

**ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
РАЗВИТИЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В
РОССИИ И МИРЕ**

**PRIORITY DIRECTIONS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL
DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PLANT PROTECTION IN RUSSIA AND
THE WORLD**



УДК 338.28

DOI:10.24411/2588-0209-2021-10310

Петухова Марина Сергеевна, кандидат экономических наук, научный сотрудник, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20), ORCID: 0000-0003-0133-2851, [mmpetukhova@hse.ru](mailto:mspetukhova@hse.ru)

Орлова Надежда Владимировна, заведующая отделом экономики инноваций в сельском хозяйстве Института аграрных исследований, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20), nvorlova@hse.ru

Petukhova Marina Sergeevna, Candidate of Economic Sciences, Researcher, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "National Research University" Higher School of Economics "(20 Myasnitskaya str., Moscow, 101000), ORCID: 0000-0003-0133-2851, mmpetukhova@hse.ru

Orlova Nadezhda Vladimirovna, Head of the Department of Innovation Economics in Agriculture, Institute of Agrarian Research, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education " National Research University "Higher School of Economics "(20 Myasnitskaya str., Moscow, 101000), nvorlova@hse.ru

Реферат

В статье проведен библиометрический и патентный анализ в сфере исследований и разработок технологий защиты растений, позволяющий выявить

глобальные тренды и перспективные направления научно-технологического развития данной отрасли. В ходе исследований выявлено, что в европейских странах исследований преимущественно сосредоточены на биотехнологиях защиты растений, а в США – технологии генной инженерии, создание новых агентов, а также систем мониторинга и обнаружения болезней растений. В целом, в мире в сфере защиты растений активно развиваются следующие направления: биотехнологии, включая биологические средства защиты и генную инженерию; технологии RNAi, воздействующие на РНК вредителей; точное и дифференцированное опрыскивание культур; нанотехнологии; комплексные средства защиты растений; системы мониторинга, прогнозирования и обнаружения болезней и вредителей; способы защиты и управления опылителями. Сопоставление глобальных трендов в научно-технологическом развитии сферы защиты растений и результатов патентного анализа российских разработок позволило выявить наиболее приоритетные для России направления развития данной сферы в средне- и долгосрочной перспективе: биотехнологии (микробиологические пестициды, индукторы и модуляторы иммунитета, антистрессанты, инокулянты корневых бактерий-азотфиксаторов др.); комплексные системы защиты растений, сочетающие в себе как химические, так и биологические средства защиты; технологии сверхточного автоматизированного опрыскивания, позволяющие обрабатывать только сорняки, не затрагивая саму культуру; сочетание механической и химической обработки полей с использованием технологии точного земледелия; цифровые технологии раннего обнаружения болезни растений, в т.ч. нейросети, способные диагностировать заболевания.

Report

The article provides a bibliometric and patent analysis in the field of research and development of plant protection technologies, which allows us to identify global trends and promising areas of scientific and technological development of this industry. The research revealed that in European countries, research is mainly focused on plant protection biotechnologies, and in the United States – genetic engineering technologies, the creation of new agents, as well as systems for monitoring and detecting plant diseases. In general, the following areas are actively developing in the field of plant protection in the world: biotechnologies, including biological protection products and genetic engineering; RNAi technologies that affect pest RNA; precise and differentiated crop spraying; nanotechnologies; complex plant protection products; systems for monitoring, forecasting and detecting diseases and pests; methods for protecting and managing pollinators. A comparison of global trends in the scientific and technological development of the field of plant protection and the results of the

patent analysis of Russian developments allowed us to identify the most priority areas for Russia in the development of this field in the medium and long term: biotechnologies (microbiological pesticides, inducers and modulators of immunity, antistressants, inoculants of root bacteria-nitrogen fixers, etc.); complex plant protection systems that combine both chemical and biological means of protection; technologies of ultra-precise automated spraying that allow processing only weeds without affecting the crop itself; a combination of mechanical and chemical processing of fields using precision farming technology; digital technologies for early detection of plant diseases, including neural networks that can diagnose diseases.

Ключевые слова: защита растений, исследования, научно-технологическое развитие, биологизация.

Keywords: plant protection, research, scientific and technological development, biologization.

Введение

В современных экономических условиях конкурентоспособность продукции растениеводства на внутреннем или мировом рынке определяется степенью использования в ее производстве интенсивных и ресурсосберегающих технологий, например, средств защиты растений (далее СЗР). Их использование при обязательном соблюдении требований безопасности позволяет повысить урожайность культур в 1,5-2 раза.

Необходимость применения химических или биологических средств защиты растений обуславливается тем, что потери урожая сельскохозяйственных культур от массового распространения болезней могут достигать 30-50%.

