

УДК 581.5:632.151

## ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ТАБАЧНОГО ДЫМА НА ОРГАНОГЕНЕЗ РАСТЕНИЙ *IN VITRO*

**Ульяна Дмитриевна Логунова**

учащаяся

**Александр Юрьевич Трунов**

учитель биологии

alexander\_myces@mail.ru

**Марина Борисовна Янковская**

педагог дополнительного образования

лаборатории биотехнологии «Агокуб»

mary.janck@yandex.ru

ТОГАОУ «Мичуринский лицей»

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема влияния загрязнителей, находящихся в составе сигаретного дыма на растения черноплодной рябины *in vitro*. В ходе исследования была подтверждена гипотеза об угнетающем влиянии соответствующих загрязнителей на органогенез растений. Установлено, что продукты горения табака в форме водного экстракта из окурков отрицательно влияют на органогенез микрочеренков рябины черноплодной. Степень угнетения органогенеза зависит от концентрации загрязняющих веществ (ПАУ и других). Растения способны адаптироваться к умеренному стрессу, вызванному загрязнителем.

**Ключевые слова:** загрязнители, сигаретный дым, рябина черноплодная, культура *in vitro*, микрочеренки

Вред, наносимый здоровью табачными изделиями, уже давно является общепризнанным, однако экологический ущерб, получаемый от курения, не ограничивается только курильщиками и даже не ограничивается исключительно людьми. Окурки в качестве мусора распространены и малозаметны в зеленых зонах и парках, и возможность их влияния на рост и жизнедеятельность растений явно недооценивается широкой общественностью [2-5; 14].

Поллютант (загрязнитель) – это физический, химический или же биологический агент, техногенным путем попадающий в естественную природную среду в концентрации выше допустимого фона. Поскольку компоненты сигарет и табачного дыма не возникают в таких количествах в естественных условиях и наносят вред вдыхающему их человеку, они должны рассматриваться как поллютанты [1; 7; 10].

Опасными загрязнителями биосферы являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – высокомолекулярные соединения бензольного ряда с выраженными тератогенными, мутагенными, канцерогенными и токсическими свойствами. В основе практически всех техногенных источников ПАУ лежат термические процессы, связанные со сжиганием и переработкой органического сырья, и табак тому не исключение. Благодаря гидрофобности молекулы ПАУ легко преодолевают биологические барьеры и аккумулируются в клетках организмов, повреждая в них ДНК. Накоплению ПАУ в природе способствуют их малая растворимость и высокая молекулярная масса [1; 11].

Табачный дым – это сажистый аэрозоль, образующийся при неполном сгорании табака при курении табачных изделий в диапазоне температур от 400°C между затяжками до примерно 900°C во время затяжки. В ходе горения табака множество химических веществ образуются в результате сгорания, дистилляции, пиролиза и пиросинтеза. Дым содержит более трех тысяч газообразных, смолистых и твердых химических соединений, в том числе опасных и канцерогенных. К газообразным относятся оксиды углерода, азот,

аммиак, циановодород и др. Смолистые соединения – фенолы, нафтолы, нитрозамины, ПАУ – в совокупности образуют табачный деготь, который оседает на дыхательных путях и в легких. Некоторые компоненты (например, фенантрен, формальдегид, пирен) не вписываются в эту довольно условную классификацию, т.к. распределены между различными фазами [2; 6; 12].

Твердая фаза представлена металлами (натрий, алюминий, цинк, хром, свинец, медь, кадмий и др.) и неметаллами (мышьяк, сурьма, сера), образующими соли. В составе твердой фазы могут быть и радиоактивные изотопы химических элементов – потребляя 1 пачку сигарет в день человек за год получает дозу радиации в 500 рентген [4; 6; 8].

Сигаретные фильтры состоят из волокон ацетилцеллюлозы и содержат десятки оседающих на них веществ с токсическими и канцерогенными свойствами, в том числе, ПАУ, т.к. изначально предназначены для сбора подобных соединений из табачного дыма. По различным данным, на фильтре от сигарет оседает от 8% до 50% загрязняющих веществ, содержащихся в дыме сигареты [4; 8; 9; 12].

Окурки на сегодняшний день считаются одним из преобладающих видов мусора в мире: по обобщенным данным, человечество ежегодно выкуривает примерно 5-6 трлн. сигарет, причем как минимум  $\frac{3}{4}$  окурков (~ 680 млн. тонн) попадает в окружающую среду т.к. не выбрасывается надлежащим образом. Начиная с 80-х годов прошлого столетия, окурки составляют 30-40% пластикового мусора, обнаруживаемого на городских и прибрежных территориях, как в России, так и в других странах [3; 5].

