

## Эффективность поверхностного компостирования табачной пыли с использованием микробных смесей

Т. В. Плотникова<sup>✉</sup>, В. А. Саломатин, Н. В. Сидорова

Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий (ВНИИТТИ), Краснодар, Россия

<sup>✉</sup>E-mail: [agrotobacco@mail.ru](mailto:agrotobacco@mail.ru)

**Аннотация.** Основным отходом при производстве курительных изделий является табачная пыль. Цель исследования – изучение возможности утилизации табачной пыли способом поверхностного компостирования совместно с микробными смесями «Стимикс Компост», «Пробиокс Агро» и «Геостим» непосредственно в полевых условиях, способствующим восстановлению почвенного плодородия. **Методы.** В годы исследований (2020–2021) табачную пыль вносили в дозах 5 и 8 т/га в чистом виде и совместно с микробиологическими препаратами. **Научная новизна.** Предложен способ использования отходов табачного производства в качестве удобрения совместно с деструкторами. **Результаты.** Установлено, что за 30–60 суток на фоне применения табачной пыли совместно с микробными препаратами в почве увеличивается содержание главных питательных элементов: аммонийной формы азота на 65–207 %, нитратной – на 83–225 %, доступного фосфора – на 21–107 %, обменного калия – на 80–194 %. Определено повышение показателей биологической активности почвы. Процесс нитрифицирующей способности усиливается на 70–194 %, ускоряется целлюлозоразрушающая активность микроорганизмов – на 27–133 %, повышается количество продуцированной CO<sub>2</sub> из почвы – на 61–129 %. Содержание органического вещества (гумуса) увеличивается до 4,2–5,5 % за период учета (на контроле 4,0–4,7 %). Установлено повышение влагоудерживающей способности почв в вариантах опыта с табачной пылью и деструкторами (влажность почвы за период исследований составила 18,4–25,5%, в контроле – 17,1–18,7 %). Лучшие результаты по поверхностному компостированию табачной пыли получены во влажных условиях 2021 г. (ГТК = 1,38), в 2020 г. ГТК = 0,87. Микологический анализ выявил снижение заселения почвы патогенными микромицетами в вариантах опыта с табачным отходом. Прибавка к урожайности перца горького (сорт Бараний рог) на фоне смеси табачной пыли и биодеструкторов составила 12–32 % (2020 г.), огурца посевного (сорт Дальневосточный 27) – 20–33 %.

**Ключевые слова:** отходы, табачная пыль, Стимикс Компост, Пробиокс Агро, Геостим, поверхностное компостирование, плодородие почвы, урожайность

**Для цитирования:** Плотникова Т. В., Саломатин В. А., Сидорова Н. В. Влияние способа поверхностного компостирования отхода табачного производства – табачной пыли совместно с деструкторами на повышение плодородия почвы и урожайность сельскохозяйственных культур // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 08. С. 994–1006. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-08-994-1006>.

**Дата поступления статьи:** 29.02.2024, **дата рецензирования:** 29.03.2024, **дата принятия:** 22.05.2024.

## Efficiency of surface composting of tobacco dust using microbial mixtures

T. V. Plotnikova<sup>✉</sup>, V. A. Salomatin, N. V. Sidorova

All-Russian scientific research institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Krasnodar, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: agrotobacco@mail.ru

**Abstract.** Tobacco dust is the main waste in the production of smoking products. **The purpose** is to study the possibility of tobacco dust utilization by surface composting together with microbial mixtures “Stimiks Kompost”, “Probioks Agro” and “Geostim”, directly in the field conditions, contributing to the restoration of soil fertility. **Methods.** In the years of research (2020–2021) tobacco dust was applied in doses of 5 and 8 t/ha in pure form and together with microbiological preparations. **Scientific novelty.** The method of using tobacco production waste as a fertilizer together with microbiological preparations is proposed. **Results.** It was established that for 30–60 days, tobacco dust application together with destructors, the content of basic nutrient elements in the soil increased: ammonium nitrogen form by 65–207 %, nitrate nitrogen by 83–225 %, available phosphorus by 21–107 %, exchangeable potassium by 80–194 %. Also Increasing of soil biological activity indicators was determined. The process of nitrifying ability of soil increases by 70–194 %, cellulose-destroying activity of microorganisms increases by 27–133 %, the amount of produced CO<sub>2</sub> from soil increases by 61–129 %. The content of organic matter (humus) increases up to 4.2–5.5 % for the period of counting (4.0–4.7 % on the reference). Increase of moisture-holding capacity of soils in variants of experiment with tobacco dust and destructors was established (soil moisture for the period of research amounted to 18.4–25.5 %, in control – 17.1–18.7 %). The best results for surface composting of tobacco dust were obtained under wet conditions in 2021 (Hydrothermal coefficient (HTC) = 1.38), in 2020 HTC = 0.87. Mycological analysis revealed a decrease in soil infestation with pathogenic micro-mycetes in the variants of the experiment with tobacco waste. The increase in yield of bitter pepper (variety Baraniy rog) on the background of a mixture of tobacco dust and biodegraders amounted to 12–32 % (2020), seed cucumber (variety Dal’nevostochnyy 27) – 20–33 %.

**Keywords:** waste, tobacco dust, Stimiks Kompost, Probioks Agro, Geostim, surface composting, soil fertility, yield

**For citation:** Plotnikova T. V., Salomatin V. A., Sidorova N. V. Influence of the method of surface composting of tobacco production waste – tobacco dust together with destructors on improvement of soil fertility and crop yields. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (08): 994–1006. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-08-994-1006>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 29.02.2024, **date of review:** 29.03.2024, **date of acceptance:** 22.05.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

В табачной промышленности при производстве курительных изделий образуются большие объемы отходов – до 12 % от общего количества выпускаемой продукции. Отходы подразделяются на возвратные и невозвратные. К возвратным отходам относят остатки табака, волокно после переработки брака сигарет и штранга, к невозвратным – срезы главной жилки, мелочь и пыль. Основная часть невозвратных отходов – это табачная пыль, в состав которой входит до 50 % минеральных примесей. Данный отход отнесен к третьему классу опасности и подлежит утилизации на специальных полигонах ТБО. При этом большое скопление отхода небезопасно для окружающей среды и человека, так как способствует появлению очагов самовозгорания, загрязнению грунтовых вод и изъятию земель. Поэтому как за рубежом, так и в нашей стране предлагаются альтернативные способы утилизации

направления по вовлечению табачных отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичных ресурсов [1–3]. На сегодняшний день одним из таких направлений является применение в качестве органического удобрения как прямым внесением в почву, так и через процесс компостирования.

Компостирование – это эффективная процедура переработки сельскохозяйственных и промышленных отходов и превращения их в ценный материал [4; 5]. В Турции изучено влияние компоста из табачной пыли в сочетании с навозом при разных соотношениях на урожайность салата (*Lactuca sativa* L. var. capitata). Лучшие результаты по урожайности получены при применении компоста из стопроцентной табачной пыли [6]. Улучшение свойств ксерофлювиальной почвы и повышение урожайности кукурузы (*Zea Mays* L.) установлено при внесении в почву компоста из табачных отходов в количестве 50 т/га [7]. В Индонезии проведены

исследования по определению влияния биогумуса в дозах 1–4 т/га, полученного из отходов табачной промышленности, на рост и продуктивность дыни (*Cucumis melo* L.) [8]. Во Вьетнаме компостировали табачные отходы совместно с куриным пометом в разных пропорциях и в сочетании с микробным деструктором, содержащим биоагенты *Bacillus subtilis* и *Trichoderma harzianum*. Компост применяли (0, 10, 15 и 20 т/га) совместно с фосфорным (40 кг/га), азотным (60 кг/га) и калийным (90 кг/га) удобрениями для выращивания горчицы листовой (*Brassica integrifolia*) [9]. В Китае разработан способ приготовления органического удобрения из табачных отходов совместно с куриным пометом, грибными отрубями и биоуглем [10; 11]. В Греции табачные отходы компостировали совместно с торфом и испытывали на росте и развитии растений герани [12]. В Польше изготавливали компост, приготовленный из табачных отходов, коры и соломы [13]. Есть данные по применению табачной пыли в качестве удобрения в чистом виде. Так, в Бразилии установлено, что дозы внесения отходов табачного производства от 15 до 20 т/га наиболее эффективны для роста растений [14]. В Бангладеше изучали влияние совместного применения табачной пыли и прессовой грязи сахарного тростника. В результате на фоне оздоровления почвы (повышение органического вещества, общего азота, доступного фосфора, серы и обменного калия) получена высокая урожайность риса [15]. Выращивание табака также характеризуется большим количеством отходов биомассы, утилизация которых часто представляет собой сложную и дорогостоящую проблему [16]. Есть исследования по эффективному применению в качестве удобрения непосредственно в поле отходов сырого табака в норме 40 т/га [17]. В нашей стране мало изучено данное направление.

