль на 18–26%, была отмечена в вариантах 6 и 8, мяты (на 23–28%) — в вариантах 2, 4 и 7. Полученный результат можно объяснить биологическими особенностями культур (высокая тесная связь

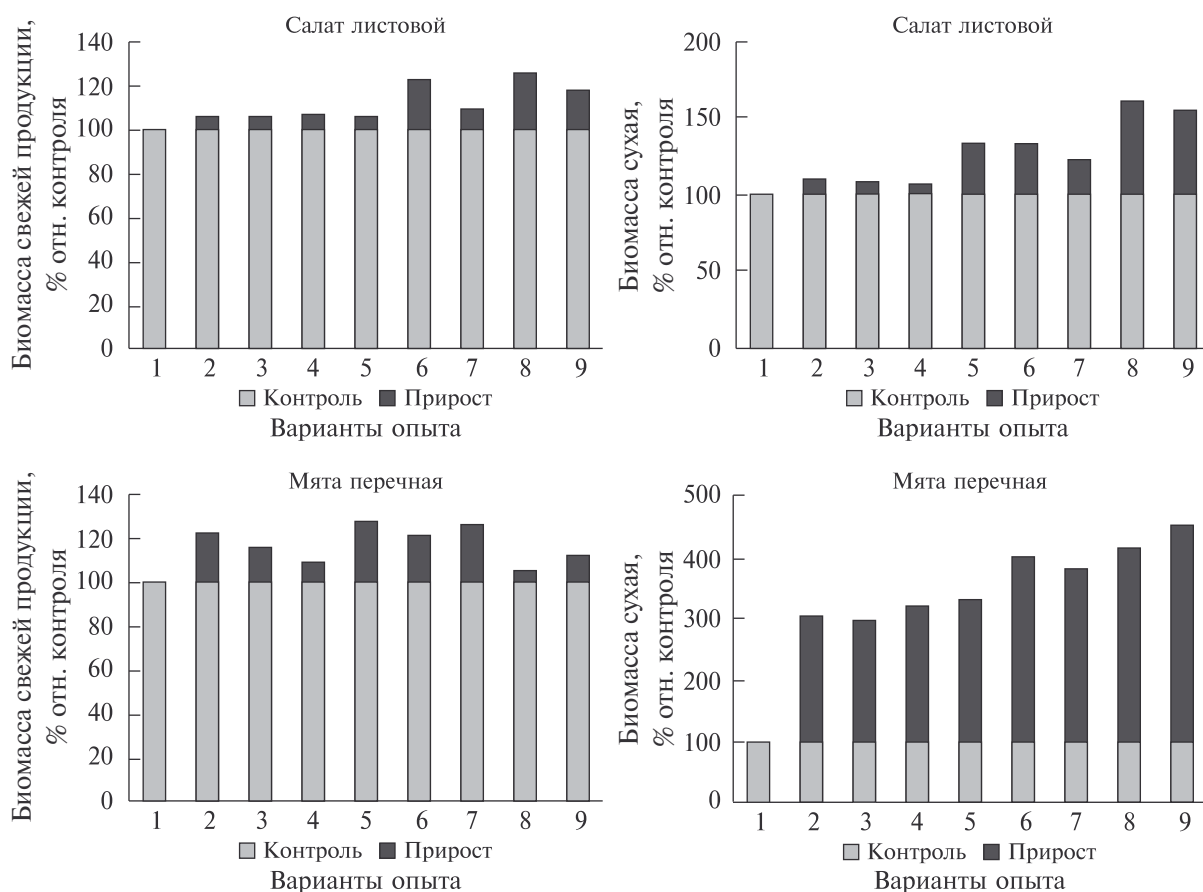


Рис. 1. Биомасса влажных и сухих растений в вариантах опыта с применением удобрений, % относительно контроля. *НСР*₀₅ прибавки урожая свежей продукции салата — 5.3, сухой — 1.4%, свежей мяты — 5.4, сухой мяты — 1.6%.

показателей — $r \geq 0.91$) и их требованиями к количеству влаги ($r = 0.89–0.90$). Для выращивания салата оптимальный уровень влажности субстрата был равен 60–70% наименьшей влагоемкости (**НВ**), мяты (влаголюбивого растения) — $>80\%$ **НВ**.

