

УДК 544.77.052.5

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА КРЕСС-САЛАТА В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

© *Е.Д. Дмитриева**, *М.М. Герцен*, *С.В. Горелова*

*Тульский государственный университет, пр. Ленина, 92, Тула, 300012,
(Россия), e-mail: dmitrieva_ed@rambler.ru*

Выявлен стимулирующий эффект гуминовых кислот на процессы роста и развития семян кресс-салата. Установлено, что наиболее эффективно на посевные качества семян в условиях загрязнения нефтью влияет применение гуминовых кислот черноольхового низинного торфа (увеличение энергии прорастания и всхожести по сравнению с вариантом без гуминовых кислот на 38%). Минимальное ингибирующее действие на рост побега наблюдалось в почве с гексадеканом (на 20.8 мм меньше контроля), максимальное – в почве с нефтью (на 22.5 мм меньше контроля). В условиях загрязнения углеводородами нефти гуминовые кислоты проявляют стимулирующее действие на рост корней кресс-салата. Показатели длины корня превышали значения, полученные в варианте с загрязнителем без применения гуминовых кислот от 6% (нефть) до 16% от контроля (гексадекан). На основе полученных в ходе вегетационных опытов данных можно предположить, что стимулирующая активность гуминовых кислот в большей степени проявляется в стрессовых для организма условиях. Выявлено биостимулирующее действие гуминовых кислот, проявляющееся в увеличении длины гипокотилия и корня, причем физиологическая активность детоксикантов эффективнее обнаруживалась в условиях загрязнения углеводородами нефти. По результатам вегетационного опыта на субстрате с гексадеканом при поливе гуминовыми кислотами сфагнового верхового торфа определены максимальные значения тест-откликов, соответствующие контрольным значениям, полученным на незагрязненном субстрате, или превышающие последние. В варианте с нефтью максимально выраженный эффект достигался при внесении гуминовых кислот тростникового низинного и сфагнового верхового торфа, что является подтверждением гипотезы о защитном действии гуминовых кислот в условиях загрязнения, определяющимся связывающей способностью гуминовых кислот по отношению к токсиканту и их собственной биологической активностью по отношению к растениям. Доказано, что гуминовые кислоты торфов вносят существенный вклад в природные процессы самоочищения, вызывая иммобилизацию и детоксикацию углеводородов нефти, что свидетельствует о перспективности их применения в технологиях очистки и рекультивации загрязненных вод и почвенных сред.

Ключевые слова: гуминовые кислоты, нефть, нефтепродукты, эмульгирование нефти, стимулирующий эффект, посевные качества.

Введение

Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами является важной и актуальной проблемой. Непрерывные разливы нефтепродуктов представляют серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья людей [1]. Большое внимание уделяется вопросам, связанным с влиянием нефтяного производства на экологическую ситуацию в различных регионах и разработкой методов ликвидации нефтяных загрязнений.

Для устранения последствий токсичного влияния нефтегенных веществ на почвенную среду применяются данные методы очистки: механические, физико-механические, термические, химические, агротехнические, комбинированные [2]. Выбор метода зависит от уровня и продолжительности загрязнения, состава нефти, свойства почвы, ландшафтных и климатических условий [1]. Приемлемым с экологической точки

Дмитриева Елена Дмитриевна – кандидат химических наук, доцент кафедры химии,
e-mail: dmitrieva_ed@rambler.ru

Герцен Мария Михайловна – аспирант,
e-mail: mani.leontyeva@gmail.com

Горелова Светлана Владимировна – кандидат биологических наук, доцент,
e-mail: salix35@gmail.com

зрения считается биотехнологический метод, основанный на использовании природных материалов для связывания углеводородов нефти и последующей их утилизации. К таким экологически безопасным соединениям относятся гуминовые кислоты (ГК) – природные полимеры, являющиеся компонентами почвенных и торфяных пород, природных

* Автор, с которым следует вести переписку.

донных отложений [3]. Двучленность их химической структуры (присутствие гидролизуемой периферической части и негидролизованного ядра), большое разнообразие функциональных групп является приоритетным показателем для применения гуминовых кислот в качестве детоксицирующих агентов по отношению к различным органическим загрязнителям (нефть и нефтепродукты).

Цель работы – установить влияние гуминовых кислот торфов на посевные качества кресс-салата в условиях нефтяного загрязнения в почвенной среде.

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись гуминовые кислоты торфов Тульской области: тростникового низинного торфа (ТНТ), черноольхового низинного торфа (ЧНТ), сфагнового верхового торфа (СВТ) и сфагнового переходного торфа (СПТ) [4–7]. Модельные загрязнители: гексадекан – представитель легкой фракции нефти, дизельное топливо с заправки Роснефть и нефть с нефтеперерабатывающего завода АО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-МНПЗ». Тест-объект – кресс-салат «Забава», критерием токсического действия (тест-отклика) служили длина, биомасса и биометрические показатели проростков кресс-салата. Растворы гуминовых кислот готовили по методике, описанной в работе [8].

