

ПРИНЦИП ЭКОСИСТЕМНОЙ ЗАЩИТЫ ЛЕСНЫХ И ПОЛЕВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОТ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ

доктор биологических наук, профессор **Ю.Ф. Арефьев**¹

кандидат биологических наук **НгуенТхи Лан Хьонг**²

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

2 – Институт биотехнологий и пищевых технологий, Индустриальный университет города Хошимина,
город Хошиминь, Вьетнам

Общность лесных и полевых насаждений заключается в том, что в них нарушена система автоматической регуляции естественных биотических процессов. В результате веками складывавшиеся сообщества растений утратили способность к устойчивому гармоничному развитию. Искусственно созданные насаждения стали объектом массовых атак многих видов, повреждающих растения. Цель представленных исследований – реанимировать способность защищаемых насаждений к самозащите от вредных организмов на основе активизации природных адаптивных внутрисистемных механизмов (конкуренции, естественного отбора, инбридинга). В условиях Среднерусской лесостепи цель исследований достигается посредством формирования высоко гетерогенных мозаичных насаждений. Природные адаптивные механизмы активизируются на базе специфической структуры и композиции защищаемых насаждений. Во Вьетнаме долговременная реабилитация программы необходима для восстановления экологического баланса в почве. В последние годы испытывались биологические методы для защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенных грибов и насекомых. Однако эти меры не решили проблему защиты полевых культур от вредных организмов из-за деградации почвы. Использование органических удобрений показало очень хорошие результаты в реальном производстве. Но биоорганические удобрения недостаточно применимы для защиты растений из-за вызываемых ими почвенных нарушений. Дезинфекция и ирригация почвы эффективны только как временная мера. Система интегрированной защиты растений эффективна только на поверхности почвы, но не снижает вред почвенных патогенов. Мы считаем, что условия баланса почвенного питания являются лучшим решением защиты растений в настоящее время. Модель сбалансированного почвенного питания не только очень эффективна для контроля вредных организмов, но также повышает качество урожайной продукции во Вьетнаме.

Ключевые слова: лесные насаждения, полевые насаждения, патогенные процессы, реабилитация, адаптация.

THE PRINCIPLE OF ECOSYSTEM PROTECTION OF FOREST AND FIELD PLANTINGS FROM PARASITIC ORGANISMS

DSc (Biology), Professor **Yu. F. Arefiev**¹

PhD (Biology), **Nguyen Thi Lan Huong**²

1 – FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
Russian Federation

2 – Institute of Biotechnology and Food Technology, Industrial University of Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh
City, Vietnam

The commonality of forest and field plantations is that the system of automatic regulation of natural biotic processes is violated in them. As a result, plant communities have lost their ability to sustain harmonious development. Artificial plantings have become the object of mass attacks by many species damaging plants. The purpose of the pre-

sented studies is to reanimate the ability of protected plantations to protect themselves from harmful organisms based on the activation of natural adaptive intersystem mechanisms (competition, natural selection, and inbreeding). In the conditions of Central Russian forest-steppe, the goal of the research is achieved through the formation of highly heterogeneous mosaic plantings. Natural adaptive mechanisms are activated on the basis of specific structure and composition of protected plantations. In Vietnam, a long-term rehabilitation program is needed to restore the ecological balance in the soil. In recent years, biological methods have been tested to protect crops from phytopathogenic fungi and insects. However, these measures did not solve the problem of protecting field crops from pests due to soil degradation. The use of organic fertilizers has shown very good results in actual production. But bioorganic fertilizers are not sufficiently applicable for plant protection due to the soil disturbances they cause. Disinfection and irrigation of the soil are only effective as a temporary measure. The system of integrated plant protection is effective only on the soil surface, but it does not reduce the harm of soil pathogens. We believe that the conditions of the balance of soil nutrition are the best solution for plant protection at the present time. The balanced soil nutrition model is very effective not only to control pests, but it also improves the quality of harvest products in Vietnam.