Данные корреляционного анализа показали тесную прямую связь, равную $r \geq 0.999$ ($p < 0.050$) между следующими вариантами: в опыте с салатом — 6 и 8, 9; 8 и 9; мятой — 2 и 3, 4, 6; 6 и 7; 8 и 9, т.е. способ совместного внесения лигногумата был эффективен на зеленных культурах, в частности, салате. Для мяты были получены неоднозначные результаты, в варианте внесения базового корневого удобрения не установлен существенный эффект применения МЭ и лигногумата.

При выращивании салата рекомендованы следующие показатели содержания азота (N), фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) в торфяном субстрате: 400, 420, 1000 мг/кг сухого торфа соответственно; мяты — 240, 360 и 240 мг/кг [12]. В исходном субстрате его обеспеченность нитратным азотом была равна 15.8, фосфором — 24.2 и калием — 440 мг/кг, что отличалось от оптимальных показателей для роста культуры и компенсировалось внесением удобрений. По уровню значимости основные элементы питания располагались в убывающей последовательности: N—P—K—S—Mg—Zn—Fe—B—Mn—Cu—Mo, где эффекты меди и молибдена были малозаметными и представляли собой совместное влияние (комбинацию) с N, P, K, S по типу взаимодействия 2-го порядка [13].

По данным листовой диагностики оценили достаточность условий питания растений в разных вариантах опыта (табл. 2).

Определено существенное превышение содержания макроэлементов во всех вариантах опыта относительно контроля: в опыте с салатом содержание азота было больше на 16–32,

фосфора — на 6–59 и калия — на 4–16% (за исключением варианта 6), в опыте с мятой: азота — на 11–41, фосфора — на 20–111 (за исключением варианта 9) и калия — на 22–83%. Лучшие условия питания азотом для обеих культур были в варианте 6, что подтверждало содержание данного элемента в листьях салата, равное 130 и мяты — 141% относительно контроля. Оптимальные условия питания фосфором и калием были во всех вариантах опытов: для салата лучшим вариантом был № 9, для мяты — № 2 и № 5. У салата корневая система слаборазвита, поэтому свойства субстрата определяют развитие корневой системы и продуктивность растений. Листовая подкормка удобрениями позволяет выращивать растения, относящиеся к группе желто-зеленных культур, методом гидро- и аэропоники.

В питании растений очень важны микроэлементы. Например, цинк содержится почти во всех важных ферментах и влияет на образование ростовых веществ, накопление биомассы и стрессоустойчивость. В салате отмечено уменьшение содержания данного элемента в варианте 2, в листьях мяты — в вариантах 4–6, 8, 9 (табл. 3).

Медь входит в состав ферментов и увеличивает содержание хлорофилла, повышает устойчивость растений к грибным и бактериальным болезням. Уменьшение количества меди в листьях салата наблюдали в вариантах 2, 4, 5, мяты — в варианте 4. Установлено, что листовая подкормка и корневое внесение лигногумата (создание условий избыточного азотного питания) приводили к дефициту микроэлементов (меди и цинка) в зеленой культуре и лекарственном растении. Поэтому применение хелатных форм данных элементов необходимо для улучшения качества получаемой продукции.

Нитрат-ионы могут накапливаться в листьях культур за счет высокой концентрации азота в субстрате, что приводит к торможению активности

Таблица 2. Содержание макроэлементов в надземной биомассе растений, % от контроля

Вариант, №	Салат			Мята		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
1 (контроль)*	3.51	1.06	2.97	2.70	0.71	2.52
2	123	120	108	117	211	127
3	123	108	104	135	179	122
4	116	106	107	131	153	153
5	121	117	107	123	152	183
6	130	129	96	141	120	176
7	124	132	103	111	174	173
8	120	132	107	122	199	134
9	132	159	116	134	85	131

Примечание. Ошибка опыта составила $<10\%$. То же в табл. 3, 4.

* Фактическое содержание в контроле (% в сухом веществе), принятое за 100%. То же в табл. 3, 4.