Модельным грунтом служил песок (размер фракции 0.5–1.0 см). Грунт обогащали гуминовыми кислотами, выдерживая его в течение суток в растворе ГК (50 мг/л), затем вносили модельный загрязнитель (гексадекан, дизельное топливо и нефть) 2% масс., хорошо перемешивали, помещали 50 штук семян кресс-салата и обильно поливали дистиллированной водой. Опыт проводился при ежедневном поливе и непрерывном освещении, через каждые 3 суток варианты опыта поливали растворами ГК (50 мг/л). Длительность эксперимента составляла 14 суток. Через 14 суток определяли биометрические характеристики и биомассу растений.

Обсуждение результатов

Нефть и нефтепродукты в зависимости от фракционного состава и количества оказывают токсическое действие на живые организмы. Изменение уровня токсичности нефтяного загрязнения в присутствии ГК обусловлено их собственным воздействием на тест-объект. Одновременно с детоксицирующим эффектом ГК оценивали влияние гуминовых кислот на посевные качества кресс-салата [9].

На первом этапе изучали влияние ГК отдельно и совместно с углеводородсодержащими загрязнителями на всхожесть и энергию прорастания семян. Энергию прорастания семян определяли на 3-й день после посадки, всхожесть – на 7-й (рис. 1).

Установлено, что при обработке модельного субстрата раствором гуминовых кислот отмечается стимуляция процессов роста и развития семян кресс-салата (рис. 1). При этом показатели энергии прорастания и всхожести семян превышали контроль для всех видов ГК на 16–34%, соответственно, используемых в опыте. Эксперимент показал, что наибольший положительный эффект на посевные качества семян оказывает внесение в грунт тростникового низинного торфа: энергия прорастания и всхожесть семян превышают контроль на 23–24%. Остатки углеводов и аминокислот, входящие в периферическую часть ГК, подвергающуюся гидролизу в почвенной среде оказывают стимулирующий эффект на проростки [7, 16]. Гуминовые кислоты по величине положительного эффекта на ростовые процессы семян кресс-салата можно расположить в следующий ряд: ГК (ТНТ) > ГК (СПТ) > ГК (ЧНТ) > ГК (СВТ) [7].

В литературе имеются достаточно противоречивые данные о влиянии нефти и нефтепродуктов на прорастание семян, многие авторы [10, 11] считают, что углеводороды нефти не влияют на прорастание семян растений, однако в экспериментах других ученых показано, что при воздействии нефти резко снижается прорастание семян. Данное отрицательное влияние объясняется не только токсичностью нефти, но и приобретением почвы гидрофобных свойств, кроме того, углеводороды нефти, сорбируясь на поверхности семян, препятствуют поступлению в них воды. По мнению А.В. Назарова [12], всхожесть семян растений в нефтезагрязненной почве определяется в основном доступностью для них воды и кислорода, а не токсичностью нефти и нефтепродуктов. В исследованиях D. Minai-Tehrani и A. Herfatmanesh [13] показано, что нефть стимулирует всхожесть семян овсяницы. Е.В. Донец [14] было показано, что концентрация нефти более 1.0 мг/л снижает всхожесть семян у хвойных древесных растений. Исследователь Е.М. Ogbo [15] установил, что 1%-ная концентрация ДТ не оказывает никакого токсического эффекта на всхожесть семян *Vigna unguiculata*,

Arachishypogaea, *Sorghumbicolor* и *Zeamays*, а более высокие концентрации загрязнителя ингибируют всхожесть семян. Таким образом, влияние продуктов нефтепереработки зависит от концентрации изучаемых веществ в субстрате и вида исследуемого объекта. Авторы предполагают, что стимулирующее действие нефтяных углеводов заключается в гормональном эффекте загрязнителя, а также в возможном использовании его в качестве питательного субстрата.

Установлено влияние токсикантов (гексадекан, дизельное топливо, нефть) на посевные качества семян кресс-салата: присутствие в модельном грунте нефти приводило к снижению энергии прорастания и всхожести семян в 4 раза. Наименьшее ингибирующее действие на исследуемые параметры отмечено в среде с гексадеканом (рис. 2).

Наибольшее угнетение энергии прорастания и всхожести семян наблюдалось в субстрате, загрязненном дизельным топливом: показатели оказались ниже, чем в контроле, на 59 и 67% соответственно.

Посевные качества семян кресс-салата на загрязненном грунте в присутствии ГК во всех вариантах опытов с различными нефтепродуктами были выше по сравнению с вариантом без обработки ГК, что говорит о стимулирующем эффекте данных биологических веществ на посевные качества семян тест-культуры. Однако следует отметить, что реакция семян кресс-салата на совместное присутствие в грунте загрязнителя и ГК неоднозначна: показатели энергии прорастания и всхожести варьировали в пределах от 12 до 73%; от 7 до 76% по сравнению с контролем и зависят от происхождения ГК и вида токсиканта.

Наибольший стимулирующий эффект был получен при внесении ГК в грунт, загрязненный гексадеканом. Так, на 3-й и 7-й день учета энергия прорастания и всхожесть были выше на 60–65% по сравнению с теми же показателями, полученными на субстрате с гексадеканом, не обработанным ГК (рис. 3–4).

