

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ КУМИНА И ЛАВАНДЫ В БОРЬБЕ С ФОМОЗОМ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ХРАНЕНИИ

МОХАММЕД Сабах Раби, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

МЕЛЬНИКОВ Алексей Васильевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

*Исследована противогрибковая активность эфирных масел в отношении *Phoma exigua* var. *foveata*. Выявлено их ингибирующее воздействие на гангрену клубней картофеля. Показано, что рост мицелия и прорастание спор *Phoma* подавлялись при обработке эфирным маслом, а ингибирующий эффект темнее коррелировал с концентрацией эфирных масел, использованных в данном исследовании. Установлены более высокий фунгицидный эффект эфирных масел кумина и лаванды при концентрациях 0,1; 0,2; 0,4 %, значительное ингибирование роста мицелия (18,1–100 %) и жизнеспособность спор (12,8–100 %) по сравнению с контролем. Эти масла при концентрации 0,4 % вызывали 100%-е ингибирование роста мицелия и прорастания спор. Обработка маслами в дозе 0,01–0,04 л/т значительно уменьшала степень поражения клубней, зараженных фомозом. Эфирное масло кумина при концентрации 0,04 л/т оказывало наибольшее действие (97,1%) по сравнению с маслом лаванды (95,4 %).*

Введение. Фомоз является очень опасной болезнью, развивающейся в период хранения картофеля, которая может привести к серьезным потерям урожая. Основная борьба с возбудителем обеспечивается послеуборочным применением фунгицидов. Однако устойчивость возбудителя к фунгицидам и обеспокоенность общественности в отношении безопасности пищевых продуктов требуют поиска новых альтернативных фунгицидных препаратов, потенциально менее вредных для здоровья человека и окружающей среды.

Грибы, относящиеся к *Phoma*, вызывают вредоносные болезни растений, обычно встречаются на сельскохозяйственных культурах, которые являются экономически важными [11]. Фомоз (гангрена) картофеля является заболеванием, развивающимся при хранении клубней, которое может привести к серьезным потерям урожая [2]. *Phoma exigua* var. *foveata* – основная причина возникновения гангрены [20]. Заражение происходит до сбора урожая или во время хранения из-за зараженной почвы, прилипшей к клубням. Симптомы болезни не проявляются во время сбора урожая, но развиваются во время хранения [25]. Мелкие, темные, впадные очаги, напоминающие следы большого пальца, развиваются на поверхности клубней и обычно связаны с ранами. На ранних стадиях поражения проявляются светло-коричневой водянистой гнилью, переходящей в пурпурную или черную с розовыми крапинками.

Потери урожая картофеля от фомоза достигают 25 % [1]. Обычные методы борьбы с фомозом – применение фунгицидов, таких как тиабендазол. Однако *Phoma exigua* var. *foveata* имеет много изолятов, устойчивых к фунгицидам [22]. Следовательно, для достижения эффективного долгосрочного и экологически безопасного эффекта в борьбе против фомоза требуются альтернативные приемы, в частности эфирное масло. Термин «Эфирное масло» был придуман в 16 веке швейцарским рефор-

матором медицины Парацельсом фон Хоэнхаймом. Растительные эфирные масла обычно представляют собой смеси природных соединений, как полярных, так и неполярных [12]. Эфирные масла могут оказывать фунгицидное или фунгистатическое действие на патогенные микроорганизмы растений или могут создавать условия, благоприятные для появления и увеличения количества антагонистических микроорганизмов на растениях-хозяевах [23]. Главное их преимущество заключается в том, что они общепризнаны безопасными и могут представлять собой перспективные натуральные средства для ингибирования грибов [9, 21]. Масло кумина (*Cuminum cyminum*) обладает противогрибковой активностью в отношении фитопатогенных грибов, например *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* и *Aspergillus quitensis* [4, 10]. Было доказано, что эфирное масло лаванды (*Lavandula angustifolia*) эффективно в борьбе с грибковыми инфекциями как до, так и после уборки урожая [24].