Keywords: forest plantations, field plantations, pathogenic processes, rehabilitation, adaptation.

Принцип защиты растений, основанной на особенностях характеристик самих экологических систем, широко распространён в природе. Автохтонные леса, степи, другие ландшафтные образования сформировались в результате длительной эволюции и способны к устойчивому развитию. Искусственно созданные биологические объекты обычно не способны к саморазвитию и самозащите. К ним относятся, в частности, лесные и полевые рукотворные насаждения [1, 3, 8].

Принципиальная общность лесных и полевых искусственно созданных насаждений заключается в том, что в них нарушена система автоматической регуляции естественных биотических внутрисистемных процессов. В результате веками складывавшиеся сообщества растений утратили способность к авторегуляции, к устойчивому гармоничному развитию [7, 8, 9, 10]. Искусственно созданные насаждения стали объектом массовых, спорадически повторяющихся атак многих видов – паразитов древесных и травянистых растений.

Цель представленных в данной работе исследований – реанимировать природную способность защищаемых насаждений к их самозащите от паразитических организмов и способность к устойчивому развитию в условиях изменяющейся окружающей среды. Фундаментальная основа самозащиты сообществ растений – активизация природных адаптивных внутрисистемных механизмов автоматической

регуляции патологических процессов (внутривидовой и межвидовой конкуренции, естественного дизруптивного отбора, инбридинга в популяциях паразитических для растений организмов).

В условиях Среднерусской лесостепи активизация адаптивных механизмов достигается посредством формирования высоко гетерогенных мозаичных насаждений. Их основа – специфическая мозаичная структура насаждений и композиции древесных пород.

Во Вьетнаме для радикального улучшения защиты растений от паразитических организмов необходима реабилитация долговременной программы для восстановления экологического баланса в почве.

В последние годы испытывались биологические методы для защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенных грибов и насекомых. Однако эти меры не решили проблему защиты полевых культур от вредных организмов из-за деградации почвы.

Использование органических удобрений показало очень хорошие результаты в реальном сельскохозяйственном производстве. Но биоорганические удобрения недостаточно применимы для защиты растений из-за вызываемых ими почвенных нарушений.

Дезинфекция и ирригация почвы эффективны только как временная мера.

Система интегрированной защиты растений эффективна только на поверхности почвы, но не снижает вред почвенных патогенов.

Мы считаем, что условия баланса почвенного питания являются лучшим решением проблемы защиты растений в настоящее время. Модель сбалансированного почвенного питания очень эффективна не только для контроля вредных организмов, но также повышает качество урожайной продукции во Вьетнаме.

Методология исследований основана на сравнительной оценке трёх параметров защищаемых насаждений: жизнеспособность (для лесных и полевых насаждений), уровень сложности (гетерогенности), уровень регенерации (для лесных насаждений).

Жизнеспособность (*viability*) насаждений оценивалась по следующей шкале [2]: *здоровые растения – 5 баллов* (без симптомов инфекционных и неинфекционных болезней); *ослабленные растения – 4 балла* (отсталость в росте или отмирание отдельных растений в пределах 15 %, тусклость зелёных фрагментов); *болезнь 1-й степени у растений – 3 балла* (отсталость в росте или отмирание отдельных растений до 30 %, возможно выздоровление растений); *болезнь 2-й степени у растений – 2 балла* (отсталость в росте или отмирание отдельных растений до 50 %, выздоровление растений маловероятно); *отмирающие растения – 1 балл* (живых растений или их фрагментов менее 50 %); *отмершие растения – 0 баллов* (без признаков жизни).

Уровень сложности, как степень гетерогенности насаждений, оценивался по формуле Клода Шеннона [11]

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i * \log_2 P_i,$$

где *i* – составные компоненты гетерогенности, *n* – число компонента, *P_i* – вероятность компонента.

Уровень спонтанной регенерации определялся по баллам: высокий – 4 балла, средний – 3 балла, низкий – 2 балла, единичный – 1 балл, регенерация отсутствует – 0.

