

А.В. Бутюгин, А.Л. Антонова, Ю.Н. Зубкова

ВЛИЯНИЕ ГУМАТОВ АММОНИЯ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

гуматы аммония, нефтепродукты, семена трав, рекультивация, биомасса

Введение

Почвенный покров является наиболее ценным и невозобновляемым природным ресурсом. Обладая свойствами устойчивости и саморегуляции, он очень чувствителен к антропогенному воздействию. В последние десятилетия добавился очень опасный фактор этого воздействия – загрязнение окружающей среды нефтепродуктами [1]. Такое загрязнение негативно влияет на растительный покров, т.к. изменяет физико-химические свойства почвы, оказывает токсическое действие на микробиоту почвы и корневую систему растений.

Рекультивацию загрязненных нефтепродуктами почв осуществляют различными методами, к которым относятся как механические, так и физико-химические и микробиологические. Наиболее перспективными являются методы, приближенные к естественным процессам. Одним из способов детоксикации и рекультивации загрязненных почв является применение гуминовых кислот, получаемых из различного природного сырья, а также их натриевых и калиевых солей (гуматов) [3]. Установлено, что гуминовые вещества (ГВ) способны снижать токсичность нефтяных углеводородов и стимулировать процессы микробиологической деструкции [5]. Для этих целей хорошо зарекомендовали себя и гуминовые кислоты из бурого угля [4]. Однако эффективность аммониевых солей гуминовых кислот из бурого угля еще не изучали, хотя наличие азота в гуминовых препаратах может дать дополнительный вклад.

В НИО «Нетопливное использование углей и утилизация отходов энергетической промышленности» Донецкого национального университета разработана технология получения из бурого угля Александрийского месторождения гумата аммония и гуминовых препаратов на его основе, стимулирующее и адаптогенное воздействия которых на растения доказано в многочисленных опытах [2].

Цель и задачи исследований

Цель – изучение влияния буроугольных гуматов аммония на биометрические показатели растений в условиях модельного загрязнения нефтепродуктами. Задачи – установить влияние нефтепродукта и гумата аммония на рост и развитие овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.), травосмесей – газонная «Универсальная» и экстремальный газон «Склон»

Объекты и методика исследования

В качестве объектов исследований были использованы:

1. Гумат аммония (ГА) буроугольный – разработка Донецкого национального университета; рабочие растворы гумата аммония с концентрациями 10^{-3} – 10^{-2} %;
2. Овсяница луговая (*Festuca pratensis*);
3. Газонная травосмесь «Универсальная» (*Festuca rubra* L., *F. arundinacea* Shreb., *Lolium perenne* L.) фирмы «Вассма»;
4. Травосмесь экстремальный газон «Склон» (*Festuca rubra*, *F. arundinacea*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis* L.);
5. Уайт-спирит – как модельный нефтепродукт.

Субстратом служила смесь из чернозема и песка в объемном соотношении 3:1. В модельном эксперименте было предусмотрено равномерное распределение нефтепродукта по объему субстрата, чтобы избежать влияния флуктуаций его концентрации. Уайт-спирит в количестве 1% по массе от сухой массы субстрата предварительно вносили в рассчитанную массу песка с целью достижения равномерного распределения нефтепродукта в объеме субстрата в смеси с черноземом. Вегетационные опыты проводили в сосудах объемом 370 см³. Вегетационные сосуды помещали в соответствующие поддоны с водой и раствором гумата аммония. В каждый сосуд высевали по 0,5 г семян трав. Семена перед посевом опрыскивали водой или раствором гумата аммония (в зависимости от варианта опыта) и подсушивали для достижения сыпучести. Полив осуществляли отстоянной водопроводной водой или раствором гумата аммония (в зависимости от варианта). Повторность опытов – 3-х кратная. Методы исследований – вегетационные лабораторные опыты.

Длительность эксперимента 30–35 дней при комнатной температуре 22–28°C в зависимости от времени года. Растения выращивали при искусственном (1160 лк) и естественном освещении для того, чтобы установить зависимость от продолжительности светового дня и светового спектра. Эксперимент проводили по схеме, представленной в таблице 1. Эталон – это вариант опытов с поливом исходного субстрата раствором гумата аммония. Эталон необходим для фиксации эффекта гуматов аммония.