По результатам вегетационного опыта на грунте с дизельным топливом при поливе ГК было установлено, что ни один из исследованных растворов ГК не оказывал на посевные качества семян тест-культуры выраженного стимулирующего действия: энергия прорастания и всхожесть превышали аналогичные показатели в варианте без применения ГК на 3–5 и 4–5% соответственно.

При внесении ГК в модельный грунт, загрязненный ДТ и нефтью, наблюдали увеличение энергии прорастания и всхожести по сравнению с вариантом без обработки ГК от 8 до 38% (рис. 4).

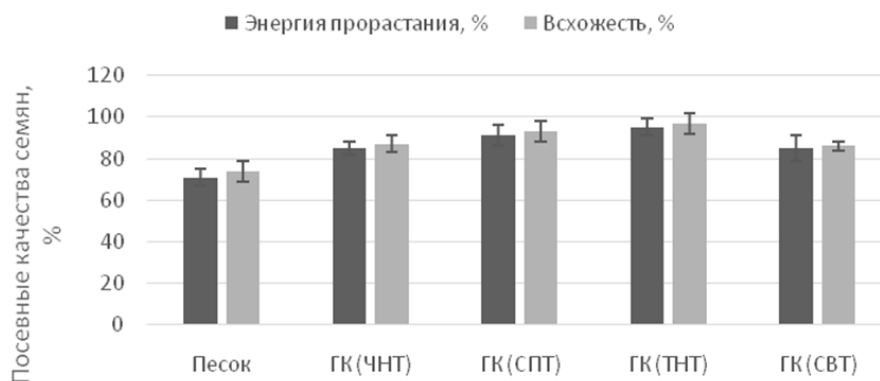


Рис. 1. Влияние гуминовых кислот на посевные качества семян кресс-салата

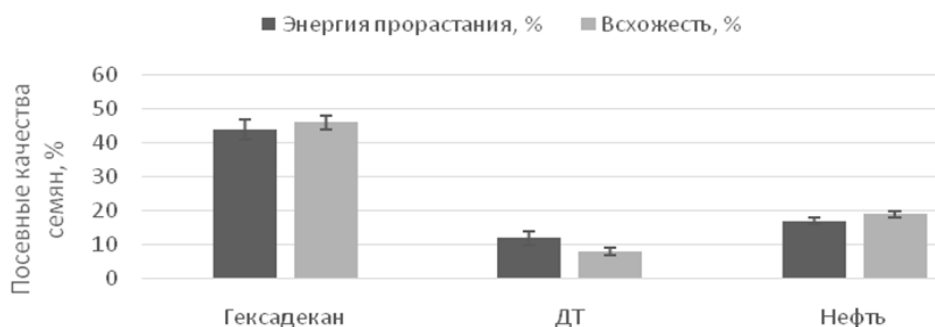


Рис. 2. Влияние внесения углеводородных загрязнителей на посевные качества семян кресс-салата

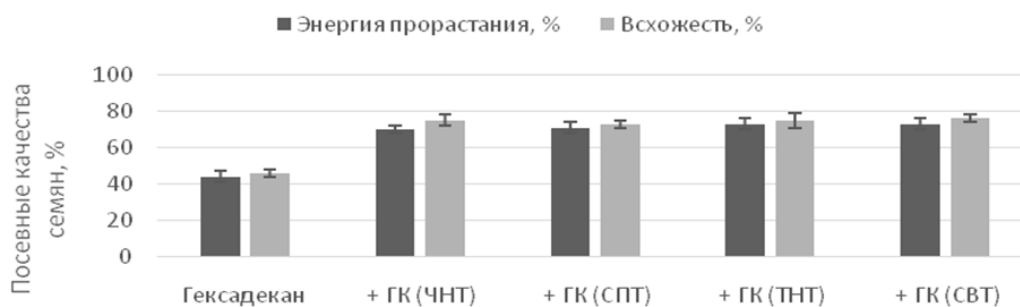


Рис. 3. Посевные качества семян кресс-салата при внесении ГК в условиях загрязнения гексадеканом