В качестве модельных паразитических видов были базидиальный гриб корневая губка

(*Heterobasidion annosum*) и сумчатый гриб мучнистая роса (*Erisipheal phitoides*). Оба вида широко распространены и экономически значимы.

Результаты и их обсуждение

Кумулятивный эффект адаптивных механизмов (конкуренции, естественного отбора, инбридинга) проявляется в индексе жизнеспособности (*iv* – index of viability) насаждений. В табл. 1 приведена поражаемость сосновых насаждений корневой губкой в заповедных насаждениях, где адаптивные механизмы формирования лесной экосистемы достаточно активны, и в пригородных монокультурах сосны, где активность адаптивных механизмов минимальна.

Таблица 1

Сравнительная поражаемость сосны корневой губкой в заповедных и пригородных насаждениях

Характер насаждений	Поражаемость сосны, %	Коэффициент вариации, %	Точность определений, %
Заповедные	5,7	10,2	0,9
Пригородные	26,3	23,5	1,1

Как следует из табл. 1, поражаемость сосны корневой губкой в заповедных условиях (5,7 %) более чем в 5 раз ниже, чем в пригородных насаждениях (26,3 %), что свидетельствует о значимости совместного воздействия адаптивных механизмов на жизнеспособность насаждений.

Естественно сформированные насаждения более гетерогенны (табл. 2).

Таблица 2

Гетерогенность спонтанно сформированных насаждений в очаге корневой губки и монокультур сосны

Насаждения в очаге корневой губки	Комплексы растений				Общая гетерогенность, бит
	Древо-стой	Под-рост	Под-лесок	Травяной покров	
Естественно сформированные насаждения	1,68	1,84	1,91	1,36	6,97
Монокультуры сосны	0,72	0	0	0,92	1,64

Спонтанно сформированные естественные насаждения являются более гетерогенными, сбалансированными и способны лучше противостоять атакам вредных организмов, в частности мучнистой росе (табл. 3).

Как следует из табл. 3, развитие мучнистой росы в монокультурах дуба значительно выше, чем в спонтанно сформированных насаждениях с участием дуба черешчатого.

Таблица 3

Развитие мучнистой росы на листьях дуба черешчатого в спонтанно сформированных насаждениях и в монокультурах

Насаждения	Развитие болезни, %
Монокультуры дуба черешчатого	83,6
Спонтанно сформированные насаждения с 30-45 % участием дуба черешчатого	12,7

Таким образом, эффект адаптивных механизмов чётко проявляется в повышении жизнеспособности насаждений, сформированных спонтанно, в противоположность лесным монокультурам, благоприятным для массового распространения паразитических для древесных растений видов.

Во *Вьетнаме* основой защиты растений является профилактическая стратегия, основанная на поддержании экологического баланса в почве.

В последние годы во *Вьетнаме* предпринимались многочисленные попытки использовать биологические методы (с использованием биологических пестицидов), чтобы уменьшить численность вредителей и фитопатогенных грибов. В целом, эта мера защиты растений была обнадеживающей, но из-за деградации почвы была недостаточно эффективной.

Использование органических удобрений вместе с эффективными микроорганизмами улучшает почвенный питательный баланс и постепенно улучшает среду обитания. При этом увеличивается число видов аммониевых бактерий, минерализованных бактерий, микробиоцидов и эффективных грибов [5]. Кроме того, органические удобрения также увеличивают активность антагонистических актиномицетов, в результате чего предотвращается развитие фитопатогенного

гриба *Phytophthora palmivora* и повышается выживаемость дурьяна [4].

Некоторыми исследователями доказывалась эффективность защиты растений посредством биоорганических удобрений. При этом повышается количество эффективных микроорганизмов и антагонистических микроорганизмов для улучшения почвы, снижения вредителей, повышения производительности работ, качества и количества овощей и фруктов. Однако эти результаты все еще очень скромны, потому что в производстве использовали органическое удобрение, имеющее следующие значительные ограничения.