Таблица 1. Схема опытов по изучению влияния гуматов аммония на рост и развитие травянистых растений в условиях загрязнения модельного субстрата уайт-спиритом (УАС)

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом	
	Подвариант 1	Подвариант 2
1-я серия опытов	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	
Контроль 1 + полив водой	вода	раствор ГА, 10 ⁻² %
Эталон + полив раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻² %
УАС + полив водой	вода	раствор ГА, 10 ⁻² %
УАС + полив раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻² %
УАС + полив водой + опрыскивание раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻² %
2-я серия опытов	Травосмеси «Универсальная» и «Склон»	
Контроль 1 + полив водой	вода	раствор ГА, 10 ⁻³ %
Эталон + полив раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻³ %
УАС + полив водой	вода	раствор ГА, 10 ⁻³ %
УАС + полив раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻³ %
УАС + полив водой + опрыскивание раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻³ %

Уменьшение концентрации применяемых растворов гуматов аммония с 10⁻²% до 10⁻³% во второй серии опытов связано с тем, что опыты на *F. pratensis* показали ингибирующее действие раствора гумата в концентрации 10⁻²%. По окончании опыта проводили определение высоты растений (для *F. pratensis*), сырой и сухой зеленой массы надземной части и корней. Корни предварительно отмывали водой и высушивали. Для травосмесей «Универсальная» и «Склон» проводили пересчет данных на 1 растение, так как это дает более объективную информацию для анализа.

Результаты исследований и их обсуждение

Первая серия опытов по влиянию растворов ГА на биометрические характеристики растений, выращенных на загрязненном нефтепродуктом субстрате, проведена на овсянице луговой (*F. pratensis*). Результаты опытов представлены в таблицах 2 и 3. Из данных таблиц видно, что во всех опытах прослеживается отрицательная реакция растений на наличие нефтепродукта. Однако полив загрязненной почвы раствором ГА и некорневая обработка растений улучшают их морфологические параметры по сравнению с растениями, выращенными на загрязненной почве, поливаемой только водой. Четко видно, что при искусственном освещении высота растений больше, а сырая и сухая биомасса меньше, чем у растений, выросших при естественном (солнечном) освещении.

Таблица 2. Влияние уайт-спиритового загрязнения на рост и развитие растений *Festuca pratensis* Huds. при естественном освещении

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	водой			раствором ГА, 10 ⁻² %		
	h _{ср.} [?] см	M _{ср.} сырая, г	M _{ср.} сухая, г	h _{ср.} [?] см	M _{ср.} сырая, г	M _{ср.} сухая, г
К1 + полив водой	11,6	33,3	4,8	12,1	38,9	5,3
Эталон+полив ГА 10 ⁻³ %	10,8	30,3	4,5	12,7	41,1	5,6
УАС + полив водой	7,2	10,6	1,5	7,0	10,6	1,6
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	7,2	11,6	1,7	7,6	10,5	1,6
УАС+ полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	–	–	–	8,1	12,8	1,7

П р и м е ч а н и я: здесь и в табл. 3: h_{ср.} – высота растений средняя; M_{ср.} сырая – средняя сырая зеленая масса; M_{ср.} сухая – средняя сухая зеленая масса; УАС – уайт-спирит

Таблица 3. Влияние уайт-спиритового загрязнения на рост и развитие растений *Festuca pratensis* Huds. при искусственном освещении

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	водой			раствором ГА, 10 ⁻² %		
	h _{ср.} [?] см	M _{ср.} сырая, г	M _{ср.} сухая, г	h _{ср.} [?] см	M _{ср.} сырая, г	M _{ср.} сухая, г
К1 + полив водой	14,5	23,0	2,3	14,7	24,7	2,5
Эталон + полив ГА 10 ⁻³ %	14,1	23,2	2,4	12,6	19,2	1,9
УАС + полив водой	10,9	14,0	1,4	10,6	12,5	1,3
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	10,5	13,5	1,4	10,5	13,2	1,3
УАС + полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	–	–	–	9,2	10,9	1,1

Это может быть связано как с круглосуточным освещением, так и с недостаточной интенсивностью в спектре искусственного излучения волн нужной длины. Анализ соотношения длины растений с их массой показывает, что при искусственном освещении произошло увеличение (вытягивание) клеток растений. Опыты, проведенные с мая по июнь 2011 г., при искусственном освещении не дали положительных результатов относительно ростовых показателей, в отличие от растений, выросших при естественном освещении.