Цель настоящего исследования – определение противогрибковой активности эфирных масел кумина и лаванды против *Phoma exigua* var. *foveata* при хранении клубней картофеля.

Методика исследований. Клубни сортов Санте и Романо были собраны на полях К(Ф)Х «Моисеев», расположенного в северной части Правобережья, на Приволжской возвышенности, в Базарно-Карабулакском районе Саратовской области. Здоровые клубни определенного размера были упакованы в сетчатые мешки и доставлены в лабораторию, где хранились при температуре 16±2 °С. Перед обработкой клубни подвергали поверхностной дезинфекции 1%-м гипохлоритом натрия в течение 20 мин, а затем промывали водопроводной водой и подсушивали на воздухе.

Phoma exigua var. *Foveata* извлекали из пораженных клубней и одиночных спор, культивируемых на чашках с картофельно-декстрозным агаром (КДА). Споры патогена были выделены



из 2-недельной культуры КДА и суспендированы в 5 мл стерильной дистиллированной воды, содержащей 0,05 % (об./об.) Твина 80. Суспензии были отфильтрованы через четыре слоя стерильной марли для удаления налипшего мицелия. Желаемую концентрацию спор регулировали перед использованием с помощью гемоцитометра.

Для экспериментов *in vitro* грибковые мицелиальные диски (5 мм) помещали в центр чашек Петри (90 мм), содержащих 20 мл КДА с эфирным маслом лаванды и кумина в концентрации 0,0; 0,1; 0,2 и 0,4 %, а затем инкубировали при 25 °С в темноте. Рост мицелия определяли путем измерения диаметра колонии после 7 дней инокуляции [24].

Для экспериментов *in vivo* на середине каждого клубня делали равномерный разрез (3×3×3 мм) с использованием стерильного скальпеля и затем в каждый разрез инокулировали 20 мкл конидиальной суспензии фомоза (1×10^6 спор мл^{-1}). После 2 ч инокуляции клубни обрабатывали маслом в дозе 0,0; 0,01; 0,02 и 0,04 л/т (расход рабочей жидкости – 10 л/т). Инокулированные клубни инкубировали в пластиковых коробках (190×157×90 мм) с влажной фильтровальной бумагой для поддержания высокой относительной влажности и хранили при комнатной температуре 10 °С. Степень поражения оценивали через 7 недель инокуляции [8].

Определение степени поражения фомозом проводили по индексу поражения Ф.М. Попова [3] по формуле:

$$x = \frac{dh}{n}$$

где x – индекс поражения (индекс Попова); d – диаметр язвы (поражения), мм; h – глубина язвы (поражения), мм; n – инкубационный период, сут.

Каждую обработку проводили в 3 повторностях по 10 клубней. Эксперимент повторяли 3 раза.

Результаты исследований. Результаты показали фунгицидный эффект эфирных масел против фомоза при всех концентрациях и значительное ингибирование роста мицелия (18,1–100 %) и жизнеспособности конидий (12,8–100 %) по сравнению с контролем (табл. 1, 2). Причем оба масла при концентрации 0,4 % вызывали 100%-е ингибирование роста мицелия и прорастания спор.

Обработка маслами при концентрации 0,01–0,04 л/т значительно уменьшала степень поражения клубней, инфицированных фомозом. При этом эфирное масло кумина при концентрации 0,04 л/т оказывало наибольшее действие (97,1 %) по сравнению с маслом лаванды (95,4 %), табл. 3.

Эфирные масла могут представлять собой один из наиболее перспективных натуральных продуктов для ингибирования грибов [21, 17]. Известно, что многие виды эфирных масел, полученных из разных растений или трав, проявляли сильные противогрибковые свойства [13, 19, 21]. Как и другие фитохимические вещества, они могут ослаблять рост микробов и развитие биопленки с помощью специальных механизмов [16].