Во ВНИИТТИ с 2012 года начаты исследования по вторичному использованию табачной пыли, а именно в качестве удобрения как в чистом виде, так и в смеси с биодеструкторами для ускорения процесса разложения пыли до нетоксичного состояния. Установлены оптимальные дозы (от 2 до 5 т/га) внесения отхода в чистом виде за месяц до проведения весенне-полевых работ в качестве удобрительного средства [18]. Эффективность и экологичность приема подтверждаются не только оптимизацией агрохимических и микологических показателей почвы, но и наличием в ней геобионтов и геофилов, а именно дождевых червей (сем. *Lymbricidae*) и жуков (сем. *Carabidae*) [19]. Применение более высоких доз табачной пыли (8 т/га) за указанный период приводит к угнетению биологических процессов в почве. Однако при добавлении биодеструкторов («Стернифаг», «Биокомплекс БТУ», птичий помет, сахарный дефекал и др.) к табачной пыли в вышеуказанной дозе отмечается ускорение разложения от-

хода, проявляемое активизацией процессов биологической активности и улучшение всех показателей почвенного плодородия, а именно увеличение содержания подвижных форм основных питательных элементов, повышение биологической активности, снижение плотности микопатогенной инфекции и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур [20–22]. При этом предлагаемое поверхностное компостирование табачной пыли непосредственно в поле является доступным и дешевым методом возврата в почву органического вещества. Таким образом, опираясь на опыт российских и зарубежных специалистов, можно сделать вывод, что отходы табачного производства целесообразно использовать в качестве органического удобрения как в чистом виде, так и в сочетании с другими растительными отходами и бактериальными добавками.

Поэтому целью данных исследований являлось изучение возможности применения отхода табачного производства – табачной пыли – в качестве почвоудобрительного средства способом поверхностного компостирования совместно с микробными смесями «Стимикс Компост», «Пробиокс Агро» и «Геостим».

#### Методология и методы исследования (Methods)

Опыт проводили на опытно-селекционном участке ВНИИТТИ (г. Краснодар). В качестве деструкторов использовали микробные смеси, специально разработанные для разложения растительных остатков: «Стимикс Компост», «Пробиокс Агро» и «Геостим».

Препарат «Стимикс Компост» (ООО НПО «Биоцентр»), состоит из живых активных азотфиксирующих, молочных бактерий, бактерий фотосинтеза, сахаромицетов. В состав препарата «Геостим» (ООО «Биотехагро») входят сапротрофный гриб *Trichoderma viride* и ассоциативные микроорганизмы *Azomonas agilis*, *Azotobacter chroococcum*. «Пробиокс Агро» (НПК «Пробиокс») представляет собой симбиотическое сообщество полезных микроорганизмов: азотфиксирующих, фотосинтезирующих, актиномицетов, ферментирующих грибов, молочнокислых, дрожжей и др.

Почва опытного участка – западно-предкавказский чернозем выщелоченный. Опыт по поверхностному компостированию табачной пыли в 2020 г. (III декада марта – III декада мая) проводился на фоне низкой влагообеспеченности. По количеству выпавших осадков в марте отмечен дефицит по сравнению со средней многолетней величиной на 37,0 мм, в апреле – на 24,5 мм, в мае – на 2,8 мм. По температурному режиму март оказался теплее средней многолетней нормы на +6,8 °С, апрель – на +0,8 °С, май – на +1,9 °С. Деструкция табачного отхода в 2021 г. осуществлялась в более оптимальных по влагообеспеченности условиях. В апреле количество выпавших осадков составило 70 мм, что

превысило среднеголетние данные на +26,2 мм, в мае – 108 мм, при этом превышение нормы составило +56,2 мм. Среднемесячная температура была выше нормы на +1,6 °С и +2,6 °С соответственно месяцам проведения исследований. Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК), характеризующий уровень влагообеспеченности, составил по годам 0,87 и 1,38 соответственно.

Табачную пыль вносили в дозах 5 и 8 т/га в чистом виде и совместно с микробиологическими препаратами. Микробные смеси смешивали с водой в количестве 1,0 л/м<sup>2</sup> в дозах согласно схеме полевого опыта («Стимикс Компост» – 10 л/га, «Геостим» – 1 л/га, «Пробиокс Агро» – 3,0 л/га) и с помощью лейки наносили на обрабатываемую площадь (в данном случае на участок с внесенной табачной пылью) и заделывали в почву с помощью мотыги на глубину 10 см. Микробиологический препарат «Геостим» применяли согласно рекомендациям производителя в дозе 1 л/га совместно с гуминовым удобрением в жидкой форме «Гумат 1», а для усиления роста гриба триходермы добавляли в раствор селитру в количестве 10 кг/га. Площадь учетной делянки в опыте – 5 м<sup>2</sup>. Повторность четырехкратная.

Отбор проб почвы для агрохимического анализа осуществляли через 30 суток и 60 суток после закладки опыта. В почвенных образцах определяли нитрифицирующую способность по возрастанию в почве содержания нитратов, при выдерживании ее в оптимальных для микроорганизмов условиях (в термостате с температурой 27–28 °С) в течение 7 суток по методу Кравкова; целлюлозоразрушающую активность – по степени разложения клетчатки после двухнедельной инкубации (в термостате с температурой 27–28 °С) по методу Федорова; интенсивность дыхания по количеству выделившегося из почвы углекислого газа после суточной экспозиции – по методу Штатнова; содержание нитратного и аммонийного азота – по методу Мещерякова; подвижного фосфора – по методу Чирикова; обменного калия – по методу Масловой. Микологический состав почвы устанавливали на 60-е сутки после внесения всех природных компонентов. Грибы из почвы изолировали, для этого почвенную навеску, смешивали со стерильной водой и встряхивали на шейкере в течение 15 минут. Из полученной суспензии отбирали 0,3 мл и высевали в чашки Петри на голодный алкогольный агар. Засеянные чашки Петри инкубировали в термостате при температуре 24 °С в течение 14 дней. Идентификация и учет колоний грибов проводили на микроскопе «Биолам» в лабораторных условиях КубГАУ.

Эффективность использования отходов табачного производства в качестве органического удобрения оценивали по урожайности перца горького (сорт Бараний рог) (2020 г.) и огурца посевого (сорт Дальневосточный 27) (2021 г.). Статистиче-

ский анализ экспериментальных данных проводили по методике Б. А. Доспехова (1985) с использованием компьютерной программы Excel.