Таблица 3. Содержание микроэлементов в надземной массе растений, мг/кг

Вариант, №	Салат		Мята	
	цинк	медь	цинк	медь
1 (контроль)*	54.8	1.6	44.5	4.1
2	90	63	100	117
3	114	177	107	159
4	106	53	89	95
5	107	90	91	100
6	110	183	98	141
7	106	205	104	144
8	131	256	88	120
9	121	238	86	100

каталазы. Данный фермент из класса оксидоредуктаз участвует в разрушении токсичного пероксида водорода, накапливаемого в клетках в процессе метаболизма. Во всех вариантах опыта отмечено высокое содержание нитратов в листьях салата в диапазоне от 5420 до 9240 мг/кг при ПДК для листовых овощей, равной 2000 мг/кг (СанПиН 2.3.2.1280-01). Наибольшее количество нитратов

в листьях салата относительно контроля было в вариантах 5–7, 9, где применяли лигногумат. Это позволило предположить, что листовое и совместное с корневым внесение лигногумата на зеленой культуре приводило к накоплению нитратов в листьях растений (рис. 2).

Мяту перечную используют для еды в небольших количествах, основная часть нитратов накапливается

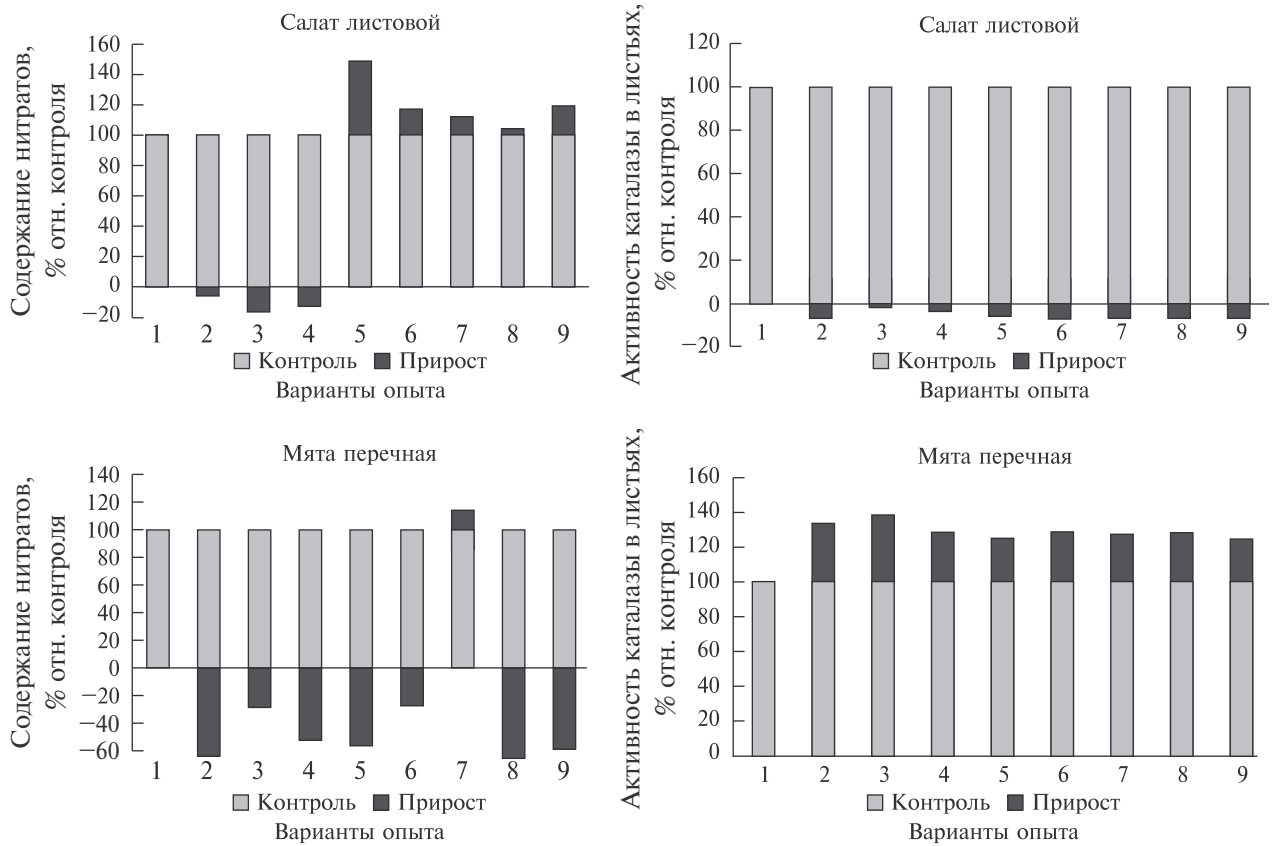


Рис. 2. Содержание нитратов и активность каталазы в сырой биомассе растений (в опыте с салатом: контроль – 6230 мг NO₃⁻/кг и 6.3 мг H₂O₂/г; с мятой – 3210 мг NO₃⁻/кг и 43.6 мг H₂O₂/г соответственно).