Хорошо известно, что помимо определенного порогового значения роста микроорганизмы запускают определенный механизм, ведущий к синтезу и продуцированию молекул, микробных коммуникационных сигналов и развитию определенных параметров патогенности, таких как образование биопленки. Эфирные масла могут влиять на эффективность митохондрий, ингибируя действие митохондриальных дегидрогеназ, участвующих в биосинтезе АТФ, таких как лактатдегидрогеназа, малатдегидрогеназа и сукцинатдегидрогеназа. Y. Chen et al. [5] показали, что эфирное масло *Anethum graveolens* способно действовать в качестве противогрибкового агента также благодаря нарушению цикла лимонной кислоты и ингибированию синтеза АТФ в митохондриях *S. albicans*.

Таблица 1

Влияние различных концентраций эфирных масел на рост мицелия *Phoma exigua* var. *foveate*

Вариант	<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveate</i>	
	линейный рост, мм	отклонение от контроля, %
Масло лаванды, %	0,1	69,6
	0,2	33,2
	0,4	0,0
	0,0 (контроль)	85
Масло кумина, %	0,1	50,3
	0,2	17,1
	0,4	0,0
	0,0 (контроль)	84,9

Таблица 2

Влияние различных концентраций эфирных масел на жизнеспособность спор *Phoma exigua* var. *foveate*

Вариант	<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveate</i>	
	проросшие споры, %	отклонение от контроля, %
Масло лаванды, %	0,1	85,1
	0,2	52,6
	0,4	0,0
	0,0 (контроль)	97,6
Масло кумина, %	0,1	71,6
	0,2	31,3
	0,4	0,0
	0,0 (контроль)	98,2



Влияние эфирных масел на степень поражения клубней, зараженных спорами фомоза

Сорт	Вариант		<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveate</i>	
			степень поражения клубней	отклонение от контроля, %
Санте	Масло лаванды, л/т	0,0 (контроль)	32,6	0,0
		0,01	19,3	-40,7
		0,02	7,6	-76,6
		0,04	2,3	-92,9
	Масло кумина, л/т	0,0 (контроль)	32,6	0,0
		0,01	13,6	-58,2
		0,02	5,6	-82,8
		0,04	1,3	-96,0
Романо	Масло лаванды, л/т	0,0 (контроль)	35,0	0,0
		0,01	23,6	-32,7
		0,02	11,1	-68,3
		0,04	1,6	-95,4
	Масло кумина, л/т	0,0 (контроль)	35,0	0,0
		0,01	20,3	-42,0
		0,02	9,0	-74,2
		0,04	1,0	-97,1

По мнению некоторых авторов [6, 18], терпеноиды могут играть ключевую роль в уменьшении содержания митохондрий, что приводит к измененному уровню активных форм кислорода (АФК) и образованию АТФ.

V.A. Kamble [18] обнаружил, что эфирное масло кумина сильно ингибировало все клинические изоляты *Candida albicans* и недрожжеподобного грибка *Candida* с зонами задержки роста от 27 до 72 мм. Масло *Cumin cuminum* проявляет более высокую антибактериальную и противогрибковую активность с высокой эффективностью в отношении штаммов *Vibrio* spp. с диаметром зон ингибирования роста от 11 до 23 мм и значениями МИК (минимальная ингибирующая концентрация) и МБК (минимальная бактерицидная концентрация) в диапазоне от 0,07–0,31 мг/мл до 0,31–1,25 мг/мл соответственно. Ряд исследователей [10, 15] показали, что эфирное масло кумина оказывало сильное ингибирующее влияние на рост грибов *Aspergillus* in vitro.

Масло кумина обладает хорошей противогрибковой активностью, особенно в отношении патогенных грибов человека, таких как дерматофиты, а также в отношении фитопатогенных грибов in vitro, например *B. cinerea*, *F. oxysporum* и *Aspergillus quitensis*. Эфирное масло лаванды прошло испытания для консервации продуктов, мяса и рыбы. При консервации говяжьего фарша было обнаружено, что лаванда эффективна в предотвращении роста *Escherichia coli*, основного возбудителя опасного отравления при переработке мяса в количестве до 0,50 мг/л и даже более эффективна против *S. aureus* при 0,25 мкг/мл [14].