### Результаты (Results)

Опыт заложен на черноземе выщелоченном (контроль) с низким содержанием подвижных форм основных питательных элементов за период проведения опыта (2020–2021 гг.): NH<sub>4</sub> – 1,3–2,3 мг, NO<sub>3</sub> – 4,8–9,0 мг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 7,5–10,1 мг и K<sub>2</sub>O – 13,7–14,9 мг на 100 г почвы. При внесении в почву в качестве удобрительного средства табачной пыли (ТП) в дозах 5 и 8 т/га в 2020 г на фоне выпадения небольшого количества атмосферных осадков – 24 мм и 15 мм (в течение первых и вторых 30 суток соответственно) и, следовательно, относительно низкого обеспечения почвы влагой в весенний период (9,9–24,9 %) отмечена достаточно высокая интенсивность деструкции отхода табачного производства как с использованием микробных коктейлей, так и в чистом виде. Данный факт подтверждается изменением, а именно повышением процесса минерализации в почве, при этом увеличивается содержание доступных форм основных питательных элементов, необходимых для роста растений. Так, в вариантах опыта на фоне применения табачной пыли в дозах 5 и 8 т/га отмечено увеличение в сравнении с контролем содержания аммонийной формы азота через 30 суток на 93–100 % и через 60 суток на 86–114 %, нитратной формы азота – на 35–63 % и 140–160 %, доступного фосфора – на 10 % и на 24–27 %, обменного калия – на 41–61 % и 78–99 % соответственно. Причем на 30-е сутки в условиях недостаточного увлажнения процесс разложения табачной пыли протекает активнее на фоне применения отхода в дозе 5 т/га. Доза табачной пыли 8 т/га вызывает угнетение биологических процессов. Через 60 суток результаты в варианте опыта с табачной пылью в дозе 8 т/га уже превышают фон опыта с меньшей дозой табачного отхода.

Применение табачной пыли в дозах 5 и 8 т/га в условиях повышенной влажности 2021 г. на фоне выпадения превышающих норму количества осадков – 70 мм и 108 мм (за первые и за вторые 30 суток) и, следовательно, оптимального обеспечения почвы влагой в весенний период (18,4–25,5%) также отмечена высокая интенсивность деструкции отхода табачного производства во всех вариантах опыта, проявляемая повышением содержания основных питательных элементов в почве. Табачная пыль, внесенная в почву в дозах 5 и 8 т/га за период наблюдений, способствует увеличению содержания аммиачной формы азота через 30 суток на 39–74 %, через 60 суток – на 130–162 %, нитратной формы – на 90–106 % и 82–114 %, фосфора – на 57–78 % и 54–76 %, обменного калия – на 43–94 % и 77–121 % соответственно.

Анализ полученных результатов показал, что улучшение показателей биологической активности почвы, а именно процесс окисления аммиака в азотную кислоту, осуществляемый нитрифицирующими бактериями, ускоряется в вариантах опыта с применением табачной пыли в чистом виде в двух дозах на 30-е сутки в опыте на 127–136 % и на 60-е сутки – на 50–62 % (по результатам 2020 года), на 30-е сутки – на 50–79 % и на 60-е сутки – на 79–100 % (по результатам 2021 года) (таблица 1). Микробиологическая активность по разложению клетчатки увеличивается в 2020 г. в вариантах опыта с табачной пылью в дозах 5 и 8 т/га на 30-е сутки на 9–25 % и на 60-е сутки – на 19 %, соответственно в 2021 году – на 84–124 % и 87–112 %. Выделение углекислоты и других газов из почвы (дыхание почвы), связанное с функционированием почвенной биоты, повышается на 49–65 % и 13–16 % соответственно датам отбора проб по результатам опыта в 2020 году и на 60–77 % и 82–93 % в 2021 году.

Внесение табачной пыли совместно с деструкторами «Стимикс Компост», «Пробиокс Агро» и «Геостим» значительно повышает все изучаемые агрохимические показатели почвы в сравнении не только с контролем, но и с вариантами опыта, где применяли табачную пыль в чистом виде в дозах 5 и 8 т/га. Так, табачная пыль, примененная в двух дозах совместно с препаратом «Стимикс Компост», в опыте за 2020 года способствует увеличению содержания в почве аммиачного азота на 147–193 % (на 30-е сутки) и на 124–157 % (на 60-е сутки), нитратного азота – на 65–85 % (на 30-е сутки) и на 157–194 % (на 60-е сутки), фосфора – на 25–81 % (на 30-е сутки) и на 64–92 % (на 60-е сутки), обменного калия – на 85–101 % (на 30-е сутки) и на 101–123 % (на 60-е сутки) в сравнении с контролем. Нитрифицирующая способность почвы увеличивается на 133–172 % и 72–110 %, интенсивность процесса разложения клетчатки – на 27–59 % и 29–47 %, интенсивность дыхания почвы – на 72–110 % и 84–99 % соответственно дозам пыли и датам отбора проб.

В 2021 году на данном фоне также отмечается качественное изменение в почве, проявляемое повышением содержания аммиачного азота соответственно дозам отхода (5 и 8 т/га) и датам отбора проб на 87–126 % и 123–146 %, нитратного азота – на 140–168 % и 93–124 %, фосфора – на 46–67 % и 36–59 %, обменного калия – на 82–99 % и 100–137 %. Отмечено повышение нитрифицирующей способности почвы на 86–116 % и 120–167 %, целлюлозоразрушающей активности – на 106–129 % и 113–126 %, интенсивности дыхания почвы – на 61–81 % и 93–106 % соответственно на 30-е и 60-е сутки проведения учетов.

Положительные изменения произошли в почве и на фоне применения табачной пыли в двух испы-

танных дозах (5 и 8 т/га) совместно с деструктором «Геостим». По данным 2020 года, данная смесь увеличивает в почве доступный аммонийный азот на 133–153 % (на 30-е сутки учета) и 95–133 % (на 60-е сутки учета), нитратный азот – на 79–88 % и 159–206 %, фосфор – на 21–80 % и 61–91 %, калий – на 81–110 % и 85–143 %. Определено повышение нитрификационной активности почвы на 131–169 % и 70–123 %, интенсивности процесса разложения клетчатки на 40–45 % и 30–34 %, дыхания почвы – на 85–115 % и 93–117 % соответственно дозам и датам отбора проб. В 2021 году за период исследований (через 30 и 60 суток соответственно) установлено увеличение содержания в почве аммиачной формы азота на 65–100 % и 100–138 %, нитратной – на 154–209 % и 144–160 %, фосфора – на 36–66 % и 35–53 %, калия – на 88–102 % и 111–143 %. Созданы благоприятные условия для жизнедеятельности бактерий, усваивающих минеральные формы азота, при этом процесс нитрификации в почве проходит на 83–121 % и 126–171 % интенсивнее, активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов увеличивается на 117–133 % и 113–127 %, продуцирование углекислоты почвой – на 59–96 % и 59–129 % соответственно дозам табачной пыли и датам отбора проб.

Внесение препарата «Пробиокс Агро» также существенно улучшает деструкцию табачной пыли в дозах 5 и 8 т/га. При этом, по результатам 2020 года, отмечается повышение в почве азота в аммиачной форме на 180–207 % (на 30-е сутки согласно дозам табачной пыли) и на 167–180 % (на 60-е учетные сутки), в нитратной форме на 83–90 % и 201–220 %, фосфора – на 31–84 % и 72–104 %, калия – на 84–97 % и 81–120 %. Установлено увеличение нитрифицирующей способности почвы на 167–194 % и 80–125 %, интенсивности процесса разложения клетчатки – на 40–59 % и 29–49 %, продуцирования углекислого газа – на 73–120 % и 91–123 % соответственно дозам и датам отбора проб.