Во второй серии опытов вместо монокультуры (овсяницы луговой) были взяты семена травосмесей «Универсальная» и «Склон». Эксперимент проводили в периоды сентябрь – декабрь 2011 г. и февраль – март 2012 г. Усредненные результаты этих опытов представлены в таблицах 4–7.

Таблица 4. Влияние уайт-спиритового загрязнения на сырую и сухую зеленую массу растений травосмеси «Универсальная» при **естественном освещении**

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	вода			раствор ГА, 10 ⁻³ %		
	М _{ср.} 1 растения			М _{ср.} 1 растения		
	зеленая		корни	зеленая		корни
	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг
К1 + полив водой	37,81	4,27	2,25	37,43	4,38	2,30
Эталон + полив ГА 10 ⁻³ %	39,37	4,51	2,29	43,52	4,77	2,94
УАС + полив водой	30,06	3,13	2,23	29,90	2,98	1,28
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	32,45	3,55	2,30	32,06	3,49	2,85
УАС + полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	–	–	–	31,73	3,72	2,26

Примечание: здесь и в таблицах 5, 6, 7: М_{ср.} – масса зеленая и корней.

Таблица 5. Влияние уайт-спиритового загрязнения на сырую и сухую зеленую массу растений травосмеси «Универсальная» при **искусственном освещении**

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	вода			раствор ГА, 10 ⁻³ %		
	М _{ср.} 1 растения			М _{ср.} 1 растения		
	зеленая		корни	зеленая		корни
	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг
К1 + полив водой	33,45	2,99	0,68	33,50	2,98	0,81
Эталон + полив ГА 10 ⁻³ %	39,81	3,74	0,84	35,48	3,15	0,87
УАС + полив водой	11,06	1,35	0,54	26,00	2,40	0,63
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	17,08	1,76	0,82	26,22	2,28	0,84
УАС + полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	–	–	–	28,03	2,59	1,11

В таблицах 4 и 5 представлены результаты опытов на травосмеси «Универсальная» в условиях естественного (табл. 4) и искусственного (табл. 5) освещения. По результатам анализа данных таблиц можно отметить следующие закономерности:

- применение гуматов аммония во всех вариантах увеличивает биометрические параметры (в эталоне по отношению к контролю, а также в вариантах с добавками нефтепродукта); это объясняется стимулирующим и адаптогенным действием гуматов;
- при искусственном освещении при добавке нефтепродукта уменьшение зеленой массы растений значительно больше (в варианте с обработкой семян водой), чем при естественном освещении; этот факт можно объяснить наличием в естественном освещении большей доли длин волн с биоактивными свойствами; добавка гуматов компенсирует на энергетическом уровне этот недостаток спектра искусственного освещения;
- при искусственном освещении сухая масса корней значительно меньше, чем при естественном освещении во всех вариантах; это также может быть связано со спектром искусственного освещения.

Таблица 6. Влияние уайт-спиритового загрязнения на сырую и сухую зеленую массу растений травосмеси «Склон» при **естественном освещении**

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	вода			раствор ГА, 10 ⁻³ %		
	М _{ср.} 1 растения			М _{ср.} 1 растения		
	зеленая		корни	зеленая		корни
	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг
К1 + полив водой	33,59	3,01	1,49	31,21	3,19	1,65
Эталон + полив ГА 10 ⁻³ %	37,87	3,00	1,61	33,08	3,22	1,85
УАС + полив водой	18,58	2,34	1,08	23,88	2,55	1,16
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	24,19	2,62	1,40	24,91	2,73	1,21
УАС + полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	–	–	–	25,05	2,74	1,37

Таблица 7. Влияние уайт-спиритового загрязнения на сырую и сухую зеленую массу растений травосмеси «Склон» при **искусственном освещении**

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	вода			раствор ГА, 10 ⁻³ %		
	М _{ср.} 1 растения			М _{ср.} 1 растения		
	зеленая		корни	зеленая		корни
	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг
К1 + полив водой	30,42	2,63	0,39	30,90	2,87	0,54
Эталон + полив ГА 10 ⁻³ %	30,66	2,65	0,51	31,86	3,10	0,63
УАС + полив водой	24,36	2,07	0,27	24,05	2,10	0,32
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	25,15	2,17	0,42	25,77	2,24	0,56
УАС + полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	–	–	–	26,63	2,41	0,59

В таблицах 6 и 7 представлены результаты опытов на травосмеси «Склон» при естественном и искусственном освещении. Здесь видны те же закономерности положительного эффекта влияния гуматов на биометрические параметры, что отмечены для травосмеси «Универсальная».