Было доказано, что эфирное масло лаванды эффективно в борьбе с грибковыми инфекциями как до, так и после уборки урожая. Оно вызывает цитоплазматическую коагуляцию, вакуолизацию, ссыхание гиф, нарушение спорообразования, гибель гиф, ингибирование прорастания спор и удлинение зародышевой трубки у грибов. Потенциальный контроль над возбудителями болезней

сельскохозяйственных культур, такими как фитотрофа, склеротин и ботритис, возбудителями болезней, вызванных белой гнилью и серой гнилью, может значительно снизить потери урожая [14, 24].

Заключение. Результаты исследований показали фунгицидный эффект эфирных масел против фомоза при всех концентрациях, значительное ингибирование роста мицелия (18,1–100 %) и жизнеспособности конидий (12,8–100 %) по сравнению с контролем.

Исследуемые эфирные масла при концентрации 0,4 % вызывали 100%-е ингибирование роста мицелия и прорастания спор. Обработка маслами в дозе 0,01–0,04 л/т значительно уменьшала степень поражения клубней, зараженных фомозом. При этом эфирное масло кумина в дозе 0,04 л/т оказывало наибольшее действие (97,1 %) по сравнению с маслом лаванды (95,4 %).

Полученные данные указывают на то, что эфирные масла кумина и лаванды могут стать перспективным средством, применяемым в качестве естественного фунгицида для альтернативной замены синтетических фунгицидов, при защите клубней картофеля от фомоза в период хранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б.В. Анисимов [и др.]. – М.: Картофелевод, 2009. – С. 28–31.
2. Мохаммед С.Р., Еськов И.Д. Использование хитозана против фомоза (гангрены) картофеля при хранении // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 1. – С. 17–21.
3. Попов Ф.А. Изучение фомоза картофеля в условиях Белорусской ССР и меры борьбы с ним: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. – Минск, 1978. – 14 с.
4. Antifungal activity of essential oil from fruits of Indian *Cuminum cyminum* / C. Romagnoli [et al.] // Pharmaceutical Biology, 2010, No. 48(7), P. 834–838.
5. Antifungal mechanism of essential oil from *Anethum graveolens* seeds against *Candida albicans* / Y. Chen [et al.] // J. Med. Microbiol., 2013, No. 62, P. 1175–1183.
6. Antigenotoxic effects of three essential oils in diploid yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) after treatments with



UVC radiation, 8-MOP plus UVA and MMS / F. Bakkali [et al.] // *Mutat. Res.*, 2006, No. 606 (1-2), P. 27–38.

7. Antioxidant and antibacterial effects of Lavandula and Mentha essential oils in minced beef inoculated with E. coli O157:H7 and S. aureus during storage at abuse refrigeration temperature / D. Djenane [et al.] // *Meat Sci.*, 2012, No. 92, P. 667–674.

8. Bang U. Screening of natural plant varieties to control the potato (Solanum tuberosum) pathogens *Helminthosporium solani*, *Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Rhizoctonia solani* // *Potato Res.*, 2007, No. 50, P. 185–203.

9. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review // *International Journal of Food Microbiology*, 2004, No. 94, P. 223–253.

10. Chemical Composition and Antifungal Activity of *Cuminum cyminum* L. Essential Oil from Alborz Mountain Against *Aspergillus* species / H. Mohammadpour [et al.] // *Jundishapur J Nat Pharm Prod.*, 2012, No. 7(2), P. 50–55.

11. Debasish D., Khan A., Dey N. Phoma diseases: Epidemiology and control // *Plant Pathology*, 2020, P. 1–15.

12. Essential oils of herbs and spices: Their antimicrobial activity and application in preservation of foods / S.R. Macwan [et al.] // *J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 2016, No. 5, P. 885–901.

13. Essential oils as antimicrobial agents against some important plant pathogenic bacteria and fungi. In *Plant-Microbe Interaction: An Approach to Sustainable Agriculture* / B.R. Ghalem [et al.], Eds.; Springer Nature Singapore Pte Ltd.: Singapore, 2016, P. 271–296.