За учетный период в 2021 году на фоне применения препарата «Пробиокс Агро» отмечается увеличение в почве аммиачного азота через 30 суток после внесения табачной пыли и деструктора на 135–161 %, через 60 суток – на 108–154 %, нитратного азота – на 213–225 % и 156–181 %, доступного фосфора – на 50–107 % и 38–61 %, обменного калия – на 76–85 % и 106–120 % соответственно. Нитрифицирующая способность почвы, в период первых 30 суток после внесения отходов, превысила значения контроля на 93–133 % соответственно дозам табачной пыли. В период вторых 30 суток опыта (на 60-е сутки учета) нитрифицирующая активность почвы повышается относительно контроля на 150 % и 183 % соответственно дозам пыли. Микробиологическая целлюлозоразрушающая активность при совместном применении табачной

пыли и биопрепарата «Пробиокс Агро» значительно увеличивается на протяжении опыта. В первый учет она повышается на фоне табачной пыли в дозе 5–8 т/га на 101–192 %, во второй учет – на 114–133 % соответственно. Продукция углекислоты, или «дыхание» почвы, при применении препарата «Пробиокс Агро» и табачной пыли в испытанных дозах повышается через 30 суток на 59–98 %, через 60 суток – на 88–135 %. Необходимо отметить, что лучшие агрохимические показатели почвы установлены на фоне применения табачной пыли в дозе 8 т/га совместно с биодеструкторами.

В опыте также изучено влияние микробных смесей в чистом виде на показатели плодородия почвы. Агрохимические параметры в этом случае ниже в сравнении с вариантами опыта, где применяли табачную пыль в чистом виде.

За период проведения опыта (2020–2021 гг.) на фоне деструктора «Геостим» отмечено увеличение в почве аммиачного азота на 13–20 % на 30-е сутки учета и на 33–77 % на 60-е сутки, на фоне препарата

«Стимикс Компост» – на 22–33 % и 33–85 %, «Пробиокс Агро» – на 30–33 % и 43–77 % соответственно. Показатели нитратного азота повысились при применении препарата «Геостим» на 15–82 % на 30-е сутки учета и 82–96 % на 60-е учетные сутки, при применении препарата «Стимикс Компост» – на 8–78 % и 21–41 %, препарата «Пробиокс Агро» – на 17–39 % и 77–80 %. Установлено по годам увеличение в почве доступного фосфора на фоне препарата «Геостим» – на 4–30 % и на 30-е и на 60-е сутки, на фоне микробиологического препарата «Стимикс Компост» – на 4–42 % и 4–37 %, на фоне препарата «Пробиокс Агро» – на 5–55 % и 5–45 %. Данные по показателям обменного калия с применением табачной пыли совместно с препаратом «Геостим» в опыте за два года исследований увеличились на 18–76 % через 30 суток и на 16–79 % через 60 учетных суток; в варианте, где применяли «Стимикс Компост», – на 14–63 % и 11–72 %; «Пробиокс Агро» – на 6–53 % и 6–64 % соответственно годам и суткам учета.

Таблица 1  
Изменение биологической активности почвы на различных фонах через 30 суток (1)  
и через 60 суток (2) после внесения табачной пыли (ТП)

Вариант опыта	Нитрифицирующая способность, мг NO <sub>3</sub> / 100 г почвы		Активность целлюлозоразрушающих бактерий, %		Интенсивность дыхания, мг CO <sub>2</sub> /кг почвы в сутки	
	1	2	1	2	1	2
<b>2020 год</b>						
Контроль	3,6	6,0	28,0	30,8	23,3	20,4
ТП 5 т/га	8,2	9,0	35,1	36,6	37,2	37,1
ТП 8 т/га	8,5	9,7	30,5	36,6	41,2	39,3
Пробиокс Агро	5,5	6,7	31,0	33,1	25,1	23,4
Стимикс Компост	5,0	6,4	28,8	32,1	24,6	22,4
Геостим	5,4	6,5	30,9	32,5	25,1	22,8
ТП 5 т/га + Пробиокс Агро	9,6	10,8	39,3	39,8	40,4	39,0
ТП 8 т/га + Пробиокс Агро	10,6	13,5	44,6	45,8	51,4	45,5
ТП 5 т/га + Стимикс Компост	8,4	10,3	35,5	39,6	40,0	37,5
ТП 8 т/га + Стимикс Компост	9,8	12,6	44,4	45,3	49,0	40,5
ТП 5 т/га + Геостим	8,3	10,2	39,3	39,9	43,0	39,3
ТП 8 т/га + Геостим	9,7	13,4	40,5	41,3	50,0	44,2
НСР <sub>05</sub>	1,03	1,41	2,05	3,12	3,30	2,91
<b>2021 год</b>						
Контроль	5,8	4,2	8,9	18,6	24,6	19,4
ТП 5 т/га	8,7	7,5	16,4	34,7	36,7	22,0
ТП 8 т/га	10,4	8,4	20,0	39,4	40,5	22,6
Пробиокс Агро	8,0	7,8	11,5	29,7	30,1	28,8
Стимикс Компост	7,7	6,7	10,9	28,4	27,4	26,8
Геостим	7,8	7,3	9,6	28,3	28,5	28,0
ТП 5 т/га + Пробиокс Агро	11,2	10,5	17,9	39,8	39,0	36,4
ТП 8 т/га + Пробиокс Агро	13,5	11,9	26,0	43,4	48,6	45,5
ТП 5 т/га + Стимикс Компост	10,8	10,1	18,3	39,6	39,6	37,5
ТП 8 т/га + Стимикс Компост	12,5	11,2	20,4	42,0	44,5	40,0
ТП 5 т/га + Геостим	10,6	9,5	19,3	39,6	39,3	30,8
ТП 8 т/га + Геостим	12,8	11,4	20,7	42,3	48,2	44,5
НСР <sub>05</sub>	1,06	0,88	2,04	3,24	3,48	2,26

Table 1  
Changing biological activity of the soil for different backgrounds 30 and 60 days after tobacco dust addition (TD)

Агротехнологии

Experiment variant	Nitrifying capacity, mg NO <sub>3</sub> /100 g of soil		Activity of cellulose-degrading bacteria, %		Respiration intensity, mg CO <sub>2</sub> /kg of soil per day	
	1	2	1	2	1	2
<b>2020</b>						
Control	3.6	6.0	28.0	30.8	23.3	20.4
TD 5 t/ha	8.2	9.0	35.1	36.6	37.2	37.1
TD 8 t/ha	8.5	9.7	30.5	36.6	41.2	39.3
Probioks Agro	5.5	6.7	31.0	33.1	25.1	23.4
Stimiks Kompost	5.0	6.4	28.8	32.1	24.6	22.4
Geostim	5.4	6.5	30.9	32.5	25.1	22.8
TD 5 t/ha + Probioks Agro	9.6	10.8	39.3	39.8	40.4	39.0
TD 8 t/ha + Probioks Agro	10.6	13.5	44.6	45.8	51.4	45.5
TD 5 t/ha + Stimiks Kompost	8.4	10.3	35.5	39.6	40.0	37.5
TD 8 t/ha + Stimiks Kompost	9.8	12.6	44.4	45.3	49.0	40.5
TD 5 t/ha + Geostim	8.3	10.2	39.3	39.9	43.0	39.3
TD 8 t/ha + Geostim	9.7	13.4	40.5	41.3	50.0	44.2
LSD <sub>05</sub>	1.03	1.41	2.05	3.12	3.30	2.91
<b>2021</b>						
Control	5.8	4.2	8.9	18.6	24.6	19.4
TD 5 t/ha	8.7	7.5	16.4	34.7	36.7	22.0
TD 8 t/ha	10.4	8.4	20.0	39.4	40.5	22.6
Probioks Agro	8.0	7.8	11.5	29.7	30.1	28.8
Stimiks Kompost	7.7	6.7	10.9	28.4	27.4	26.8
Geostim	7.8	7.3	9.6	28.3	28.5	28.0
TD 5 t/ha + Probioks Agro	11.2	10.5	17.9	39.8	39.0	36.4
TD 8 t/ha + Probioks Agro	13.5	11.9	26.0	43.4	48.6	45.5
TD 5 t/ha + Stimiks Kompost	10.8	10.1	18.3	39.6	39.6	37.5
TD 8 t/ha + Stimiks Kompost	12.5	11.2	20.4	42.0	44.5	40.0
TD 5 t/ha + Geostim	10.6	9.5	19.3	39.6	39.3	30.8
TD 8 t/ha + Geostim	12.8	11.4	20.7	42.3	48.2	44.5
LSD <sub>05</sub>	1.06	0.88	2.04	3.24	3.48	2.26