Таблица 4. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений, мг/г сырой массы

Вариант, №	Пигменты					
	1	2	3	1	2	3
	салат			мята		
Контроль*	0.205	0.077	0.094	0.581	1.69	0.616
2	109	106	101	203	69	119
3	85	77	90	204	60	120
4	75	70	86	202	55	117
5	116	119	101	206	77	121
6	90	91	97	210	54	122
7	99	88	100	208	63	122
8	69	64	78	210	52	122
9	113	108	104	208	61	122

Примечание. В графе 1 — хлорофилл *a*, 2 — хлорофилл *b*, 3 — каротиноиды.

в стеблях. Установлено превышение ПДК нитратов в листьях мяты в вариантах 3, 7 при листовой подкормке хелатными микроудобрениями с цинком и медью, а в варианте 6 — при совместном (корневом и листовом) внесении лигногумата (ПДК нитратов для мяты — 2000 мг/кг). Листовое применение хелатных удобрений не снимало проблему накопления нитратов в растительной продукции.

В листьях салата во всех вариантах опыта отмечено снижение активности каталазы на 4–7% по сравнению с контролем. В опыте с мятой выявлен обратный эффект, т.е. внесение любого удобрения разными способами повышало активность каталазы (на 24–38%) и, следовательно, происходило усиление дыхания с образованием токсичного для растений пероксида водорода, которого деактивировал данный фермент. Максимальный эффект в опыте с мятой отмечен при применении хелатных удобрений МЭ в варианте 3 и в вариантах 4, 5 с применением лигногумата.

Дополнительное применение удобрений в виде листовой подкормки вегетирующих растений влияло на процесс фотосинтеза (содержание хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов в листьях) и биомассу в целом. Отмечено снижение содержания хлорофилла *a* относительно контроля в листьях салата в вариантах 3, 4, 6, 7, 8, в листьях мяты этого не наблюдали (табл. 4).

Показано увеличение количества хлорофилла *b* в листьях салата, характеризующего стрессовое состояние растений в вариантах 2, 5, 9, в листьях мяты этого не отмечали. Повышение содержания каротиноидов указывало на степень зрелости листьев салата в варианте 9 и мяты — во всех вариантах опыта. Применение удобрений стимулировало постоянный рост растений салата, но в случае с совместным (корневым и листовым) внесением лигногумата и дополнительным внесением хелатных МЭ-удобрений содержание каротиноидов было

максимальным, что характеризовало не только созревание, но и старение растений. Биология мяты отлична от салата листового (однолетняя зеленая культура), поэтому высокое содержание каротиноидов и низкое содержание хлорофилла *b* в ее листьях можно считать положительным эффектом внесения изученных удобрений.

Данные опыта разбили на 2 группы: продуктивность и функциональность растений под влиянием удобрений. Для продуктивности выделены парные корреляционные зависимости: биология культуры и количество сырой биомассы ($r = 0.901, p < 0.050$), применение лигногумата и система удобрения ($r = 0.816$), биология культуры и усвоение цинка и азота ($r = -0.816... -0.872$), накопление влаги в растении и хелатное удобрение цинка ($r = 0.813$); для функциональности определены следующие парные корреляции: биология культуры и активность каталазы ($r = 0.992, p < 0.050$), содержание нитратов и хлорофилла *a* ($r < -0.900$), содержание нитратов и накопление влаги в листьях ($r = 0.850$) (табл. 5, 6).

При помощи прямого пошагового дискриминантного анализа были отобраны следующие наиболее значимые факторы, влиявшие на качество растительной продукции: биология культуры, прием удобрения, содержание элементов (азота, фосфора, калия, меди), применение лигногумата и содержание нитратов. Методами множественной регрессии установлено, что на накопление сырой биомассы основное влияние оказывал фактор биологии культуры — 37% (критерий $F = 15.999 > F_{кр} = 8.9, p < 0.00018$). Результаты анализа различий эффектов на основе статистики лямбда Уилкса показали, что главными переменными между вариантами опыта были биология растения, базовое удобрение (NPK) и лигногумат (критерий лямбда Уилкса составил 0.02748 , критерий $F = 18.25 > F_{кр} = 3.69, p < 0.0013$).

