



Научная статья

УДК 632.952

doi: 10.55186/25876740_2026_69_4_448

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНГИЦИДОВ ПРОТИВ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР IN VITRO

С.Д. Каракотов, А.Д. Скачкова, К.Н. Божко, Н.В. Аршава

Щелково Агрохим, Щелково, Россия

Аннотация. В исследовании проведена сравнительная *in vitro* оценка биологической эффективности химических и микробиологических фунгицидов против пяти видов возбудителей болезней древесины плодовых культур, выделенных на территории Крыма, Краснодарского края и Московской области. Объектами исследования явились чистые культуры *Cytospora leucostoma*, *Diaporthe eres*, *Didymella macrostoma*, *Diplodia seriata* и *Seimatosporium lichenicola*, идентифицированные секвенированием ITS-региона. Эффективность препаратов Инсигния, МД (ципродинил + флудиоксонил), Капелла, МЭ (пропиконазол + флутриафол + дифеноконазол), Ривьера, МЭ (пираклостробин + тебуконазол + дифеноконазол) и Стаккато, Ж (*Bacillus amyloliquefaciens* 133) оценивали методом аппликации агарового блока с расчетом биологической эффективности по формуле Аббота. Установлено, что фунгицид Инсигния, МД обеспечил 100 % подавление роста *C. leucostoma* и *S. lichenicola*, 89,1 % — *Diaporthe eres*, 90,7 % — *Didymella macrostoma*. Препараты Капелла, МЭ и Ривьера, МЭ продемонстрировали эффективность 73–94 % в отношении всех патогенов, в том числе 82,6 % и 82,8 % против *Diplodia seriata*. Биопрепарат Стаккато, Ж показал 100 % эффективность против *C. leucostoma* и *Diaporthe eres*, 83,1 % — против *Didymella macrostoma*, 67,1 % — против *S. lichenicola*. Результаты подтверждают высокую эффективность комбинированных фунгицидов и перспективность штамма *B. amyloliquefaciens* 133 как альтернативы химическим средствам, при этом выражена видоспецифичность антагонистического действия биопрепарата.

Ключевые слова: *Cytospora leucostoma*, *Diaporthe eres*, *Didymella macrostoma*, *Diplodia seriata*, *Seimatosporium lichenicola*, Инсигния, Капелла, Ривьера, Стаккато

Original article

EFFICACY OF FUNGICIDES AGAINST PATHOGENS OF WOODY FRUIT CROPS IN VITRO

S.D. Karakotov, K.N. Bozhko, A.D. Skachkova, N.V. Arshava

Shchelkovo Agrokhim, Shchelkovo, Russia

Abstract. The study presents a comparative *in vitro* assessment of the biological efficacy of chemical and microbiological fungicides against five pathogens causing wood diseases in fruit crops, isolated in Crimea, Krasnodar Krai, and the Moscow Region. The research objects were pure cultures of *Cytospora leucostoma*, *Diaporthe eres*, *Didymella macrostoma*, *Diplodia seriata*, and *Seimatosporium lichenicola*, identified by ITS region sequencing. The efficacy of Insignia (cyprodinil + fludioxonil), Kapella (propiconazole + flutriafol + difenoconazole), Riviera (pyraclostrobin + tebuconazole + difenoconazole), and Stakkato (*Bacillus amyloliquefaciens* 133) was evaluated using the agar block application method, with biological efficacy calculated according to Abbott's formula. It was found that Insignia provided 100 % growth inhibition of *C. leucostoma* and *S. lichenicola*, 89.1 % of *Diaporthe eres*, and 90.7 % of *Didymella macrostoma*. Kapella and Riviera demonstrated 73–94 % efficacy against all pathogens, including 82.6 % and 82.8 % inhibition of *Diplodia seriata*. The biopreparation Stakkato showed 100 % efficacy against *C. leucostoma* and *Diaporthe eres*, 83.1 % against *Didymella macrostoma*, and 67.1 % against *S. lichenicola*. The results confirm the high efficacy of combined fungicides and the potential of the *B. amyloliquefaciens* 133 strain as an alternative to chemical agents, while the antagonistic effect of the biopreparation is shown to be species-specific.