Нитрифицирующая способность почвы на фоне применения микробиологических препаратов за годы исследований повысилась на фоне «Геостима» на 34–50 % через 30 суток и на 8–74 % через 60 суток, на фоне препарата «Стимикс Компост» – на 33–39 % и 7–60 %, «Пробиокс Агро» – на 38–53 % и 12–86 %. Процесс разложения клетчатки стал интенсивнее при добавлении деструкторов. Так, «Геостим» увеличил активность целлюлозоразрушающих бактерий на 30-е сутки после внесения на 38–53 %, на 60-е сутки – на 12–86 %, «Стимикс Компост» – на 3–22 % и 4–53 %, «Пробиокс Агро» – на 11–28 % и 7–60 % соответственно датам отбора проб. Показатели выделения CO<sub>2</sub> почвой также улучшились за годы исследований соответственно датам отбора проб при внесении «Геостима» на 8–16 % и 12–44 %, препарата «Стимикс Компост» – 6–11 % и 10–38 %, «Пробиокс Агро» – на 8–22 % и 15–48 %.

При внесении в почву табачного отхода и микробных коктейлей отмечено повышение степени гумусированности почвы до 4,2–5,3 % в 2020 г., при этом на контроле содержание органического вещества (гумуса) составило 4,0 % и до 5,0–5,5% в 2021 г., на контроле при этом значения находилось на уровне 4,7 % (таблица 2). Существенное увеличение содержания органического вещества наблюдается при совместном применении пыли и деструкторов.

Деструкция растительных отходов невозможна без наличия влаги в почве, поэтому в опыте определена абсолютная влажность почвосмесей, полученных в результате поверхностного компостирования табачной пыли совместно с микробиологическими препаратами, т. е. процентное содержание в ней воды по отношению к массе (весу) сухой почвы. Стоит отметить, что внесение в почву органических составляющих и микробных смесей повышает влагоудерживающую способность почвы.

Так, в первый год исследований в первый учет, т. е. через 30 суток после закладки опыта, на фоне небольшого количества выпавших осадков влажность почвы в вариантах опыта находилась в пределах 10,4–16,5 % (на контроле – 9,9 %), во второй учет, т. е. через 60 суток, – 13,2–20,9% (на контроле – 12,6 %) (таблица 2). В 2021 году на фоне большего количества выпавших осадков влажность почвы в вариантах опыта достигла значений к первому учету 20,7–24,2 % (на контроле при этом значение влажности составило 17,1 %), ко второму учету – 19,2–25,5 % (на контроле – 18,7 %).

В опыте установлено изменение уровня pH почвы на всех вариантах в сторону защелачивания. На контроле кислотность почвы составила к концу учетного периода за годы исследований 6,0–6,1 (слабокислая), в вариантах опыта показатели находились в пределах от 6,3 до 7,0, что свидетельствует об улучшении агрономически благоприят-

ной среды для роста растений (от слабокислой до нейтральной).

Применение табачной пыли совместно с микробными препаратами, содержащими в своем составе микроорганизмы-антагонисты, способствовало оздоровлению почвы, т. е. снижению ее микопатогенной составляющей. Так, при микологическом анализе почвы наибольшее количество и разнообразие видового состава микромицетов обнаружено в контрольном варианте опыта за 2 года исследований. В микробном блоке данного образца отмечены представители сапротрофной группы – микромицеты родов *Mucor* spp. (2,5–3,0 тыс. КОЕ на 1 г абсолютно сухой почвы), *Rhizopus* spp. (2,5–3,0 тыс. КОЕ/1 г), условно-супрессивной группы – микромицет *Penicillium* spp. (1,0–4,0 тыс. КОЕ), и условно патогенной и патогенной группы грибы родов *Alternaria* spp. (1,5–2,5 тыс. КОЕ), *Verticillium* spp. (0,5 тыс. КОЕ) и *Helminthosporium* spp. (единичные колонии).

Таблица 2  
Изменение влажности, кислотности и содержания органического вещества в почве под влиянием табачной пыли и микробных смесей, внесенных в качестве почвоудобрительного средства

Вариант опыта	Относительная влажность почвы, %		pH <sub>водн</sub>	Гумус, %
	1-й отбор	2-й отбор		
<b>2020 год</b>				
Контроль	9,9	12,6	6,0	4,0
ТП 5 т/га	14,6	16,7	6,7	4,8
ТП 8 т/га	11,3	14,0	6,8	4,9
Пробиокс Агро	10,7	13,5	6,3	4,2
Стимикс Компост	10,4	13,2	6,4	4,4
Геостим	10,8	13,8	6,3	4,2
ТП 5 т/га + Пробиокс Агро	13,6	18,3	6,5	5,1
ТП 8 т/га + Пробиокс Агро	13,9	19,9	6,6	5,3
ТП 5 т/га + Стимикс Компост	12,5	17,6	6,9	5,1
ТП 8 т/га + Стимикс Компост	12,9	18,1	6,5	5,2
ТП 5 т/га + Геостим	15,1	19,6	6,8	5,1
ТП 8 т/га + Геостим	16,5	20,9	6,5	5,2
НСР <sub>05</sub>	0,61	0,78	0,26	0,23
<b>2021 год</b>				
Контроль	17,1	18,7	6,1	4,7
ТП 5 т/га	22,9	23,5	6,7	5,2
ТП 8 т/га	21,1	22,4	6,8	5,5
Пробиокс Агро	19,2	21,2	6,3	5,0
Стимикс Компост	18,4	19,2	6,4	5,1
Геостим	20,7	22,0	6,3	5,1
ТП 5 т/га + Пробиокс Агро	22,9	23,3	6,8	5,4
ТП 8 т/га + Пробиокс Агро	24,2	25,5	6,9	5,5
ТП 5 т/га + Стимикс Компост	21,4	22,1	6,9	5,2
ТП 8 т/га + Стимикс Компост	23,2	24,4	7,0	5,3
ТП 5 т/га + Геостим	18,8	19,8	6,8	5,3
ТП 8 т/га + Геостим	19,8	20,7	6,9	5,5
НСР <sub>05</sub>	1,08	1,16	0,22	0,34

Table 2

Changing of soil's moisture content, its acidity and content of organic matter after utilizing tobacco dust and microbial mixtures added as fertilizers

Агротехнологии

Experiment variant	Relative soil moisture, %		pH aqueous	Humus, %
	1 selection	2 selection		
<b>2020</b>				
Control	9.9	12.6	6.0	4.0
TD 5 t/ha	14.6	16.7	6.7	4.8
TD 8 t/ha	11.3	14.0	6.8	4.9
Probioks Agro	10.7	13.5	6.3	4.2
Stimiks Kompost	10.4	13.2	6.4	4.4
Geostim	10.8	13.8	6.3	4.2
TD 5 t/ha + Probioks Agro	13.6	18.3	6.5	5.1
TD 8 t/ha + Probioks Agro	13.9	19.9	6.6	5.3
TD 5 t/ha + Stimiks Kompost	12.5	17.6	6.9	5.1
TD 8 t/ha + Stimiks Kompost	12.9	18.1	6.5	5.2
TD 5 t/ha + Geostim	15.1	19.6	6.8	5.1
TD 8 t/ha + Geostim	16.5	20.9	6.5	5.2
LSD <sub>05</sub>	0.61	0.78	0.26	0.23
<b>2021</b>				
Control	17.1	18.7	6.1	4.7
TD 5 t/ha	22.9	23.5	6.7	5.2
TD 8 t/ha	21.1	22.4	6.8	5.5
Probioks Agro	19.2	21.2	6.3	5.0
Stimiks Kompost	18.4	19.2	6.4	5.1
Geostim	20.7	22.0	6.3	5.1
TD 5 t/ha + Probioks Agro	22.9	23.3	6.8	5.4
TD 8 t/ha + Probioks Agro	24.2	25.5	6.9	5.5
TD 5 t/ha + Stimiks Kompost	21.4	22.1	6.9	5.2
TD 8 t/ha + Stimiks Kompost	23.2	24.4	7.0	5.3
TD 5 t/ha + Geostim	18.8	19.8	6.8	5.3
TD 8 t/ha + Geostim	19.8	20.7	6.9	5.5
LSD <sub>05</sub>	1.08	1.16	0.22	0.34

В образцах почвы, где вносили табачную пыль в дозах 5 и 8 т/га, выявлено минимальное количество микромицетов. В 2020 г. обнаружены грибы родов *Humicola* spp. (2,5 тыс. КОЕ) и *Alternaria* spp. (единичные колонии), в 2021 г. грибы не обнаружены.