В настоящее время во *Вьетнаме* пытаются разводить препараты некоторых микроорганизмов, такие как вирусы, грибы, антагонистические нематоды для предотвращения вредных организмов. Например, использование вируса ядерного полиэдроза (NPV), *Bacillus Thuringiensis* (BT), антагонистических нематод, гриба *Metarhizium sp.* в борьбе с вредителями и фитопатогенными грибами. Однако в этих препаратах извлечены только несколько изолированных антагонистов, что недостаточно для эффективного контроля вредителей и патогенов.

Дезинфекция почвы и орошение почвы для предотвращения появления вредителей в почве является лишь временной мерой. Долгосрочное использование этих мер, наряду со злоупотреблением химическими удобрениями, приведет к гибели эффективных микроорганизмов и нарушению почвенного экологического баланса.

В последние годы интегрированные стратегии борьбы с вредителями IPM (Integrated pest management) были эффективными для предотвращения некоторых вредителей. В целом эта мера основана на сохранении естественного экологического баланса, минимизации использования химических препаратов, комплекса различных микробиологических препаратов для защиты популяций естественных антагонистов, создания благоприятного экологического баланса для ограничения плотности популяций вредителей ниже порога экономического ущерба. Однако фактически это относится к защите экологического

баланса только на поверхности почвы, но не в почвенной среде.

Наши исследования (в согласии с работами многих авторов) показали, что в условиях сбалансирования питательных веществ в почве органических соединений, живые эффективные микроорганизмы развиваются успешно, помогают растениям поглощать достаточное питание и повышают устойчивость к болезням. Кроме того, популяции антагонистических микроорганизмов также развиваются активнее и контролируют развитие вредных микроорганизмов. Достигается эффект комплексной борьбы с вредителями (IPM) на основе поддержания экологического баланса в почве.

Несбалансированное питание приводит к дисбалансу между полезными, антагонистическими и патогенными микроорганизмами. Последнее в свою очередь приводит к возникновению заболеваний растений.

Таким образом, комплексному управлению вредными организмами (IPM) следует уделять внимание с позиций формирования почвенного экологического баланса. При этом достигается цель фитосанитарного благополучия. Необходимо защитить экологический баланс между естественными вредными организмами на поверхности почвы, а также необходимо поддерживать экологический баланс в почве между полезными, антагонистическими и патогенными микроорганизмами. После того, как почвенная среда будет благоприятна для развития микроорганизмов, тогда эффективность комплексной профилактической стратегии в отношении вредителей (IPM) будет основой для создания безопасного, устойчивого

сельскохозяйственного производства. Модель IPM не только очень эффективна для борьбы с вредными организмами, но также повышает качество продукции растениеводства во Вьетнаме.

Прикладной аспект результатов исследования

Общность большинства современных лесных и полевых насаждений заключается в низком уровне гетерогенности. Эта особенность определяет и общность стратегии защиты лесных и полевых насаждений от паразитических организмов. Согласно данной стратегии, искусственно создаваемые экосистемы защищают сами себя на основе естественных адаптивных механизмов. В отношении полевых насаждений рекомендуется комплексная профилактическая стратегия защиты от паразитических организмов на основе экологического баланса между естественными паразитами на поверхности почвы и в почве, между полезными, антагонистическими и патогенными микроорганизмами, в лесных насаждениях рекомендуется формировать высоко гетерогенные мозаичные экосистемы.

Заключение

Проблема защиты растений от паразитических организмов является глобальной. Во Вьетнаме современный, наиболее рациональный путь её решения заключается в развитии комплексной профилактической стратегии защиты растений, в лесных насаждениях Среднерусской лесостепи ключевой метод контроля вредных организмов также профилактический – формирование высоко гетерогенных мозаичных экосистем. Предложенные стратегии профилактической защиты растений отвечают принципам устойчивого развития биосферы.