Keywords: *Cytospora leucostoma*, *Diaporthe eres*, *Didymella macrostoma*, *Diplodia seriata*, *Seimatosporium lichenicola*, Insignia, Kapella, Riviera, Staccato

В плодовых садах регионов с умеренным и субтропическим климатом (Крым, Краснодарский край, юг Московской области) значительно растет вредоносность патогенов древесины. Возбудители цитоспороза (*Cytospora leucostoma*), диплодия (*Diplodia seriata*), язвенной болезни (*Diaporthe eres*), фомоза (*Didymella macrostoma*) и бурой пятнистости (*Seimatosporium lichenicola*) вызывают усыхание ветвей, рак стволов, отмирание коры и преждевременное опадение листьев. Потери урожая могут достигать 30–50%, а в молодых садах — до 80% при гибели деревьев [1–4].

Особую фитосанитарную опасность представляет латентное носительство данных патогенов в посадочном материале. Зараженные, но внешне здоровые саженцы из питомников служат источником инфекции при закладке новых садов. В таких случаях стандартные обработки

контактными фунгицидами оказываются неэффективными, что приводит к многократным повторным обработкам и селекции устойчивых рас [5]. Следовательно, необходим поиск препаратов с широким спектром действия, активных в отношении всего комплекса древесных патогенов, особенно на ранних этапах развития растений.

Триазолы и стробилурины являются основой современных систем защиты плодовых культур. Однако, чувствительность разных видов патогенов к этим группам может варьировать. Ципродинил и флудиоксонил относятся к разным группам действующих веществ и обладают различным механизмом действия [6]. Кроме того, в последние годы возрастает интерес к биологическим препаратам на основе *Bacillus* spp. как к альтернативе химическим фунгицидам в органическом земледелии [7].

Цель работы — сравнительная *in vitro* оценка биологической эффективности химических и микробиологических фунгицидов против пяти видов возбудителей болезней древесины плодовых культур, выделенных на территории России.

Объектами исследования явились чистые культуры грибов, выделенные из пораженных образцов плодовых и косточковых культур: *Cytospora leucostoma* (из коры персика, Республика Крым, Бахчисарайский р-он), *Diaporthe eres* (кора груши, Московская обл.), *Didymella macrostoma* (почка груши, Московская обл.), *Diplodia seriata* (побег яблони, Республика Крым), *Seimatosporium lichenicola* (плод груши, Московская обл.). Выделение производили классическим методом влажных камер. Идентификация выделенных изолятов была подтверждена секвенированием ITS региона.



Были выбраны следующие коммерческие препараты:

Инсигния, МД — ципродинил 150 г/л + флудиоксонил 140 г/л, 1,0 л/га;

Капелла, МЭ — пропиконазол 120 г/л + флутриафол 60 г/л + дифеноконазол 30 г/л, 1,0 л/га;

Ривьера, МЭ — пираклостробин 80 г/л + тебуконазол 80 г/л + дифеноконазол 40 г/л, 1,0 л/га;

Стаккато, Ж — *Bacillus amyloliquefaciens* 133 (ВКПМ В-11986), титр не менее 1×10^9 КОЕ/мл, 3,0 л/га.

Для проведения анализа использовали метод аппликации агарового блока. Рабочие растворы готовили пересчетом полевой нормы расхода на площадь чашки Петри ($S=56,7 \text{ см}^2$). Расчетный объем препарата вносили в стерильные чашки, заливали расплавленным до 45°C картофельно-сахарозным агаром (КСА) и тщательно перемешивали. После застывания агара в центр чашки помещали мицелиальный блок диаметром 1 см. Контроль — дистиллированная вода; повторность опыта трехкратная. Инкубирование проводили при 25°C в темноте в течение 3–21 суток (в зависимости от скорости роста гриба). Диаметр мицелия измеряли в трех направлениях. Биологическую эффективность (БЭ, %) рассчитывали по формуле Аббота [8]:

$$\text{БЭ} = (\text{Дк} - \text{До}) / \text{Дк} \times 100\%, \text{ где}$$

Дк — средний диаметр мицелия в контрольном варианте,

До — средний диаметр мицелия в опыте.

Было установлено, что все препараты в той или иной степени подавляли рост мицелия (таб-

лица, рис. 1). Препарат Инсигния, МД показал высокую эффективность против всех протестированных патогенов. Подавление роста *C. leucostoma* (100%), *Didymella macrostoma* (90,7%) и *S. lichenicola* (100%) препаратом объясняется чувствительностью данных патогенов к флудиоксонилю и ципродинилу, которые эффективны против широкого круга аскомицетов.