При совместном применении табачной пыли и микробных биодеструкторов по результатам 2020–2021 гг. отмечается снижение видового разнообразия грибов и количества их колоний, также выделен микромицет, который оказывает положительное влияние на оздоровление почвы, – *Humicola* spp. относящийся к облигатным сапротрофам. Данный гриб постоянно присутствует в почве и играет важную роль в утилизации послеуборочных остатков предшествующих культур в севообороте, являющихся резерваторами различной фитопатогенной инфекции, и считается одним из лучших деструкторов растительных остатков. Также при совместном применении табачной пыли (5 т/га) и препарата «Стимикс Компост» и табачной пыли (8 т/га) совместно с препаратом «Геостим» отмечается появление колоний условно патогенных грибов (гемибиотрофы) *Trichothecium* spp., *Cladosporium* spp.,

выполняющих в почве двоякую функцию. С одной стороны, попадая в почву, вместе с послеуборочными остатками они формируют стартовую популяцию, участвующую в трансформации органического вещества, а с другой стороны, накапливают огромный запас почвенной инфекции. Также отмечается появление грибов рода *Trichoderma* spp., положительно влияющих на оздоровление почвы.

Для изучения влияния табачной пыли, примененной в качестве органического удобрения, способом поверхностного компостирования на урожайность сельскохозяйственных культур в 2020 г. на участки опыта были высажены растения перца горького сорта Бараний рог. На фоне табачной пыли, примененной в чистом виде (5 и 8 т/га), прибавка к урожайности составила 10,0–13,9 % (рис. 1). В вариантах, где в почву вносили табачную пыль совместно с микробными деструкторами, прибавка к урожайности достигла 12,4–31,8 % (НСР<sub>05</sub> = 1,62). В вариантах опыта, где вносили биопрепараты в чистом виде при невысокой влажности почвы, прибавка оказалась несущественной, кроме варианта с «Пробиоксом Агро», и составила 3,9–6,6 %.

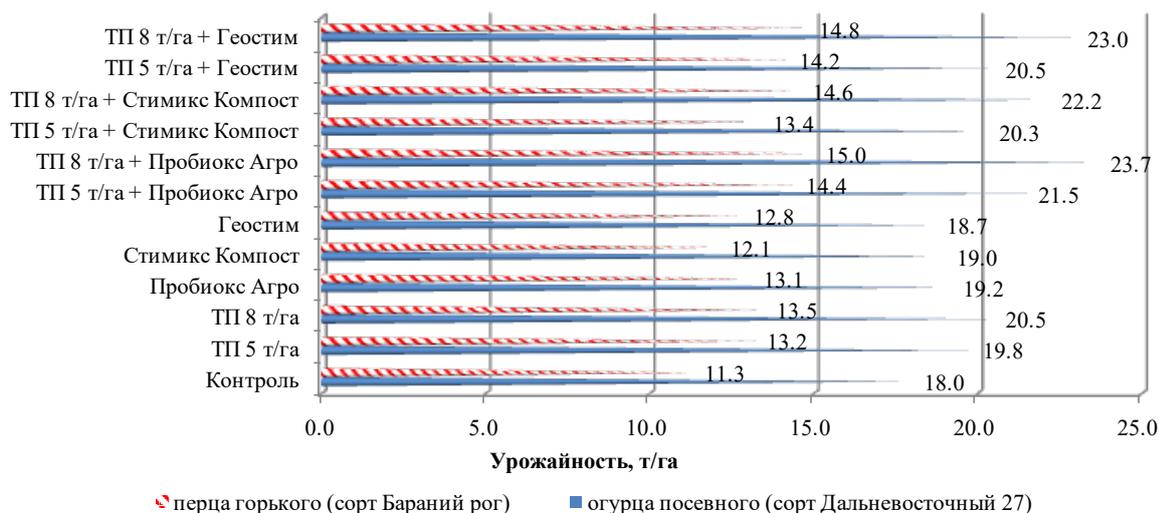


Рис. 1. Влияние табачной пыли (ТП), примененной в качестве почвоудобрительного средства, на урожайность перца горького (сорт Бараний рог, 2020 г.) и огурца посевого (сорт Дальневосточный 27, 2021 г.).

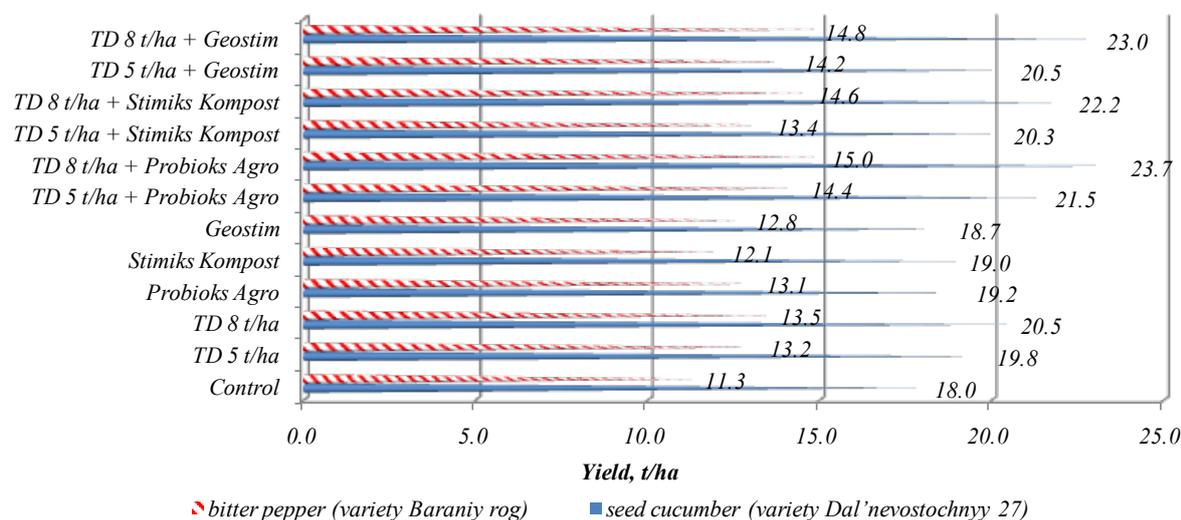


Fig. 1. Effect of tobacco dust (TD), added as soil fertilizer on productivity of bitter pepper (variety Baraniy rog) and seed cucumber (variety Dal'nevostochnyy 27)

В 2021 году в опыте были высеяны растения огурца посевого сорта Дальневосточный 27. В результате установлена существенная прибавка к урожайности на всех вариантах опыта ( $HC_{P_{05}} = 0,78$ ). Внесение табачной пыли в чистом виде (5 и 8 т/га) позволило получить прибавку к урожайности 17–20 %. В вариантах, где в почву вносили табачную пыль совместно с микробными деструкторами, прибавка к урожайности составила 20–33 %. Микробные смеси, внесенные в почву, способствуют увеличению урожайности огурца на 7–16 %. Лучшие результаты в опыте по всем показателям получены при использовании табачной пыли в качестве почвоудобрительного средства в дозе 8 т/га совместно с микробными смесями.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате проведенных исследований в период 2020–2021 гг. установлено, что способ поверхностного компостирования отхода табачного производства – табачной пыли совместно с микро-

биологическими смесями – является доступным и экологичным направлением по восстановлению плодородия почвы.