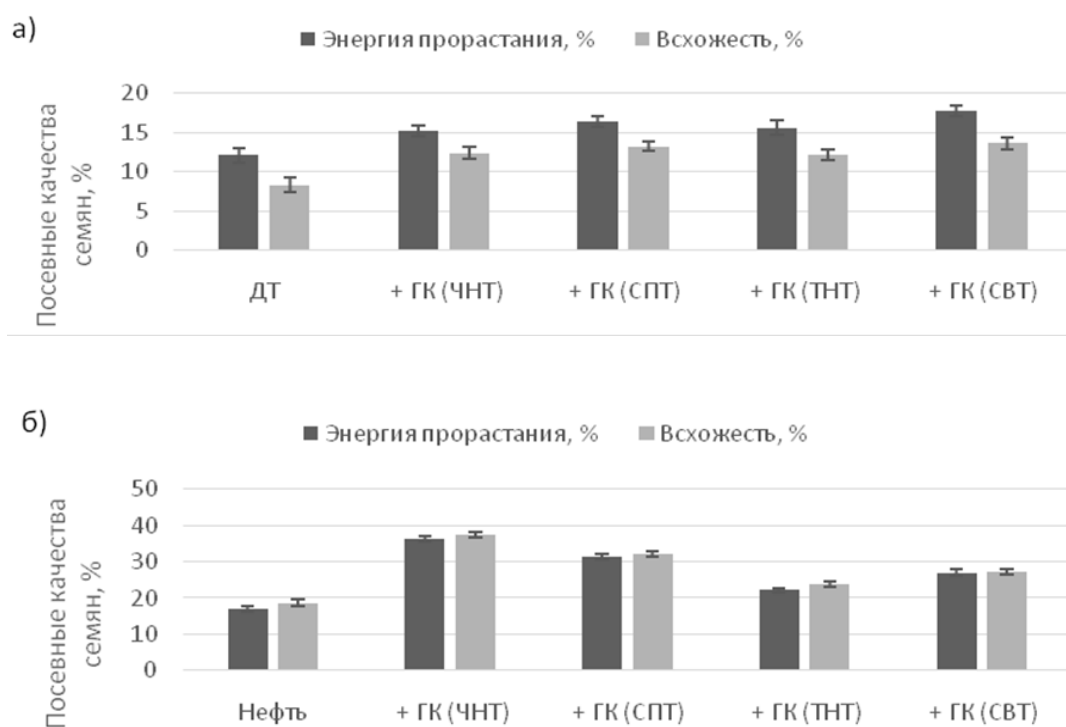


Рис. 4. Посевные качества семян кресс-салата при внесении ГК в условиях загрязнения а) ДТ; б) нефтью

Наиболее эффективно на посевные качества семян в условиях загрязнения нефтью влияет применение ГК черноольхового низинного торфа (увеличение энергии прорастания и всхожести по сравнению с вариантом без полива ГК на 38%). Обогащенность ГК ЧНТ лигнинными фрагментами определяет их максимальную связывающую способность с углеводородами нефти за счет ароматических фрагментов, входящих в состав ГК [7].

На 14-е сутки было проведено изучение биометрических параметров проростков кресс-салата. Тест-откликами служили длина гипокотыля и корня. Анализ данных показал, что обработка семян ГК различного происхождения не оказывала существенного влияния на рост побега, несмотря на то, что энергия прорастания и схожесть в том же варианте опыта превышали контрольные показатели. Это может быть связано с тем, что в результате воздействия ГК проросли семена низких посевных кондиций, что повлияло на уменьшение средней величины показателя.

Углеводородные загрязнители (гексадекан, дизельное топливо, нефть), добавленные в грунт, почти в 2 раза угнетали рост побега у проростков кресс-салата (рис. 5). Минимальное ингибирующее действие на рост побега наблюдалось в почве с гексадеканом (на 20.8 мм меньше контроля), максимальное – в почве с нефтью (на 22.5 мм меньше контроля).

Внесение растворов гуминовых кислот в грунт с загрязнителями приводило к снижению токсичности гексадекана и нефти, однако полного устранения негативного действия загрязнителя и достижения изучаемых параметров контрольных показателей отмечено не было. Однако в условиях совместного применения ГК различного происхождения и гексадекана длина побега варьировала в пределах от 26.7 до 33.4 мм и превышала аналогичные показатели в варианте с одним гексадеканом (от 7 до 14 мм).

Длина корней проростков оказалась менее чувствительна к присутствию углеводородных загрязнителей, чем длина побегов. Так, при внесении в субстрат гексадекана угнетение роста побегов составило 51%, а угнетение роста корней – 4.5%. Следует отметить, что в присутствии нефти наблюдали значения тест-отклика, незначительно превышающего контрольные показатели. Результаты вегетационного опыта показали, что в условиях загрязнения углеводородными токсикантами ГК проявляют стимулирующее действия на рост корней кресс-салата. Длина корня превышала значения, полученные в варианте с загрязнителем без применения ГК от 6% (нефть) до 16% от контроля (гексадекан).

На основе полученных в ходе вегетационных опытов данных можно предположить, что стимулирующая активность ГК в большей степени проявляется в стрессовых для организма условиях. Действительно, в ряде опытов было отмечено наиболее значительное увеличение тест-откликов при внесении ГК именно в условиях загрязнения токсикантами. Подобные эффекты, свидетельствующие о зависимости проявляемой физиологической активности ГК от условий, наблюдали и другие исследователи [16].

Установлено, что биостимулирующее действие растворов ГК проявлялось в увеличении длины гипокотилия и корня, причем физиологическая активность ГК эффективнее проявлялась в условиях загрязнения токсикантами. Согласно исследованиям [17–21], основные закономерности защитного действия ГК по отношению к живым организмам в условиях различных стрессов в водных и почвенных средах заключаются в следующем: ГК способствуют адаптации живых организмов к разнообразным стрессовым факторам; в присутствии токсикантов защитное действие ГК обусловлено образованием нетоксичных комплексов ГК-токсикант и собственной физиологической активностью ГК.