Препараты Капелла, МЭ и Ривьера, МЭ проявили высокую фунгицидную активность в отношении всех пяти патогенов. Наиболее чувствительными к обоим препаратам оказались *C. leucostoma*, *Diaporthe eres* и *Didymella macrostoma* (БЭ 73–94%). Против *Diplodia seriata* — одного из самых агрессивных возбудителей рака яблони — эффективность препарата Капелла, МЭ составила $82,6 \pm 0,3\%$, Ривьера, МЭ — $82,8 \pm 0,4\%$ (различия статистически не значимы) (рис. 1).

На *S. lichenicola* оба препарата показали умеренную эффективность ($76,3 \pm 0,8\%$ и $72,4 \pm 2,4\%$ соответственно). Полученные результаты подтверждают, что триазолы и их комбинации со стробилуринами обладают наиболее широким спектром действия в отношении древесных патогенов плодовых культур. Высокая эффективность против *Diplodia seriata* ($82,6$ – $82,8\%$) согласуется с данными других авторов. Так, в исследованиях Moradi (2014) EC_{50} тебуконазола для ингибирования роста мицелия *Diplodia seriata* составила $0,07 \text{ мг/л}$, а для дифеноконазола — $3,38 \text{ мг/л}$ [9]; в работе Güngör Savaş N [10] EC_{50} комбинации азоксистробин + дифеноконазол была определена как $2,958 \text{ мкл/мл}$.

Препарат Инсигния, МД (ципродинил+флудиоксонил) полностью подавлял рост *C. leucostoma* и *S. lichenicola* (100%) и был высокоэффективен против *Diaporthe eres* ($89,1 \pm 0,2\%$) и *Didymella macrostoma* ($90,7 \pm 0,0\%$). Подавление роста *C. leucostoma*, *D. macrostoma* и *S. lichenicola* препаратом Инсигния, МД объясняется чувствительностью данных патогенов к флудиоксонилю и ципродинилу, которые эффективны в отношении широкого круга аскомицетов.

Особого внимания заслуживает биопрепарат Стаккато, Ж (рис. 2). Штамм *B. amyloliquefaciens* 133 проявил 100% эффективность против *C. leucostoma* и *Diaporthe eres* — уровень, сопоставимый с химическими эталонами. Это указывает на мощный антагонистический потенциал штамма за счёт продукции липопептидов и гидролитических ферментов. Однако видоспецифичность антагонизма ограничивает его применение в качестве универсального средства.

Заключение. Все протестированные препараты показали высокую биологическую эффективность в отношении исследованных патогенов.

Препараты Инсигния, МД и Стаккато, Ж отлично зарекомендовали себя против *C. leucostoma*, *Diaporthe eres*, *Didymella macrostoma* и *S. lichenicola* (эффективность от 83 до 100%), а биофунгицид Стаккато, Ж показал эффективность сопоставимую с эффективностью химических препаратов. Фунгициды Капелла, МЭ и Ривьера, МЭ обеспечили высокое подавление роста всех пяти патогенов, и продемонстрировали подавление *Diplodia seriata* ($82,6$ – $82,8\%$) — опасного возбудителя рака яблони.

Список источников

1. Зубков А.В., Антоненко В.В. Оценка фитосанитарного состояния и проблемы защиты многолетних насаждений в садоводстве // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2024. № 2. С. 45–52.
2. Thomidis T., Michailides T.J. Studies on *Diaporthe eres* as a New Pathogen of Peach Trees in Greece // Plant Disease. 2009. Vol. 93. No. 12. P. 1293–1297.
3. Amponsah N.T., Jones E., Ridgway H.J., Jaspers M.V. Evaluation of fungicides for the management of *Botryosphaeria dieback* diseases of grapevines // Pest Management Science. 2012. Vol. 68. No. 5. P. 676–683.
4. AgroAtlas. Цитоспороз косточковых культур (*Cytospora leucostoma*). <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения: 06.04.2026).
5. Упадышев М.Т. Оздоровление садовых растений от вирусов // Вестник ВСТИСП. 2023. № 4. С. 12–18.