Библиографический список

1. Алимбек, Б. М. Механизированные равномерно-групповые рубки как средство улучшения состояния и продуктивности дубрав Казанского Поволжья / Б. М. Алимбек // Состояние и пути улучшения дубрав РСФСР. Воронеж: ВГУ, 1975. – С. 70-84.
2. Арефьев, Ю. Ф. Проблема защиты леса в условиях глобального потепления / Ю. Ф. Арефьев, Т. А. Парамонова // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. – Минск, М., Петрозаводск, 2015. – С. 20-23.
3. Артюховский, А. К. К вопросу создания в очагах корневой губки сосновых насаждений, устойчивых к грибной инфекции / А. К. Артюховский, В. Н. Скрыпников, Ю. Ф. Арефьев // Сосновые леса России в системе многоцелевого лесопользования. – Воронеж, 1993. – С. 76-78.

4. Май Ван Чьи, Нгуен Тхи Тхуи Бинь. Влияние органических удобрений на рост, урожайность и болезни, вызываемые грибами *Phytophthora* на дурианах / Май Ван Чьи, Нгуен ТхиТхуи Бинь // Матер. науч. конференции по защите растений при реструктуризации растений в Южных провинциях, Таунгуен, Вунгтау. 24-25 июня 2003 г. Университет сельского и лесного хозяйства города Хошимина, департамент защиты растений, компания SPC.
5. Нгуен Данг Нгиа. Влияние удобрения на кешью в дельте Меконга Вьетнама / Нгуен Данг Нгиа // Пищевая промышленность, сельское хозяйство. – 2003. – № 08. – С. 997.
6. Харченко, Н. А. Эффект группы в повышении биорезистентности насаждений / Н. А. Харченко, Ю. Ф. Арефьев // Лесной журнал. – 1999. – № 6. – С. 18-21.
7. Харченко, Н. Н. Формирование экосистемного разнообразия при искусственном лесовосстановлении / Н. Н. Харченко, М. А. Семёнов // Матер. междунар. науч.-техн. юбилейной конференции (21-22 мая 2015 года) ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2012. – С. 189-192.
8. Arefjev, Yu. F. Breeding for pest resistance in forest trees / Yu. F. Arefjev // Forest genetics, breeding and physiology of woody plants. Moscow, 1989. – P. 154-155.
9. Kölling, Ch. Waldumbau unter den Vorzeichen des Klimawandels / Ch. Kölling, Ch. Ammer // AFZ Der Wald. – 2006. – № 20. – S. 1086-1089.
10. Ramos, R. G. Gene-environment interactions in the development of complex disease phenotypes [Text] / R. G. Ramos, K. Olden // Int. J. Environ. Res. Public. – 2008. – Vol. 5. – P. 4-11.
11. Shannon, C. E. A mathematical theory of communication [Text] / C. E. Shannon // The Bell System Technical Journal. – 1948 – N.Y., 1993. – P. 8-111.

References

1. Alimbek B. M. The mechanized uniform and group cabins as means of improvement of a state and efficiency of oak groves of the Kazan Volga region. State and ways of improvement of oak groves of RSFSR. Voronezh: VSU, 1975. P. 70-84.
2. Arefjev Y. F., Paramonova T. A. Problem of protection of the wood in the conditions of global warming // Problems of forest phytopathology and mycology. Minsk, Moscow, Petrozavodsk, 2015. P. 20-23.
3. Artukhovskiy A. K., Skripnikov V. N., Arefjev Y. F. To a question of creation in the centers of a root sponge of the pine plantings steady against a mushroom infection // The pine woods of Russia in the system of multi-purpose forest exploitation. Voronezh, 1993. P. 76-78.
4. Mai Văn Trivà Nguyễn Thị Thúy Bình, 2003. Ảnh hưởng của phân bón hữu cơ đối với sinh trưởng, năng suất và bệnh *Phytophthora* trên cây sầu riêng // Kỹ yếu Hội thảo khoa học BTVT phục vụ chuyển đổi cơ cấu cây trồng ở các tỉnh phía Nam và Tây Nguyên, Vũng Tàu, 24-25/6/2003. Đại học Nông Lâm TP HCM, Cục BTVT, Công ty SPC.
5. Nguyễn Đăng Nghĩa. Hiệu lực của phân bón đối với cây điều vùng đồng bằng Nam Bộ // Nông nghiệp công nghiệp thực phẩm. 2003. Số 08. Tr. 997.
6. Khartshenko N. A., Arefjev Y. F. Effect of group in increase in bioresistance of plantings. Forest magazine. 1999. № 6. P. 18-21.
7. Khartshenko N. N., Semenov M. A. Formation of an ecosystem variety at artificial reforestation // Materials of the international scientific and technical anniversary conference (on May 21-22, 2015), FGBOU IN "VGLTU". Voronezh, 2012. P. 189-192.
8. Arefjev Yu. F. Breeding for pest resistance in forest trees // Forest genetics, breeding and physiology of woody plants. M., 1989. P. 154-155.
9. Kölling Ch. Waldumbau unter den Vorzeichen des Klimawandels // AFZ Der Wald. 2006. № 20. S. 1086-1089.