Цель исследований – провести оценку влияния водного экстракта сигаретных окурков в качестве поллютанта на органогенез растений *in vitro*.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось на базе лаборатории биотехнологии «Агрокуб» ТОГАОУ «Мичуринский лицей».

Микрочеренки рябины черноплодной высаживали на питательную среду по прописи Мурасиге-Скуга (MS) [13].

Для приготовления селективных сред вместо дистиллированной воды использовали водный экстракт сигаретных окурков (100 штук, без остатков табака, на литр дистиллированной воды). Основными поллютантами в таком растворе являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), несмотря на низкое сродство ПАУ к ацетилцеллюлозе и воде – присутствие других (более легких и растворимых) продуктов горения в табачном дыме позволяет смолам оседать на волокнах фильтра и переходить в воду в виде эмульсии. О присутствии ароматических углеводородов свидетельствовал сильный удушливый запах копоти, исходящий от водного экстракта. Примерная концентрация загрязняющих смол (исходя из 30% эффективности фильтра) составляла около 6 мг/л.

Независимой переменной (НП) в эксперименте являлся уровень загрязнения среды продуктами горения табака (экстрактами окурков). НП имела 3 уровня: «0» – нет загрязнения (контроль), «1» – исходный раствор, разбавленный в 10 раз (условно, 0,6 мг/л) и «2» – исходный раствор, разбавленный в 2 раза (~ 3 мг/л). Элементы количественного учета (зависимые переменные) – коэффициент размножения или количество новообразованных побегов на один эксплант и средняя длина побега.

Высадку микрочеренков рябины черноплодной проводили 22 сентября 2023 г. Через 3 дня был проведен первый визуальный осмотр всех трех вариантов. В дальнейшем проводили регулярные учеты.

### ***Контроль***

Было отмечено, что состояние микрочеренков на контрольной среде Мурасиге и Скуга в течение всего периода культивирования оставалось без изменений. Был отмечен рост исходных эксплантов. Через 5-6 дней началось появление новых побегов, листья нормальные, ярко-зеленого цвета (Рис. 1).



Рисунок 1 - Экспланты рябины черноплодной на питательной среде

На средах же с загрязнителем происходили определенные изменения, прежде всего состояния листового аппарата.

**1 Вариант. Питательная среда с раствором, содержащим ПАУ, разбавленным в 10 раз.**



Рисунок 2 - Экспланты рябины черноплодной на загрязненной среде. Разбавление концентрации в 10 раз

Листья, лежащие на среде или касающиеся ее, стали желтоватого цвета в последующем был отмечен их некроз. У некоторых микрочеренков наблюдали отмирание меристематических верхушек. Роста исходных эксплантов не было и при дальнейшем культивировании почти все исходные экспланты погибли. Однако и в этом варианте началась активная пролиферация побегов (Рис. 2).

## 2 Вариант. Питательная среда с раствором, содержащим ПАУ, разбавленным в 2 раза.

Как и следовало ожидать, на среде, где разбавление раствора было всего в 2 раза, изменения были более существенными. При дальнейшем культивировании таких микрочеренков в связи с поражением проводящих путей происходил их полный некроз (Рисунок 4).



Рисунок 3 - Экспланты рябины черноплодной на загрязненной среде. Разбавление концентрации в 2 раза