Таблица 1. Биологическая эффективность фунгицидов против возбудителей болезней

плодовых культур, % (среднее $\pm$ SE)

Table 1. Biological efficacy of fungicides against fruit crop wood disease pathogens, % (mean $\pm$ SE)

Препарат (норма расхода)	<i>C. leucostoma</i>	<i>Diaporthe eres</i>	<i>Didymella macrostoma</i>	<i>Diplodia seriata</i>	<i>S. lichenicola</i>
Инсигния, МД (1 л/га)	$100 \pm 0,0$	$89,1 \pm 0,2$	$90,7 \pm 0,0$	-	$100 \pm 0,0$
Капелла, МЭ (1 л/га)	$92,8 \pm 0,2$	$93,9 \pm 0,0$	$80,8 \pm 0,4$	$82,6 \pm 0,3$	$76,3 \pm 0,8$
Ривьера, МЭ (1 л/га)	$87,8 \pm 0,5$	$87,8 \pm 0,5$	$73,8 \pm 1,0$	$82,8 \pm 0,4$	$72,4 \pm 2,4$
Стаккато, Ж (3 л/га)	$100 \pm 0,0$	$100 \pm 0,0$	$83,1 \pm 0,2$	-	$67,1 \pm 0,6$

Примечание: в рамках данного исследования препараты Инсигния, МД и Стаккато, Ж не тестировали в отношении *Diplodia seriata*, поскольку фокус был направлен на сравнительную оценку средств с потенциально высокой активностью против комплекса древесных патогенов

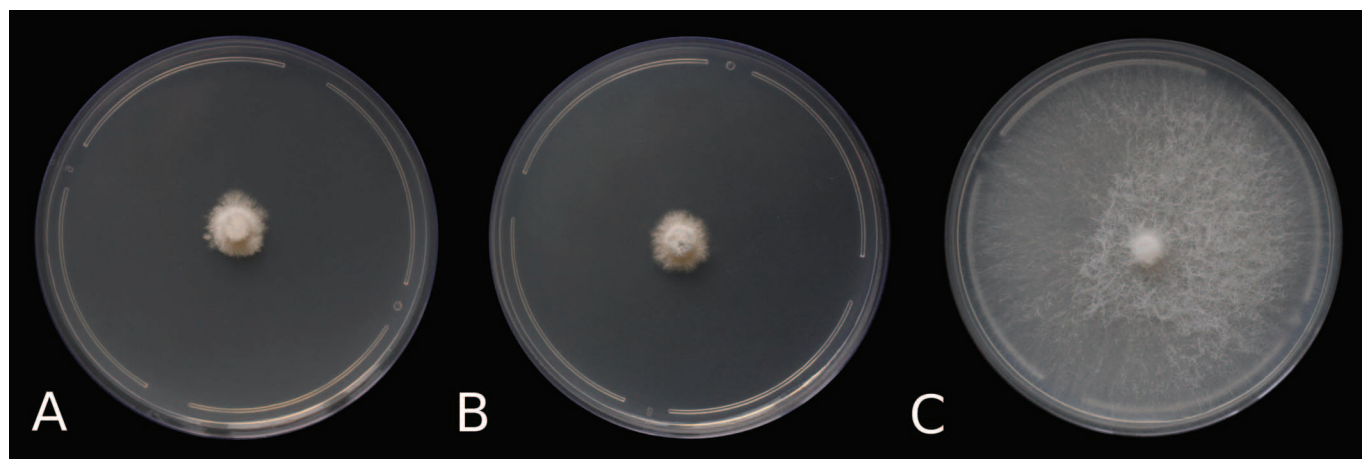


Рисунок 1. Подавление роста *Diplodia seriata* фунгицидами Капелла, МЭ (А), Ривьера, МЭ (В). Контроль (С) без обработки

Figure 1. Suppression of *Diplodia seriata* growth by fungicides Kapella (A) and Riviera (B). Control (C) without treatment