10. Ramos R. G., Olden K. Gene-environment interactions in the development of complex disease phenotypes // Int. J. Environ. Res. Public. 2008. Vol. 5. P. 4-11.

11. Shannon C. E. A mathematical theory of communication // The Bell System Technical Journal. 1948. N. Y., 1993. P. 8-111.

Сведения об авторах

Арефьев Юрий Фёдорович – профессор кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор биологических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: arefjev@voronezh.net.

НгуенТхи Лан Хыонг – кандидат биологических наук, Институт биотехнологий и пищевых технологий, Индустриальный университет Хошимина, г. Хошимин, Вьетнам; e-mail: nguyenthilanhuong@iuh.edu.vn.

Information about authors

Arefiev Yuriy Fedorovich – Professor, FBEI HE “Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov”, Voronezh, Russian Federation; e-mail: arefjev@voronezh.net.

Nguen Thi Lan Huong – PhD (Biology), Institute of Biotechnology and Food Technology, Industrial University of Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam; e-mail: nguyenthilanhuong@iuh.edu.vn.

DOI: 10.12737/article_5c92016be32837.67261757

УДК 628.3

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ ОЧИЩЕННОГО ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Л.В. Брындина**¹

аспирант **О.В. Бакланова**¹

¹ – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

Разработан способ переработки осадка сточных вод в органическое удобрение. Осадок был получен в результате очистки сточных вод актиномицетом *Str. chromogeness.g 0832*. Этот микроорганизм проявляет высокую специфичность к белковым загрязнениям сточных вод. Установлено, что ведущую роль в очистке стоков играют ферментные системы микроорганизма. На первом этапе очистка сточных вод в большей степени протекает за счет электростатических сил, а уже затем за счет образования мостиков между дисперсными частицами через клетки актиномицета. Степень очистки сточных вод составила от 91,2 до 98,8 %. Полученный после очистки стоков осадок является ценным белковым продуктом. Содержание органического вещества составило 67,4 %. Внесение такого осадка в почву положительно влияло на скорость роста растений. Растения, растущие в грунте с добавлением осадка сточных вод, были выше контрольных образцов: сальвия на 40-70 %, альтернантера на 60-88 %, лобелия на 50-75 %, цинерария на 26-50 %, циния на 40-87 %, бархатцы на 30-70 %. Скорость роста растений на опытных почвах коррелировала с дозой вносимого в грунт осадка сточных вод. Эта зависимость сохранялась на протяжении всего эксперимента. Наилучший эффект соответствовал дозе вносимого осадка сточных вод 30 г/м². У всех опытных растений увеличивалось количество листьев, их площадь, окраска была более темной, насыщенной. Максимальная скорость роста приходится на 20-30-е сутки. Полученный осадок сточных вод после биосорбционной очистки микроорганизмом *Str. chromogeness.g. 0832* может эффективно применяться в качестве биоудобрения в ландшафтном озеленении.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, актиномицеты, осадок сточных вод, органическое удобрение, ландшафтное озеленение.