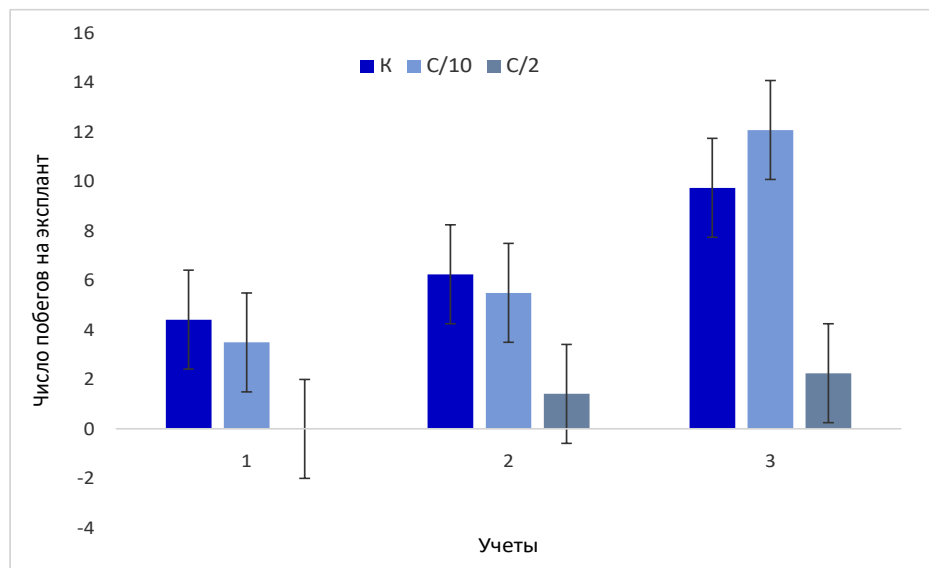


Рисунок 4 - Влияние загрязнения на пролиферацию побегов у эксплантов черноплодной рябины in vitro

После проведения 3-х учетов было отмечено, что коэффициент размножения в 1 опытном варианте находится на уровне контроля, а при третьем учете даже выше, хотя высокая величина стандартного отклонения не позволяет говорить о существенных отличиях этого варианта и контроля. Во 2

варианте опыта при 2 и дальнейших учетах было отмечено появление новых побегов, однако коэффициент размножения был значительно меньше: примерно в 6 раз, по сравнению со 2 вариантом и контролем (Рис. 3).

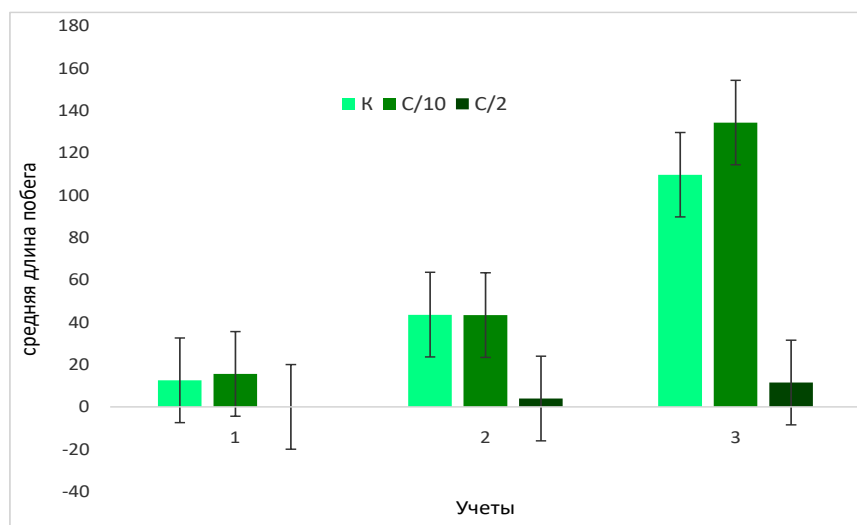


Рисунок 5 - Влияние загрязнения на рост побегов (мм) у эксплантов черноплодной рябины in vitro

Показатель средней длины новообразованных побегов на один эксплант в первом варианте оказался несколько выше, чем в контроле (Рис. 5). В данном случае это может быть связано с некоторым превышением коэффициента размножения, отмеченного при третьем учете. Объективно и средняя длина побегов в 1 варианте была на уровне контроля. Во 2 варианте она была существенно ниже во всех пробах.

Таким образом, по результатам проведенного эксперимента можно сделать вывод о несомненном угнетении органогенеза микрочеренков, подверженных воздействию веществ, экстрагированных из окурков сигарет.

**Заключение.** Табачный дым является несомненным поллютантом – загрязнителем окружающей среды. Его влияние на окружающую среду может быть не только прямым, но и косвенным: находящиеся в составе сигаретных окурков поллютанты попадают в почву и воды, отравляя животных, растения и микроорганизмы.

Продукты неполного горения табака, содержат множество токсичных веществ, в том числе, полициклические ароматические углеводороды, которые могут оказывать влияние на внутренние процессы растений. Экологические

связи организмов друг с другом, глобальная роль растений делают данную проблему всеобщей.

Нами было разработано и проведено эмпирическое исследование влияния загрязнителей, находящихся в составе сигаретного дыма на растения черноплодной рябины *in vitro*, в ходе исследования была подтверждена гипотеза об угнетающем влиянии соответствующих загрязнителей на органогенез растений. Новым в исследовании является использование микрорастений *in vitro* при изучении влияния загрязнения среды.