Если сравнивать между собой реакцию этих травосмесей в лабораторных условиях, то можно сказать, что особых различий между ними не наблюдается. Это связано с тем, что основная масса травосмесей представлена одними и теми же видами – *Festuca rubra*, *F. arundinacea*, *Lolium perenne*.

Можно отметить, что вес сырой и сухой биомассы зависит от времени года, в котором проводили опыт. Наибольший прирост был в весенние месяцы, что, вероятно, связано с возрастанием солнечной активности.

Выводы

На основании анализа результатов лабораторных опытов на модельных системах можно констатировать, что гуматы аммония с концентрацией 10⁻³% можно использовать для детоксикации почв, загрязненных нефтепродуктами. Полив почвы, а также предпосевная обработка семян и опрыскивание этим же раствором усиливают интенсивность роста исследуемых растений. Данные эксперимента подтвердили факт, что гуминовые вещества связывают в почве углеводороды бензинового ряда и уменьшают их токсическое действие на растительные организмы.

Кроме того, гумат аммония, полученный из бурого угля, выступает и как стимулятор – адаптоген, что подтверждают показатели варианта с некорневой обработкой растений. Освещенность и условия выращивания растений не влияют на полученные закономерности.

Для подтверждения положительного действия гуматов аммония различной природы как детоксикантов и растительных адаптогенов будет продолжена работа в этом направлении на реальных почвах.

1. Белоусов В.С. Стратегия биомелиорации почв, загрязненных углеводородами / В.С. Белоусов, А.А. Швец, Г.П. Зыкова [и др.] // «Биологическая защита растений как основа экологического земледелия и фитосанитарной стабилизации агроэкосистем»: Матер. 6-й Междунар. науч.-практ. конф. (г. Краснодар, 21–24 сент. 2010 г.) – Краснодар: ВНИИБЗР, 2010. – С. 763–768.
2. Зубкова Ю.Н. Природные гуминовые вещества: взаимосвязь природы, способов выделения, физико-химических и биоактивных свойств (2-е изд.) / Ю.Н. Зубкова, А.В. Бутюгин, А.Л. Антонова [и др.] – Донецк: Изд-во Донецк. нац. ун-та. 2010. – 205 с.
3. Колбасов Г.А. Использование промышленных гуматов для рекультивации нефтезагрязненных торфяных почв / Г.А. Колбасов, М.С. Розанова // Естественные и технические науки. – 2010. – № 2. – С. 212–216.
4. Салем К.М. Биорекультивация нефтезагрязненных почв гуминовыми препаратами / К. М. Салем, И.В. Перминова, Н.Ю. Гречищева [и др.] // Экология и промышленность России. – 2003. – № 4. – С. 19–21.
5. Steinberg C.E.W. Towards & Quantitative Structure Activity Relationship (QSAR) of Dissolved Humic Substances as Detoxifying Agents in Freshwaters / Rev. Hydrobiol. – 2000. – Vol. 85. – P. 253–266.

Донецкий национальный университет

Получено 27.06.2012

УДК 574.24:632.15:58.087

ВЛИЯНИЕ ГУМАТОВ АММОНИЯ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

А.В. Бутюгин, А.Л. Антонова, Ю.Н. Зубкова

Донецкий национальный университет

Изучено влияние гуматов аммония на биометрические параметры *Festuca pratensis* Huds. и газонных травосмесей при загрязнении субстрата нефтепродуктами в условиях модельного эксперимента. Показано, что гуматы аммония уменьшают токсическое действие нефтяного загрязнения. Это проявляется в увеличении сырой и сухой зеленой массы растений. Кроме того, показано влияние естественного и искусственного освещения в лабораторных условиях.

UDC 574.24:632.15:58.087

EFFECTS OF AMMONIUM HUMATES ON BIOMETRIC INDICATORS OF PLANTS IN CASE OF SOIL POLLUTION BY MINERAL OIL

A.V. Butyugin, A.L. Antonova, Ju.N. Zubkova

Donetsk National University

The effects of ammonium humates on biometric parameters of *Festuca pratensis* Huds and a mixture of lawn grass in case of substrate pollution by mineral oil under the conditions of modeling experiment have been studied. The study has shown that ammonium humates reduce plant toxic effects of oil pollution. This fact is reflected in the increase in crude and dry green weight of plants. In addition, the effects of natural and artificial illumination in laboratory experiments are shown.