Таблица 5. Корреляционная матрица параметров продуктивности растений ($p < 0.050$, $n = 18$)

Показатель	Культура	Лигногумат	Удобрение	Влага в растении	Биомасса сырая	Биомасса сухая	Содержание				
							N	P	K	Zn	Cu
Культура	1.000	0.000	0.000	-0.878	0.901	0.897	-0.816	-0.414	0.457	-0.872	0.744
Лигногумат	0.000	1.000	0.816	-0.266	0.131	0.234	0.307	0.039	0.245	0.093	0.134
Удобрение	0.000	0.816	1.000	-0.326	0.161	0.295	0.419	0.182	0.195	0.115	0.262
Влага в растении	-0.878	-0.266	-0.326	1.000	-0.826	-0.993	0.578	0.313	-0.564	0.813	-0.689
Биомасса сырая	0.901	0.131	0.161	-0.826	1.000	0.880	-0.645	-0.213	0.644	-0.685	0.822
Биомасса сухая	0.897	0.234	0.295	-0.993	0.880	1.000	-0.600	-0.314	0.620	-0.811	0.720
Содержание											
N	-0.816	0.307	0.419	0.578	-0.645	-0.600	1.000	0.444	-0.224	0.738	-0.462
P	-0.414	0.039	0.182	0.313	-0.213	-0.314	0.444	1.000	-0.091	0.517	-0.008
K	0.457	0.245	0.195	-0.564	0.644	0.620	-0.224	-0.091	1.000	-0.403	0.401
Zn	-0.872	0.093	0.115	0.813	-0.685	-0.811	0.738	0.517	-0.403	1.000	-0.393
Cu	0.744	0.134	0.262	-0.689	0.822	0.720	-0.462	-0.008	0.401	-0.393	1.000

Таблица 6. Корреляционная матрица параметров функциональности растений ($p < 0.050$, $n = 18$)

Показатель	Культура	Лигногумат	Удобрение	Биомасса сырая	Содержание				
					нитратов	хлорофилла <i>a</i>	хлорофилла <i>b</i>	каротиноидов	Активность каталазы
Культура	1.000	0.000	0.000	0.901	-0.914	0.958	0.951	0.996	0.992
Лигногумат	0.000	1.000	0.816	0.131	0.030	0.079	-0.100	0.029	0.006
Удобрение	0.000	0.816	1.000	0.161	-0.023	0.124	-0.144	0.044	0.031
Биомасса сырая	0.901	0.131	0.161	1.000	-0.806	0.920	0.831	0.915	0.918
Содержание									
нитратов	-0.914	0.030	-0.023	-0.806	1.000	-0.900	-0.838	-0.917	-0.920
хлорофилла <i>a</i>	0.958	0.079	0.124	0.920	-0.900	1.000	0.837	0.980	0.982
хлорофилла <i>b</i>	0.951	-0.100	-0.144	0.831	-0.838	0.837	1.000	0.923	0.913
каротиноидов	0.996	0.029	0.044	0.915	-0.917	0.980	0.923	1.000	0.998
Активность каталазы	0.992	0.006	0.031	0.918	-0.920	0.982	0.913	0.998	1.000

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что для салата листового (однолетней зеленой культуры) самым эффективным способом удобрения было совместное корневое и листовое внесение лигногумата. Для лекарственной многолетней культуры – мяты перечной применение лигногумата не оказало значимого действия на накопление дополнительной биомассы. Показано, что при выборе способов применения и типа удобрения было существенным влияние биологии культуры.

2. Установлено, что листовая подкормка лигногуматом и его корневое внесение формировало дефицит меди и цинка в листьях как зеленой культуры, так и лекарственного растения. Необходимо для улучшения качества получаемой растительной продукции дополнительно с внесением лигногумата применять хелатные формы микроэлементов с медью и цинком.

3. Сочность листьев и накопление влаги в салате и мяте зависело от содержания в торфяном субстрате соединений цинка, что подтверждал высокий положительный коэффициент корреляции между биологической влажностью и дефицитом данного микроэлемента ($r = 0.8123$, $p < 0.050$).

4. Показано, что листовая обработка лигногуматом мяты снижала содержание нитратов в растениях. Для зеленых культур на примере салата корневое и совместное с корневым листовое внесение лигногумата существенно увеличивало содержание нитратов (превышение ПДК нитратов в 2.5–4.6 раза).