По результатам вегетационного опыта на субстрате с гексадеканом при поливе ГК (СВТ) были получены максимальные значения тест-откликов, которые лежали в области контрольных значений, полученных на незагрязненном субстрате, или даже превышали последние. В варианте с нефтью максимально выраженный эффект был получен при внесении ГК (ЧНТ) и ГК (СВТ). Полученные данные подтверждают гипотезу о том, что защитное действие ГК в условиях загрязнения определяется как связывающей способностью ГК по отношению к токсиканту, так и собственной биологической активностью ГК по отношению к растениям.

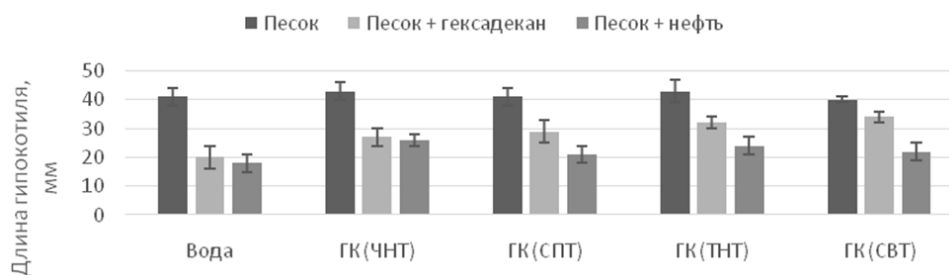


Рис. 5. Длина надземной части растений кресс-салата

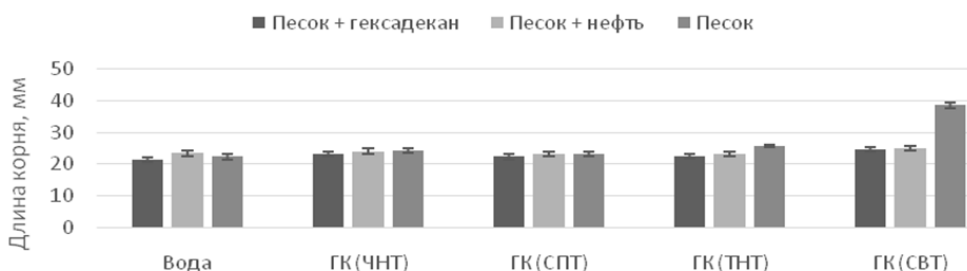


Рис. 6. Длина корней растений кресс-салата

Связывание растворенными гуминовыми кислотами нефтяных углеводородов аналогично процессу выведения их из свободно растворенного состояния. Данный процесс может приводить к увеличению водной растворимости нефтяных углеводородов, ускорению фотоллиза [22]. Причиной наблюдаемого снижения действия нефти и нефтепродуктов на живые организмы является образование аддуктов «ГК-нефтепродукт». Экологические последствия такого связывания – изменение форм существования экотоксикантов и их миграционной способности, уменьшение биодоступности и токсичности [23]. Последнее обстоятельство весьма важно и связано с тем, что максимальной активностью обладает свободная форма токсиканта. Связанное вещество свою токсичность теряет. На этом основании гуминовые кислоты рассматривают как природные детоксиканты.

Выводы

Установлено, что при обработке модельного субстрата раствором гуминовых кислот наблюдается стимуляция процессов роста и развития семян кресс-салата: наибольший положительный эффект на посевные качества семян оказывает внесение в грунт гуминовых кислот тростникового низинного торфа: энергия прорастания и всхожесть семян превышают контроль на 23–24%. ГК различного происхождения по величине положительного эффекта на ростовые процессы семян кресс-салата располагаются в ряд: ГК(ТНТ)> ГК(СПТ)> ГК(ЧНТ)> ГК(СВТ).

Выявлено, что посевные качества семян кресс-салата на загрязненном грунте в присутствии ГК во всех вариантах опытов с различными нефтепродуктами были выше по сравнению с вариантом без обработки ГК, что говорит о стимулирующем эффекте данных биологических объектов на посевные качества семян тест-культуры. Наибольший стабильный стимулирующий эффект был получен при внесении ГК в грунт, загрязненный гексадеканом.

По результатам вегетационного опыта на грунте с дизельным топливом при поливе ГК было установлено, что ни один из исследованных растворов ГК не оказывал на посевные качества семян тест-культуры выраженного стимулирующего действия: энергия прорастания и всхожесть превышали аналогичные показатели в варианте без применения ГК на 3–5 и 4–5% соответственно. При внесении ГК в модельный грунт, загрязненный ДТ и нефтью, наблюдали увеличение энергии прорастания и всхожести по сравнению с вариантом без обработки ГК от 8 до 38%.

Наиболее эффективно на посевные качества семян в условиях загрязнения нефтью влияет применение ГК черноольхового низинного торфа (увеличение энергии прорастания и всхожести по сравнению с вариантом без полива ГК на 38%).