Анализ результатов исследования позволяет сформулировать выводы:

1. Продукты горения табака в форме водного экстракта из окурков отрицательно влияют на органогенез микрочеренков рябины черноплодной.
2. Степень угнетения органогенеза зависит от концентрации загрязняющих веществ (ПАУ и других).
3. Растения способны адаптироваться к умеренному стрессу, вызванному загрязнителем.

#### Список литературы:

1. Алексеев С.В. Экология: Учеб. пособие. СПб: СММО Пресс, 1998. 352 с.
2. Бакиева А.Р., Селимханова Г.Р. Курение как фактор риска для здоровья человека // Бюллетень медицинских интернет-конференций. № 6. 2017. с. 77-78.
3. Вайнцеттель Д. 4,5 трлн окурков ежегодно выбрасывают ненадлежащим образом // Экология. URL: <https://plus-one.rbc.ru/ecology/ezhegodno-vybrasyvayut-45-trln-okurkov>
4. Волкова Е.В. Табакокурение // Медицинский Всеобуч "Здоровьесбережение населения" ПИУВ. URL: [https://piuv.ru/medicinskij\\_vseobuch\\_\\_zdrove\\_sberezhenie\\_naselenija\\_/tabakokurenie\\_\\_](https://piuv.ru/medicinskij_vseobuch__zdrove_sberezhenie_naselenija_/tabakokurenie__)



5. Жукова А. Пассивный курильщик "Земля" // Русское географическое общество. Московское городское отделение. 5 июля 2023. URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/passivnyy-kurilshchik-zemlya>
6. Зубрицкий А.Н. Табак и табакокурение. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2005. 335 с.
7. Королёв В.А. Очистка грунтов от загрязнений. М., МАИК Наука. Интерпериодика. 2001. 365 с.
8. Николова М.Е. Радиоактивный фактор табачного дыма // Гигиена и санитария. 1970. №8.
9. Омарова С.Р. Конструирование и разработка новых видов сигарет по регламентируемым параметрам токсичности табачного дыма. Дисс. к. тех. н.: 05.18.05. / Сабина Руслановна Омарова. Краснодар, 2016. 155 с.
10. Поллютанты. Воздействие поллютантов на дыхательную систему // Пульмонология. MedUniver. URL: <https://meduniver.com/Medical/pulmonologia/40.html>
11. Ховятская П.Н. Биодegradация полициклических ароматических углеводов. Магистерская диссертация / П.Н. Ховятская (на правах рукописи). Тольятти, 2021. 86 с.
12. Kapp Robert. Tobacco Smoke // Encyclopedia of Toxicology. 2005 vol. 4 (2nd ed.). Elsevier, pp. 200-202.
13. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant.* 1962. V.15, № 95. P. 473-497.
14. Zhao J. Cigarette Butts and Their Application in Corrosion Inhibition for N80 Steel at 90°C in a Hydrochloric Acid Solution / Jun Zhao et al. // *Industrial & Engineering Chemistry Research.* 26.03.2010. 49, 8. p. 3986-3991

UDC 581.5:632.151

## INFLUENCE OF TOBACCO SMOKE POLLUTANTS ON PLANT ORGANOGENESIS IN VITRO

**Ulyana D. Logunova**

student

**Alexander Yu. Trunov**

biology teacher

alexander\_myces@mail.ru

**Marina B. Yankovskaya**

additional education teacher

biotechnology laboratory "Agokub"

mary.janck@yandex.ru

TOGAOU "Michurinsky Lyceum"

Michurinsk, Russia

**Abstract.** The article examines the problem of the influence of pollutants contained in cigarette smoke on chokeberry plants in vitro. The study confirmed the hypothesis about the inhibitory effect of the corresponding pollutants on plant organogenesis. It has been established that tobacco combustion products in the form of an aqueous extract from cigarette butts have a negative effect on the organogenesis of chokeberry microcuttings. The degree of inhibition of organogenesis depends on the concentration of pollutants (PAHs and others). Plants are able to adapt to moderate stress caused by the pollutant.

**Key words:** pollutants, cigarette smoke, chokeberry, in vitro culture, microcuttings.

Статья поступила в редакцию 01.02.2024; одобрена после рецензирования 20.03.2024; принята к публикации 22.03.2024.

The article was submitted 01.02.2024; approved after reviewing 20.03.2024; accepted for publication 22.03.2024.