Внесение в почву табачной пыли в дозах 5–8 т/га совместно с деструкторами «Стимикс Компост», «Пробиокс Агро» и «Геостим» способствует улучшению агрохимических процессов в почве на фоне как достаточного (2021 год), так и недостаточного увлажнения (2020 год). При этом наблюдается повышение в почве аммиачного азота на 65–207 %, нитратного – на 83–225 %, доступного фосфора – на 21–107 %, обменного калия – на 80–194 %, нитрифицирующей способности почвы – на 70–194 %, интенсивности процесса разложения целлюлозы – на 27–133 %, дыхания почвы – на 61–129 %. Лучшие результаты по поверхностному компостированию табачной пыли получены на фоне более высокой влагообеспеченности почвы в 2021 г. (ГТК = 1,38), в 2020 году ГТК = 0,87.

Установлено повышение влагоудерживающей способности почвы в вариантах опыта с табачной пылью и деструкторами (влажность за период исследований составила 18,4–25,5 %, в контрольном варианте – 17,1–18,7 %).

Определено повышение содержания в почве органического вещества (гумуса) до 4,2–5,5 % за 2 года исследований, на контроле – 4,0–4,7%.

Установлен оздоравливающий эффект способа поверхностного компостирования табачной пыли совместно с микробиологическими препаратами для почвы. Микологический анализ выявил снижение

заселения почвы патогенными микромицетами в вариантах опыта с табачным отходом и появление гриба-супрессора *Trichoderma* spp.

В результате проведенных опытов установлена существенная прибавка к урожайности на фоне применения отходов табачного производства. Прибавка к урожайности перца горького (сорт Бараний рог), высаженного на фоне смеси табачной пыли и био-деструкторов, составила 12–32 % (2020 год), огурца посевного (сорт Дальневосточный 27) – 20–33 %.

В дальнейшем планируется изучить процесс компостирования отходов табачного производства в буртах для получения органического удобрения.

### Библиографический список

1. Sifola M. I., et al. Potential of pre-harvest wastes of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) crops, grown for smoke products, as source of bioactive compounds (phenols and flavonoids) // Sustainability. 2021. Vol. 13, No. 4. Article number 2087. DOI: 10.3390/su13042087.
2. Banožić M., et al. Optimization of MAE for the separation of nicotine and phenolics from tobacco waste by using the response surface methodology approach // Molecules. 2021. Vol. 26, No. 14. Article number 4363. DOI: 10.3390/molecules26144363.
3. Dovorogwa H., Harding K. Exploring the Use of Tobacco Waste as a Metal Ion Adsorbent and Substrate for Sulphate-Reducing Bacteria during the Treatment of Acid Mine Drainage // Sustainability. 2022. Vol. 14, No. 21. Article number 14333. DOI: 10.3390/su142114333.
4. Ahmed H. E., et al. Cultivation of Canola (*Brassica napus* L.) using composted agro-industrial waste // Egyptian Journal of Chemistry. 2019. Vol. 62, No. 9. Pp. 1637–1647. DOI: 10.21608/EJCHEM.2019.7256.1592.
5. Ayilara M. S., et al. Waste management through composting: Challenges and potentials // Sustainability. 2020. Vol. 12, No. 11. Article number 4456. DOI: 10.3390/su12114456.
6. Delibacak S., Ongun A. R. Influence of composted tobacco waste and farmyard manure applications on the yield and nutrient composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata) // Eurasian Journal of Soil Science. 2016. Vol. 5, No. 2. Pp. 132–138. DOI: 10.18393/ejss.2016.2.132-138.
7. Cercioglu M. The Impact of Soil Conditioners on Some Chemical Properties of Soil and Grain Yield of Corn (*Zea Mays* L.) // Journal of Agricultural Sciences. 2019. No. 25 (2). Pp. 224–231. DOI: 10.15832/ankutbd.399164.
8. Abu T. The cigarette factory waste vermicompost effect of Cucumis melo // International Journal of Advances in Engineering & Technology. 2013. Vol. 6, Iss. 5. Pp. 1942–1947.
9. Binh T. N., Duyen H. D., Nam B. H., Thang T. D., Paul M., Dung T. H., Son T. C. Composted tobacco waste increases the yield and organoleptic quality of leaf mustard // Agrosystems, Geosciences & Environment. 2022. Vol. 5, No. 3. DOI: 10.1002/agg2.20283.
10. Bangxi Z., Rongxiu Y., Yi T., Beibei F., et al. Evaluation of Maturity and Greenhouse Gas Emission in Co-Composting of Chicken Manure with Tobacco Powder and Vinasse/Mushroom Bran // Processes. 2021. Vol. 9, Iss. 12, Pp. 2105–2115.
11. Bangxi Z., Tianhong F., Chung-Yu G., Shihao C., Beibei F., Yi T., Wenhai L., Quanquan W., Guoxue L., Yutao P. Environmental Life Cycle Assessments of Chicken Manure Compost Using Tobacco Residue, Mushroom Bran, and Biochar as Additives // Sustainability. 2022. Vol. 14 (9). Pp. 49–76. DOI: 10.3390/su14094976.
12. Tzavara S., Darras A. I., Assimakopoulou A. Tobacco dust waste as an alternative medium to grow geranium (*Pelargonium × hortorum*) plants // Advances in Horticultura Science. 2019. No. 33 (2). Pp. 295–298. DOI: 10.13128/ahs-23986.
13. Szwed A., Bohacz J. Enzymatic activity and certain chemical properties of grey-brown podzolic soil (haplic luvisol) amended with compost of tobacco wastes // Archives of Environmental Protection. 2014. Vol. 40, No. 3. Pp. 61–73.
14. Marino J. T., Márcio H. L., Clesio G., Leandro B., Claudio H. K. Land disposal potential of tobacco processing residues // Ciência Rural. 2011. Vol. 41, No. 2. Pp. 236–241.
15. Hossain M. M. Tobacco dust combined with fertilizers improves the soil health and profit of rice cultivation in silty loam soil of Bangladesh // Journal of Agriculture, Food and Environment (JAFE). 2021. Vol. 2, №. 1. Pp. 45–49. DOI: 10.47440/JAFE.2021.2108.

16. Sifola M. I., Carrino L., Cozzolino E., del Piano L., Graziani G., Ritieni A. Potential of pre-harvest wastes of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) crops, grown for smoke products, as source of bioactive compounds (phenols and flavonoids) // *Sustainability*. 2021. Vol. 13, No. 4. Article number 2087. DOI: 10.3390/su13042087.

17. Hüseyin H. K., Nur O. Effects of Tobacco Waste and Its Compost on The Health of a Typic Xerofluvent Soil and The Yield of Paprika (*Capsicum annuum* L.) // *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 4, No. 2. Pp. 319–345. DOI: 10.46291/ISPECJASvol4iss2pp184-210.

18. Плотникова Т. В., Сидорова Н. В. Возможность использования отходов табачного производства в качестве органического удобрения // Сборник научных трудов Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар, 2013. С. 167–173.

19. Плотникова Т. В., Саломатин В. А., Егорова Е. В. Использование отходов табачной промышленности в качестве органического удобрения // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2017. № 4. С. 54–56.

20. Патент № 2710727 Российская Федерация. Способ повышения плодородия почвы с использованием смеси табачной пыли и птичьего помета / Т. В. Плотникова, В. А. Саломатин, Е. В. Егорова, Н. В. Сидорова. № 2019107451; заявл. 15.03.2019; опубл. 10.01.2020, Бюл. № 1.