Установлено, что все исследованные углеводородные загрязнители, добавленные в грунт, почти в 2 раза угнетали рост побега у проростков кресс-салата. Минимальное ингибирующее действие на рост побега наблюдалось в почве с гексадеканом (на 20.8 мм меньше контроля), максимальное – в почве с нефтью (на 22.5 мм меньше контроля). Результаты эксперимента показали, что внесение растворов ГК в грунт с загрязнителями приводило к снижению токсичности гексадекана и нефти, однако полного устранения негативного действия загрязнителя и достижения изучаемых параметров контрольных показателей отмечено не было. Однако в условиях совместного применения ГК различного происхождения и гексадекана длина побега варьировала в пределах от 26.7 до 33.4 мм и превышала аналогичные показатели в варианте с одним гексадеканом (от 7 до 14 мм).

Среди использованных показателей длина корней проростков оказалась менее чувствительна к присутствию углеводородных загрязнителей, чем длина побегов. Так, при внесении в субстрат гексадекана угнетение роста побегов составило 51%, а угнетение роста корней – 4.5%. Следует отметить, что в присутствии нефти наблюдали значения тест-отклика, незначительно превышающего контрольные показатели. Результаты вегетационного опыта показали, что в условиях загрязнения углеводородными токсикантами ГК проявляют стимулирующее действие на рост корней кресс-салата. Показатели длины корня превышали значения, полученные в варианте с загрязнителем без применения ГК от 6% (нефть) до 16% от контроля (гексадекан). На основе полученных в ходе вегетационных опытов данных можно предположить, что стимулирующая активность ГК в большей степени проявляется в стрессовых для организма условиях [16].

Список литературы

1. Вагапова М.Н., Мирошниченко А.А. Биотехнологическая очистка почвы от нефти и нефтепродуктов // Молодежный научный форум: Естественные и медицинские науки: электр. сборник статей по материалам XXXVIII международной студенческой научно-практической конференции. М., 2016. №9(37). С. 73–76.

2. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: учебное пособие. М., 2004. 163 с.
3. Демин В.В., Завгородняя Ю.А., Терентьев В.А. Природа биологического действия гуминовых веществ. Часть 1. Основные гипотезы // Доклады по экологическому почвоведению. 2006. Вып. 1. №1. С. 72–79.
4. Бойкова О.И., Волкова Е.М. Химические и биологические свойства торфов Тульской области // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2013. №3. С. 253–264.
5. Акатова Е.В., Дмитриева Е.Д., Сюдюкова К.В., Леонтьева М.М., Музафаров Е.Н. Детоксицирующая способность гуминовых веществ торфов различного происхождения по отношению к ионам тяжелых металлов // Химия растительного сырья. 2017. №1. С. 119–127. DOI: 10.14258/jcrpm.2017011382
6. Дмитриева Е.Д., Сюдюкова К.В., Акатова Е.В., Леонтьева М.М., Волкова Е.М., Музафаров Е.Н. Биологическая активность гуминовых веществ сапропеля реки Упы Тульской области // Химия растительного сырья. 2017. №1. С. 137–144. DOI: 10.14258/jcrpm.2017011418
7. Дмитриева Е.Д., Леонтьева М.М., Осина К.В. Физико-химические свойства гуминовых веществ торфов Тульской области // Вестник ТвГУ. Серия: Химия. 2019. №1(35). С. 134–146. DOI: 10.26456/vtchem2019.1.17.
8. Салеев К.М. Использование гуминовых препаратов для детоксикации и биodeградации нефтяного загрязнения: автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 2004. 30 с.
9. Арене В.Ж., Саушкин А.З., Гридин О.М., Гридин А.О. Очистка окружающей среды от углеводородных загрязнений. М., 1999. 371 с.
10. Sikkema J.B., Poolman B.B. Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons // Microbiology. 1995. Vol. 59. Pp. 201–222.
11. Cunningham C.J., Philp J.C. Comparison of bioaugmentation and biostimulation in ex situ treatment of diesel contaminated soil // Land Contamination & Reclamation. 2000. Vol. 8. N4. Pp. 261–269.
12. Назаров А.В. Влияние нефтяного загрязнения почвы на растения // Вестник Пермского государственного университета. Биология. 2007. Т. 5 (10). С. 134–141.
13. Minai-Tehrani D., Herfatmanesh A. Biodegradation of aliphatic and aromatic fractions of heavy crude oil-contaminated soil a pilot study bioremediation // Bioremediation Journal. 2007. Vol. 11. N2. Pp. 71–76. DOI: 10.1080/10889860701351589.
14. Донец Е.В. Влияние нефти на прорастание семян хвойных лесообразующих видов древесных растений под зоны южной тайги Омской области: дис. ... канд. биол. наук. Омск, 2009. 148 с.
15. Ogbo E.M. Effects of diesel fuel contamination on seed germination of four crop plants – *Arachishypogaea*, *Vignaunguiculata*, *Sorghum bicolor* and *Zea mays* // African Journal of Biotechnology. 2009. Vol. 8. N2. Pp. 250–253.
16. Демин В.В., Бирюков М.В., Семенов А.А. Природа биологического действия гуминовых веществ. Часть 2. Локализация биопротекторного действия гуминовых веществ в почвах // Доклады по экологическому почвоведению. 2006. Вып. 1. №1. С. 80–91.
17. Dunstone R.L., Richards R.A., Rawson H.M. Variable responses of conductance, growth, and yield to fulvic acid applications to wheat // Australian Journal of Agricultural Research. 1988. Vol. 39. N4. Pp. 547–553. DOI: 10.1071/AR9880547.
18. Yamada P., Asou K., Yazawa Y., Yamaguchi T. Plant physiological activities by humic acid and fulvic acid extracted from peat and weathered coal // Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2002. Vol. 73. N6. Pp. 777–781. DOI: 10.20710/dojo.73.6_777.
19. Kulikova N.A., Dashitsyrenova A.D., Perminova I.V., Lebedeva G.F. Auxin-like activity of different fractions of coal humic acids // Bulgarian journal of ecological science. 2003. Vol. 2. N3–4. Pp. 55–56.
20. Бобырь Л.Ф. Интенсивность фотосинтеза, состояние электрон-транспортной цепи и активность фосфорилирующей системы под воздействием гуминовых веществ // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. 1980. Т. 7. С. 54–63.
21. Гречищева Н.Ю. Разработка научных основ применения гуминовых веществ для ликвидации последствий нетезагрязнения почвенных и водных сред: дисс. ... канд. хим. наук. М., 2016. 326 с.
22. Куликова Н.А., Перминова И.В., Лебедева Г.Ф., Маторин Д.Н. Влияние органического вещества водной и щелочной вытяжек торфа на фотосинтез растений // Вестник Московского университета, серия 16 (Биология). 1997. №2. С. 36–41.
23. Liang Y.N., Britt D.W., McLean J.E. Humic acid effect on pyrene degradation: finding of an optimal range for pyrene solubility and mineralization enhancement // Applied Microbiology and Biotechnology. 2007. Vol. 74. N6. Pp. 1368–1375. DOI: 10.1007/s00253-006-0769-8.