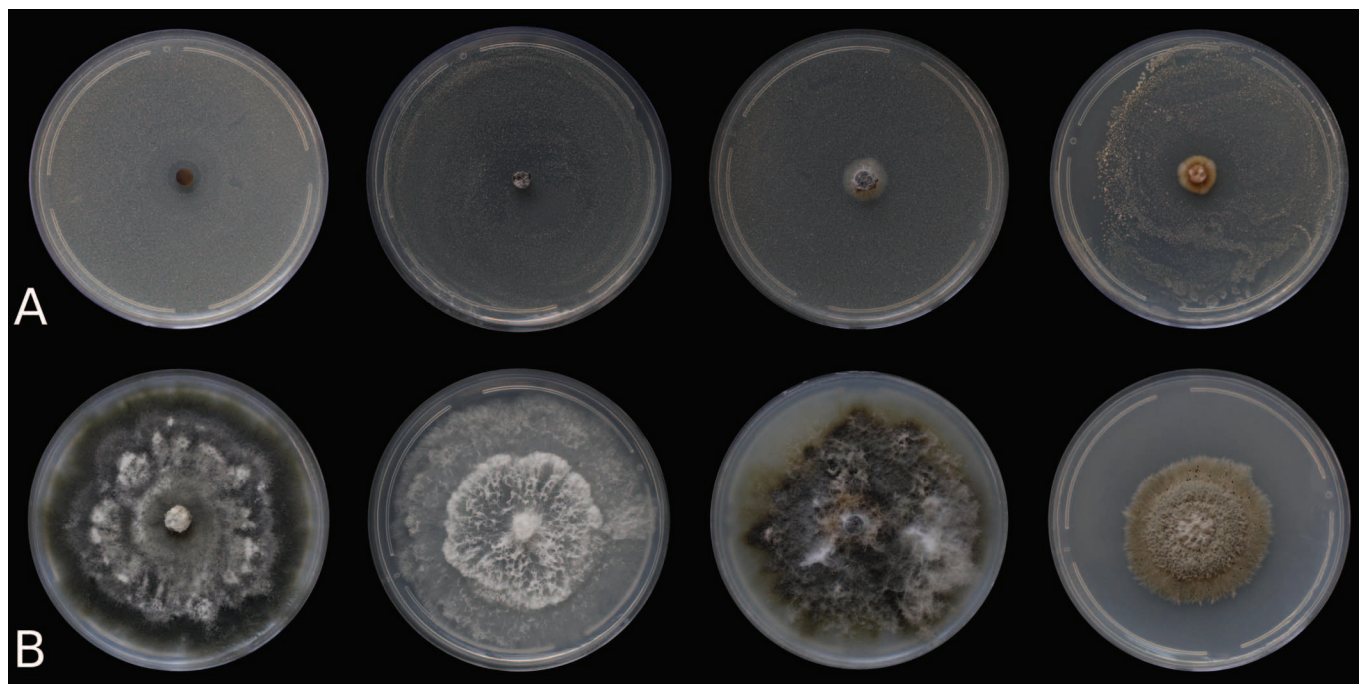


Рисунок 2. Подавление роста фитопатогенов биофунгицидом Стаккато, Ж (А). Контроль (В) слева направо: *C. leucostoma*, *Diaporthe eres*, *Didymella macrostoma*, *S. lichenicola*
Figure 2. Suppression of phytopathogen growth by the biofungicide Stakkato (A). Control (B), from left to right: *C. leucostoma*, *Diaporthe eres*, *Didymella macrostoma*, *S. lichenicola*.

6. FRAC (Fungicide Resistance Action Committee). FRAC Code List ©2025: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action. Brussels: FRAC, 2025. 12 p.

7. Штерншис М.В., Андреева И.В., Томилова О.Г. Биопрепараты в защите садов // Защита и карантин растений. 2024. № 5. С. 23-29.

8. Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology, vol. 18, pp. 265-267.

9. Moradi Masoumeh. Elma ağaçlarında Botryosphaeria kanserine neden olan *Diplodia seriata* ya karşı laboratuvar koşullarında bazı fungusitlerin etkilerinin belirlenmesi. Ankara, 2014. 53 p.

10. Güngör Savaş N., Yıldız M. Molecular identification of *Diplodia seriata* De Not. causing dieback effect on grapevines and evaluation of in vitro efficacy of five different synthetic fungicides against this disease // Trakya University Journal of Natural Sciences. 2021. Vol. 22, No. 1. P. 93-100. DOI: 10.23902/trkjnat.863506.

References

1. Zubkov, A.V. & Antonenko, V.V. (2024). *Otsenka fitosanitarnogo sostoyaniya i problemy zashchity mnogoletnikh nasazhdeniy v sadovodstve* [Assessment of phytosanitary condition and problems of protection of perennial plantations in horticulture]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 2, pp. 45-52.