14. Effects of essential oils on phytopathogenic fungi in vitro / A. Zambonelli [et al.] // *J. Phytopathol.*, 2015, No. 144, P. 491–494.

15. Food and Chemical Toxicology / H. Hajlaoui [et al.], 2010, 48, P. 2186–2192.

16. Hyldgaard M., Mygind T., Rikke L.M. Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components // *Front. Microbiol.*, 2012, No. 3, P. 1–24.

17. Kalemba D., Kunicka A. Antibacterial and antifungal properties of essential oils // *Curr. Med. Chem.*, 2003, No. 10, P. 813–829.

18. Kamble V.A. In vitro Anti-Fungal Activity of *Cuminum cyminum* (Cumin Seed) Essential Oil against Clinical Isolates of *Candida* Species // *AJPCT*, 2015, No. 3 (03), P. 264–275.

19. Lang G., Buchbauer G. A review on recent research results (2008–2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals // *Flavour Fragr. J.*, 2012, No. 27, P. 13–39.

20. Lapwood D.H., Hide G.A. Potato diseases. In "Diseases of Crop Plants" (J. H. Western, ed.), New York.: Wiley, 1971, P. 89–122.

21. Mechanisms of antifungal and anti-aflatoxicogenic properties of essential oil derived from turmeric (*Curcuma longa* L.) on *Aspergillus flavus* / Y. Hu [et al.] // *Food Chem.*, 2017, No. 220, P. 1–8.

22. Population structure and genetic analysis of field resistance to thiabendazole in *Gibberella pulicaris* from potato tuber / A.E. Desjardins [et al.] // *Phytopathology*, 1993, Vol. 83, P. 164–170

23. Scheuerell S., Mahafee W. Compost tea: principles and prospects for plant diseases control // *Compost Science and Utilization*, 2002, No. 10, P. 313–338.

24. Soylu E.M., Kurt S., Soylu S. In vitro and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea* // *International Journal of Food Microbiology*, 2010, No. 143, P. 183–189.

25. Todd J.M., Adam J.W. Potato gangrene: some interconnected sources and // *Proceedings of the 4th British Insecticide and Fungicide Conference*, 1967, P. 276–284.

Мохаммед Сабах Раби, аспирант кафедры «Защита растений и плодовоовощеводство», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Мельников Алексей Васильевич, соискатель кафедры «Защита растений и плодовоовощеводство», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел.: (8452) 23-32-92.

Ключевые слова: эфирные масла; кумин; лаванда; *Phoma*; картофель.

USE OF CUMIN AND LAVENDER ESSENTIAL OILS TO CONTROL PHOMA EXIGUA VAR. FOVEATA ON POTATO DURING STORAGE

Mohammed Sabah Rabie, Post-graduate Student of the chair "Plant Protection and Horticulture", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Melnikov Aleksey Vasilevich, Competitor of the chair "Plant Protection and Horticulture", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: essential oils; cumin; lavender; phoma; potato.

The antifungal activity of essential oils against *Phoma exigua* var *foveata*, was investigated by analyzing its inhibitory effect on the gangrene of potato tubers. The results showed that mycelium growth and spore germination of *Phoma* was suppressed by treatment with essential oils, and the inhibitory effect strongly correlated with the concentration

of essential oils used in this study. The effectiveness of post-harvest treatment with essential oils was studied for induced resistance to *Phoma rot* in tubers of two potato varieties (*Kolobok* and *Sante*). The results showed the fungicidal effect of cumin and lavender essential oils against phomosis at concentrations of 0.1, 0.2, and 0.4, significant inhibition of mycelium growth (18.1-100%), and viability of conidia (12.8-100%) compared to the control. Moreover, both oils at a concentration of 0.4% caused 100% inhibition of mycelium growth and spore germination. Treatment with oils at a concentration of 0.01-0.04 l/t significantly reduced the degree of damage to tubers infected with phomosis. However, cumin essential oil at a concentration of 0.04 l/t had the greatest effect 97.1% compared to lavender oil 95.4%.