Поступила в редакцию 20 мая 2019 г.

После переработки 18 июня 2019 г.

Принята к публикации 11 июля 2019 г.

Для цитирования: Дмитриева Е.Д., Герцен М.М., Горелова С.В. Влияние гуминовых кислот на посевные качества кресс-салата в условиях нефтяного загрязнения // Химия растительного сырья. 2019. №4. С. 349–357. DOI: 10.14258/jcrpm.2019045521.

*Dmitrieva E.D.**, *Gertsen M.M.*, *Gorelova S.V.* THE INFLUENCE OF HUMIC ACIDS ON THE SOWING QUALITIES OF COCKWEED IN OIL POLLUTION

Tula State University, pr. Lenina, 92, Tula, 300012, (Russia), e-mail: dmitrieva_ed@rambler.ru

The stimulating effect of humic acids on the processes of growth and development of cress seeds has been revealed. It has been established that use of humic acids of black alder fen peat most effectively affects the sowing qualities of seeds under conditions of oil pollution (an increase in the germination energy and germination capacity compared to the non-humic acid variant by 38%). The minimal inhibitory effect on shoot growth was observed in the soil with hexadecane (20.8 mm less than the control), the maximum – in the soil with oil (22.5 mm less than the control). Humic acids show a stimulating effect on the growth of cress roots under conditions of pollution with oil hydrocarbons. The root length indicators exceeded the values obtained in the version with the pollutant without the use of humic acids from 6% (oil) to 16% of the control (hexadecane). Based on the data obtained during the vegetation experiments, it can be assumed that the stimulating activity of humic acids is more pronounced in stressful conditions for the organism. The biostimulating effect of humic acids was revealed, which manifested itself in an increase in the length of the hypocotyl and root, and the physiological activity of detoxicants was more effectively detected under conditions of pollution with oil hydrocarbons. According to the results of the vegetative experience on a substrate with hexadecane during the irrigation with humic acids of sphagnum high-moor peat, the maximum values of the test responses were determined, corresponding to the control values obtained on the uncontaminated substrate, or higher than the latter. In the variant with oil, the most pronounced effect was achieved with the introduction of humic acids of reed fen and sphagnum high-moor peat, which confirms the hypothesis about the protective effect of humic acids in pollution conditions, which is determined by the binding ability of humic acids in relation to toxicant and their own biological activity in the relation to plants. It is proved that humic acids of peats make a significant contribution to the natural processes of self-purification, causing immobilization and detoxification of petroleum hydrocarbons, which indicates the prospects of their application in technologies of purification and recultivation of polluted water and soil media.

Keywords: humic acids, oil, oil products, oil emulsification, stimulating effect, sowing qualities.