2. Thomidis, T. & Michailides, T.J. (2009). Studies on *Diaporthe eres* as a new pathogen of peach trees in Greece. *Plant Disease*, vol. 93, no. 12, pp. 1293-1297.

3. Amponsah, N.T., Jones, E., Ridgway, H.J. & Jaspers, M.V. (2012). Evaluation of fungicides for the management of Botryosphaeria dieback diseases of grapevines. *Pest Management Science*, vol. 68, no. 5, pp. 676-683.

4. AgroAtlas (n.d.). *Tsitosporoz kostochkovykh kultur (Cytospora leucostoma)* [Cytospora canker of stone fruits (Cytospora leucostoma)]. <http://www.agroatlas.ru> (accessed 06.04.2026).

5. Upadyshev, M.T. (2023). *Ozdorovlenie sadovykh rasteniy ot virusov* [Sanitation of garden plants from viruses]. *Vestnik VSTISF*, no. 4, pp. 12-18.

6. FRAC (2025). FRAC Code List ©2025: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action. Brussels: FRAC.

7. Shternshis, M.V., Andreeva, I.V. & Tomilova, O.G. (2024). *Biopreparaty v zashchite sadov* [Biopreparations in garden protection]. *Zashchita i karantin rasteniy*, no. 5, pp. 23-29.

8. Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, vol. 18, pp. 265-267.

9. Moradi, M. (2014). Elma ağaçlarında Botryosphaeria kanserine neden olan *Diplodia seriata* ya karşı laboratuvar koşullarında bazı fungusitlerin etkilerinin belirlenmesi [Determination of the effects of some fungicides against *Diplodia seriata* causing Botryosphaeria canker on apple trees under laboratory conditions] (Master's Thesis). Ankara, 53 p.

10. Güngör Savaş, N. & Yıldız, M. (2021). Molecular identification of *Diplodia seriata* De Not. causing dieback effect on grapevines and evaluation of in vitro efficacy of five different synthetic fungicides against this disease. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, vol. 22, no 1, pp. 93-100. DOI: 10.23902/trkjnat.863506.

Информация об авторах:

Каракотов Салис Добаевич, доктор химических наук, академик РАН, Заслуженный работник промышленности Московской области, почетный химик Российской Федерации, вице-президент Российского союза производителей химических средств защиты растений, член Межведомственной комиссии Минсельхоза РФ по рассмотрению вопросов, связанных с подготовкой и проведением сезонных полевых сельскохозяйственных работ, член Совета по защите диссертаций РХТУ им Д.И. Менделеева, генеральный директор АО «Щелково Агрохим», ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7062-4386>, Scopus ID: 16245238500, SPIN-код: 7384-5993

Скачкова Александра Дмитриевна, руководитель группы фунгицидного скрининга отдела биологических исследований, SPIN-код: 4955-7742, a.skachkova@list.ru

Божко Кира Николаевна, кандидат биологических наук, начальник отдела биологических исследований, bozhko@betaren.ru

Аршава Наталья Викторовна, кандидат биологических наук, руководитель группы фитоэкспертизы отдела биологических исследований, ORCID: 0000-0002-2102-4621; SPIN-код: 2143-4934, arshava@betaren.ru

Information about the authors:

Salis D. Karakotov, doctor of chemical sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Worker of Industry of the Moscow Region, Honorary Chemist of the Russian Federation, Vice President of the Russian Union of Manufacturers of Chemical Plant Protection Products, Member of the Interdepartmental Commission of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation for Considering Issues Related to the Preparation and Conduct of Seasonal Field Agricultural Work, Member of the Dissertation Defense Council at D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia; General Director Shchelkovo Agrokhim; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7062-4386>, Scopus ID: 16245238500, SPIN code: 7384-5993

Alexandra D. Skachkova, head of the fungicide screening group, department of biological research, SPIN code: 4955-7742, a.skachkova@list.ru

Kira N. Bozhko, candidate of biological sciences, head of the department of biological research, bozhko@betaren.ru

Natalia V. Arshava, candidate of biological sciences, head of the phytoexpertise group, department of biological research; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2102-4621>, SPIN code: 2143-4934, arshava@betaren.ru