5. Листовое внесение лигногумата увеличивало содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях салата. В варианте с листовой обработкой лигногуматом в комбинации с хелатными МЭ отмечено наименьшее содержание каротиноидов в салате, что характеризовало продолжительный период активного роста культуры. Для многолетнего растения мяты перечной реакция пигментного комплекса была менее выраженной.

6. Самую низкую активность фермента каталазы отмечали в листьях салата в варианте совместного внесения (корневого и листового) лигногумата в комбинации с хелатными удобрениями меди и цинка. Данный фермент является природным биокатализатором, низкое содержание которого характеризует оптимальные условия для роста растений.

Выражаем благодарность коллегам отдела патологии садовых и декоративных культур ВНИИ фитопатологии: заведующей отделом патологии декоративных и садовых культур к.б.н. Серой Лидии Георгиевне и научному сотруднику Калембет Ирине Николаевне за помощь в подготовке посадочного материала (черенков мяты перечной), необходимого для проведения исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тугаринов Л.В., Гладков О.А. Лигногумат. Мифы и реальность // Агрохим. вестн. 2008. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lignogumat-mify-i-realnost> (дата обращения: 24.06.2023).
2. Ларина Г.Е. О почве для сада, питомника, озеленения. Метод. мат.-лы. Изд. 2-е, испр. и доп. Балашиха, 2023. 48 с.
3. Григорьева Е.Е. О гуминовых препаратах // ИАСЖ. 2020. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-guminovyh-preparatah> (дата обращения: 25.06.2023).
4. Гармаш Н.Ю., Гармаш Г.А. Методические подходы к оценке качества гуминовых препаратов // Агрохим. вестн. 2012. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-otsenke-kachestva-guminovyh-preparatov> (дата обращения: 24.06.2023).
5. Koukal B., Gueguen C., Pardos M., Dominik J. Influence of humic substances on the toxic effects of cadmium and zinc to the green alga *Pseudokirchneriella subcapitata* // Chemosphere. 2003. V. 53. P. 953–961.
6. Верещагин А.Л., Рейзвих С.В. О возможности снижения фитотоксического действия тяжелых металлов при выращивании льна за счет применения стимуляторов роста // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. Барнаул: Изд-во Алтай. гос. ун-та, 2005. Кн. I. С. 666–669.
7. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
8. Третьяков Н.Н., Карнаухова Т.В., Паничкин Л.А. Практикум по физиологии растений, 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1990. 271 с.
9. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1968. 256 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Борздова Т.В. Основы статистического анализа и обработка данных с применением Microsoft Excel. Минск: ГИУСТ БГУ, 2011. 75 с.
12. Минеев В.Г. Агрохимия, 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2006. 720 с.
13. Гуреев И.И., Жердев М.Н., Брежнев А.Л., Черногов В.Г., Солонищкин В.Н. Функциональная диагностика потребности растений в питательных веществах // Земледелие. 2015. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionalnaya-diagnostika-potrebnosti-rasteniy-v-pitatelnyh-veschestvah> (дата обращения: 04.06.2023).

Influence of Different Methods of Application of Lignogumate on the Product Quality of Green Crops and Medicinal Plants

E. B. Pashkevich^{a,#}, G. E. Larina^b, M. V. Parachina^a

^a*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science,
Leninskie gory 1, bld. 12, GSP-1, Moscow 119991, Russia*

^b*All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology,
ul. Institute, posses. 5, Moscow region, Odintsovo district, r.p. Bolshye Vyazemy 143050, Russia*

[#]*E-mail: pashkevich05@list.ru*

The effectiveness of the use of lignohumate on lettuce (annual, green crop) and peppermint (perennial, medicinal plant) grown under the conditions of vegetation experiments was studied. The combination of lignohumate with the introduction of chelated fertilizers containing trace elements (zinc, copper) into peat showed a significant positive effect in obtaining high-quality plant products. The most effective was the fertilizer system, which included a combination of lignohumate with chelated forms of zinc and copper: the increase in lettuce biomass was 29–32, mint – 71–79%, the content of macro- and microelements in plants became optimal.

Keywords: fertilizers, humic preparation, lignohumate, green culture, medicinal plant, productivity, photosynthetic pigments, lettuce (*Lactuca sativa* L.), peppermint (*Mentha piperita* L.).