21. Патент № 2646053 Российская Федерация. Способ повышения плодородия почв с использованием табачной пыли / Т. В. Плотникова, В. А. Саломатин, И. И. Мурзинова, Е. В. Егорова. № 2017114682; заявл. 26.04.2017; опубл. 01.03.2018, Бюл. №7.

22. Сидорова Н. В., Егорова Е. В., Плотникова Т. В. Влияние совместного применения табачной пыли и дефекационной грязи на плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность перца горького в условиях Краснодарского края // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2022. № 1 (94). С. 143–151. DOI: 10.21515/1999-1703-94-143-151.

#### Об авторах:

**Татьяна Викторовна Плотникова**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией агротехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, Краснодар, Россия; ORCID 0000-0003-2543-3497, AuthorID 636531. *E-mail: agrotobacco@mail.ru*

**Вадим Александрович Саломатин**, доктор экономических наук, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, Краснодар, Россия; ORCID 0000-0001-7197-2964, AuthorID 673422. *E-mail: vniitti123@mail.ru*

**Наталья Владимировна Сидорова**, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, Краснодар, Россия; ORCID 0000-0002-5918-5180, AuthorID 700274. *E-mail: agrotobacco@mail.ru*

#### References

1. Sifola M. I., et al. Potential of pre-harvest wastes of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) crops, grown for smoke products, as source of bioactive compounds (phenols and flavonoids). *Sustainability*. 2021; 13 (4): 2087. DOI: 10.3390/su13042087.

2. Banožić M., et al. Optimization of MAE for the separation of nicotine and phenolics from tobacco waste by using the response surface methodology approach. *Molecules*. 2021; 26 (14): 4363. DOI: 10.3390/molecules26144363.

3. Dovorogwa H., Harding K. Exploring the Use of Tobacco Waste as a Metal Ion Adsorbent and Substrate for Sulphate-Reducing Bacteria during the Treatment of Acid Mine Drainage. *Sustainability*. 2022; 14 (21): 14333. DOI: 10.3390/su142114333.

4. Ahmed H. E., et al. Cultivation of Canola (*Brassica napus* L.) using composted agro-industrial waste. *Egyptian Journal of Chemistry*. 2019; 62 (9): 1637–1647. DOI: 10.21608/EJCHEM.2019.7256.1592.

5. Ayilara M. S., Olanrewaju O. S., Babalola O. O., Odeyemi O. Waste management through composting: Challenges and potentials. *Sustainability*. 2020; 12 (11): 4456. DOI: 10.3390/su12114456.

6. Delibacac S., Ongun A. R. Influence of composted tobacco waste and farmyard manure applications on the yield and nutrient composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). *Eurasian Journal of Soil Science*. 2016; 5 (2): 132–138. DOI: 10.18393/ejss.2016.2.132-138.

7. Cercioglu M. The Impact of Soil Conditioners on Some Chemical Properties of Soil and Grain Yield of Corn (*Zea Mays* L.). *Journal of Agricultural Sciences*. 2019; 25 (2): 224–231. DOI: 10.15832/ankutbd.399164.

8. Abu T. The cigarette factory waste vermicompost effect of Cucumis melol. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*. 2013; 6 (5): 1942–1947.

9. Binh T. N., Duyen H. D., Nam B. H., Thang T. D., Paul M., Dung T. H., Son T. C. Composted tobacco waste increases the yield and organoleptic quality of leaf mustard. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2022; 5 (3). DOI: 10.1002/agg2.20283.
10. Bangxi Z., Rongxiu Y., Yi T., Beibei F. et al. Evaluation of Maturity and Greenhouse Gas Emission in Co-Composting of Chicken Manure with Tobacco Powder and Vinasse/Mushroom Bran. *Processes*. 2021; 9 (12): 2105–2115. DOI: 10.3390/pr9122105.
11. Bangxi Z., Tianhong F., Chung-Yu G., Shihao C., Beibei F., Yi T., Wenhai L., Quanquan W., Guoxue L., Yutao P. Environmental Life Cycle Assessments of Chicken Manure Compost Using Tobacco Residue, Mushroom Bran, and Biochar as Additives. *Sustainability*. 2022; 14 (9): 49–76. DOI: 10.3390/su14094976.
12. Tzavara S., Darras A.I., Assimakopoulou A. Tobacco dust waste as an alternative medium to grow geranium (*Pelargonium × hortorum*) plants. *Advances in Horticultural Science*. 2019; 33 (2): 295–298. DOI: 10.13128/ahs-23986.
13. Szwed A., Bohacz J. Enzymatic activity and certain chemical properties of grey-brown podzolic soil (haplic luvisol) amended with compost of tobacco wastes. *Archives of environmental protection*. 2014; 40 (3): 61–73.
14. Marino J. T., Márcio H. L., Clesio G., Leandro B., Claudio H. K. Land disposal potential of tobacco processing residues. *Ciência Rural*. 2011; 41 (2): 236–241.
15. Hossain M. M. Tobacco dust combined with fertilizers improves the soil health and profit of rice cultivation in silty loam soil of Bangladesh. *Journal of Agriculture, Food and Environment (JAFE)*. 2021; 2 (1): 45–49. DOI: 10.47440/JAFE.2021.2108.
16. Sifola M. I., Carrino L., Cozzolino E., del Piano L., Graziani G., Ritieni A. Potential of pre-harvest wastes of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) crops, grown for smoke products, as source of bioactive compounds (phenols and flavonoids). *Sustainability*. 2021; 13 (4): 2087. DOI: 10.3390/su13042087.
17. Hüseyin H. K., Nur O. Effects of Tobacco Waste and Its Compost on The Health of a Typic Xerofluvent Soil and The Yield of Paprika (*Capsicum annuum* L.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*. 2020; 4 (2): 319–345. DOI: 10.46291/ISPECJASvol4iss2pp184-210.
18. Plotnikova T. V., Sidorova N. V. Possibility of using tobacco production waste as an organic fertilizer. *Collection of scientific papers of Kuban State Agrarian University*. Krasnodar, 2013. Pp. 167–173.
19. Plotnikova T. V., Salomatina V. A., Egorova E. V. Use of tobacco industry waste as an organic fertilizer. *International Agricultural Journal*. 2017; 4: 54–56.
20. Patent No. 2710727 Russian Federation. Method of increasing soil fertility using a mixture of tobacco dust and poultry manure / T. V. Plotnikova, V. A. Salomatina, E. V. Egorova, N. V. Sidorova. No. 2019107451; stated 15.03.2019; published 10.01.2020, Bulletin No. 1. (In Russ.)
21. Patent No. 2646053 Russian Federation. Method of increasing soil fertility using tobacco dust / T. V. Plotnikova, V. A. Salomatina, I. I. Murzinova, E. V. Egorova. № 2017114682; stated. 26.04.2017; published. 01.03.2018, Bulletin № 7. (In Russ.)
22. Sidorova N. V., Egorova E. V., Plotnikova T. V. Effect of joint application of tobacco dust and defecation mud on fertility of chernozem leached chernozem and productivity of bitter pepper in the conditions of the Krasnodar region. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022; 1 (94): 143–151. DOI: 10.21515/1999-1703-94-143-151. (In Russ.)

**Authors' information:**

**Tatyana V. Plotnikova**, candidate of agricultural sciences, head of agrotechnology laboratory, All-Russian scientific research institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Krasnodar, Russia; ORCID 0000-0003-2543-3497, AuthorID 636531. *E-mail: agrotobacco@mail.ru*

**Vadim A. Salomatina**, doctor of economic sciences, director, All-Russian scientific research institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Krasnodar, Russia; ORCID 0000-0001-7197-2964, AuthorID 673422. *E-mail: vniitti123@mail.ru*

**Natalya V. Sidorova**, senior researcher, laboratory of agrotechnology, All-Russian scientific research institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Krasnodar, Russia; ORCID 0000-0002-5918-5180, AuthorID 700274. *E-mail: agrotobacco@mail.ru*