References

1. Vagapova M.N., Mirosnichenko A.A. *Molodezhnyy nauchnyy forum: Yestestvennyye i meditsinskiye nauki: elektr. sbornik statey po materialam XXXVIII mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Youth Scientific Forum: Natural and Medical Sciences: electr. collection of articles based on materials of the XXXVIII international student scientific-practical conference], Moscow, 2016, no. 9(37), pp. 73–76. (in Russ.).
2. Davydova S.L., Tagasov V.I. *Neft' i nefteprodukty v okruzhayushchey srede: uchebnoye posobiye*. [Petroleum and petroleum products in the environment: a training manual]. Moscow, 2004, 163 p. (in Russ.).
3. Demin V.V., Zavgorodnyaya Yu.A., Terent'yev V.A. *Doklady po ekologicheskomu pochvovedeniyu*, 2006, vol. 1, no. 1, pp. 72–79. (in Russ.).
4. Boykova O.I., Volkova Ye.M. *Izvestiya TulGU. Yestestvennyye nauki*, 2013, no. 3, pp. 253–264. (in Russ.).
5. Akatova Ye.V., Dmitriyeva Ye.D., Syundyukova K.V., Leont'yeva M.M., Muzafarov Ye.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 1, pp. 119–127. DOI: 10.14258/jcprm.2017011382 (in Russ.).
6. Dmitriyeva Ye.D., Syundyukova K.V., Akatova Ye.V., Leont'yeva M.M., Volkova Ye.M., Muzafarov Ye.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 1, pp. 137–144. DOI: 10.14258/jcprm.2017011418 (in Russ.).
7. Dmitriyeva Ye.D., Leont'yeva M.M., Osina K.V. *Vestnik TvGU. Seriya: Khimiya*, 2019, no. 1(35), pp. 134–146. DOI: 10.26456/vtchem2019.1.17 (in Russ.).
8. Saleyem K.M. *Ispol'zovaniye guminovykh preparatov dlya detoksikatsii i biodegradatsii neftyanogo zagryazneniya: avtoref. dis. ... kand. khim. nauk*. [The use of humic preparations for detoxification and biodegradation of oil pollution: abstract. dis. ... cand. chem. sciences]. Moscow, 2004, 30 p. (in Russ.).
9. Arene V.Zh., Saushkin A.Z., Gridin O.M., Gridin A.O. *Ochistka okruzhayushchey sredy ot uglevodorodnykh zagryazneniy*. [Cleaning the environment from hydrocarbon pollution]. Moscow, 1999, 371 p. (in Russ.).
10. Sikkema J.B., Poolman B.B. *Microbiology*, 1995, vol. 59, pp. 201–222.
11. Cunningham C.J., Philp J.C. *Land Contamination & Reclamation*, 2000, vol. 8, no. 4, pp. 261–269.
12. Nazarov A.V. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, 2007, vol. 5 (10), pp. 134–141. (in Russ.).
13. Minai-Tehrani D., Herfatmanesh A. *Bioremediation Journal*, 2007, vol. 11, no. 2, pp. 71–76. DOI: 10.1080/10889860701351589
14. Donets Ye.V. *Vliyaniye nefi na prorastaniye semyan khvoynykh lesoobrazuyushchikh vidov drevesnykh rasteniy pod zony yuzhnoy taygi Omskoy oblasti: dis. ... kand. biol. nauk*. [The effect of oil on seed germination of coniferous forest-forming species of woody plants under the zone of the southern taiga of the Omsk region: dis. ... cand. biol. sciences]. Omsk, 2009, 148 p. (in Russ.).
15. Ogbo E.M. *African Journal of Biotechnology*, 2009, vol. 8, no. 2, pp. 250–253.
16. Demin V.V., Biryukov M.V., Semenov A.A. *Doklady po ekologicheskomu pochvovedeniyu*, 2006, vol. 1, no. 1, pp. 80–91. (in Russ.).
17. Dunstone R.L., Richards R.A., Rawson H.M. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1988, vol. 39, no. 4, pp. 547–553. DOI: 10.1071/AR9880547.
18. Yamada P., Asou K., Yazawa Y., Yamaguchi T. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2002, vol. 73, no. 6, pp. 777–781. DOI: 10.20710/dojo.73.6_777

* Corresponding author.

19. Kulikova N.A., Dashitsyrenova A.D., Perminova I.V., Lebedeva G.F. *Bulgarian journal of ecological science*, 2003, vol. 2, no. 3–4, pp. 55–56.
20. Bobyr' L.F. *Guminovyye udobreniya. Teoriya i praktika ikh primeneniya*, 1980, vol. 7, pp. 54–63. (in Russ.).
21. Grechishcheva N.Yu. *Razrabotka nauchnykh osnov primeneniya guminovykh veshchestv dlya likvidatsii posledstviy netezagryazneniya pochvennykh i vodnykh sred: diss. ... kand. khim. nauk.* [Development of the scientific basis for the use of humic substances to eliminate the effects of non-pollution of soil and water: diss. ... cand. chem. sciences]. Moscow, 2016, 326 p. (in Russ.).
22. Kulikova N.A., Perminova I.V., Lebedeva G.F., Matorin D.N. *Vestnik Moskovskogo universiteta, seriya 16 (Biologiya)*, 1997, no. 2, pp. 36–41. (in Russ.).
23. Liang Y.N., Britt D.W., McLean J.E. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2007, vol. 74, no. 6, pp. 1368–1375. DOI: 10.1007/s00253-006-0769-8.

Received May 20, 2019

Revised June 18, 2019

Accepted July 11, 2019

For citing: Dmitrieva E.D., Gertsen M.M., Gorelova S.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 4, pp. 349–357. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2019045521.