В настоящее время необходимо определить приоритетные направления в исследованиях и разработках в области защиты растений как в России, так и в мире для сосредоточения имеющихся ресурсов на их реализации. Это и есть цель данной работы. Для достижения цели требуется решить следующие задачи:

- 1) определить исследовательские фронты в области защиты растений;
- 2) провести анализ научно-исследовательских программ в области защиты растений в различных странах мира;
- 3) сформировать перечень приоритетных технологий защиты растений на средне- и долгосрочную перспективу в России.

Объектом исследования выступают исследования и разработки в области защиты растений в России и мире.

Предмет – методы и инструменты определения перспективных направлений исследований и разработок в области защиты растений.

Научная и практическая значимость данного исследования заключается в разработке перечня перспективных для России технологий защиты растений, позволяющих повысить экологическую безопасность и экономическую эффективность выращивания продукции растениеводства.

Методы

Данное исследование основывается на применении методологии форсайта. В частности, таких методов, как библиометрический и патентный анализ, desk-research, метод критических технологий. Также использовались методы анализа и синтеза, монографический метод, сравнительный анализ.

Результаты исследования и их обсуждение

Если в большинстве развитых стран мира в настоящее время уже достигнут предел урожайности, например, зерновых и зернобобовых культур, отчасти связанный с ростом их устойчивости по отношению к применяемым СЗР, то в России имеется значительный потенциал для увеличения урожайности, так как обработка культур осуществляется недостаточными объемами СЗР [1]. Такое отставание нашей страны в развитии защиты растений от мировых держав является одновременно и вызовом, и окном возможностей. Вызов – при недостаточном использовании СЗР возможна потеря конкурентоспособности российского зерна на мировых рынках, обусловленная потерями урожая и, соответственно, снижением показателя урожайности [2]. Окно возможностей – использование накопленного мирового опыта в защите растений и быстрый переход к наиболее эффективным и безопасным для экологии методам. Большинство развитых стран из-за длительного использования химических СЗР столкнулось с проблемами роста устойчивости вредителей к ним, загрязнения окружающей среды, а также произведенных продуктов питания и кормов [3]. Поэтому для России необходимо учесть этот опыт, с которым наша страна еще не столкнулась, и перейти к использованию более эффективных и экологически безопасных средств защиты растений.

В связи с этим, крайне важно в настоящее время выявить приоритетные направления мирового научно-технологического развития сферы защиты растений и сформировать перечень технологий, на которых необходимо сосредоточить имеющиеся ресурсы в данной отрасли в нашей стране.

Для выявления перспективных направлений и исследований в области защиты растений на первом этапе необходимо провести библиометрический анализ по публикациям. Анализ проводился по 811 публикациям в базе данных Web of Science за последние 5 лет (рис. 1) [4].

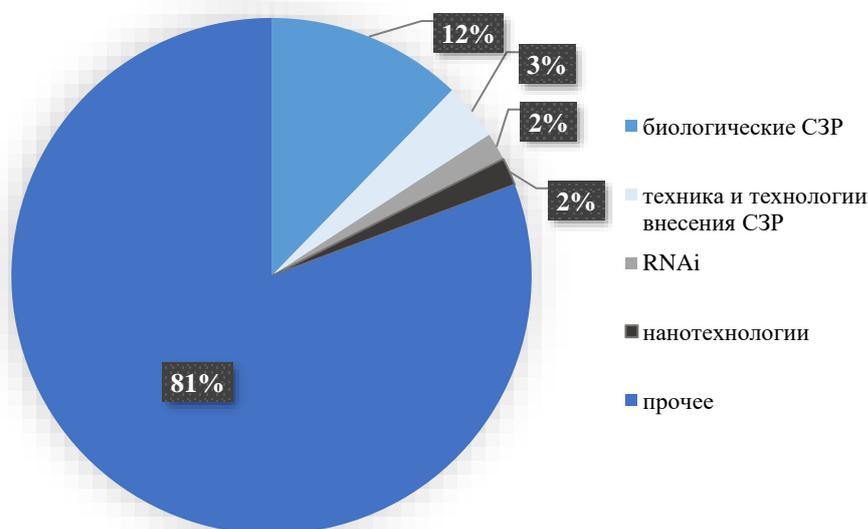


Рисунок 1 – Основные направления исследований в базе данных Web of Science по ключевым словам: «crop protection products», «plant protection»

Наибольший удельный вес в исследованиях, включенных в Web of Science, принадлежит теме биологической защиты растений (12%), в т.ч. посредством биопрепаратов (биоциды, биоинсектициды, биофунгициды), компостных добавок, эфирных масел.

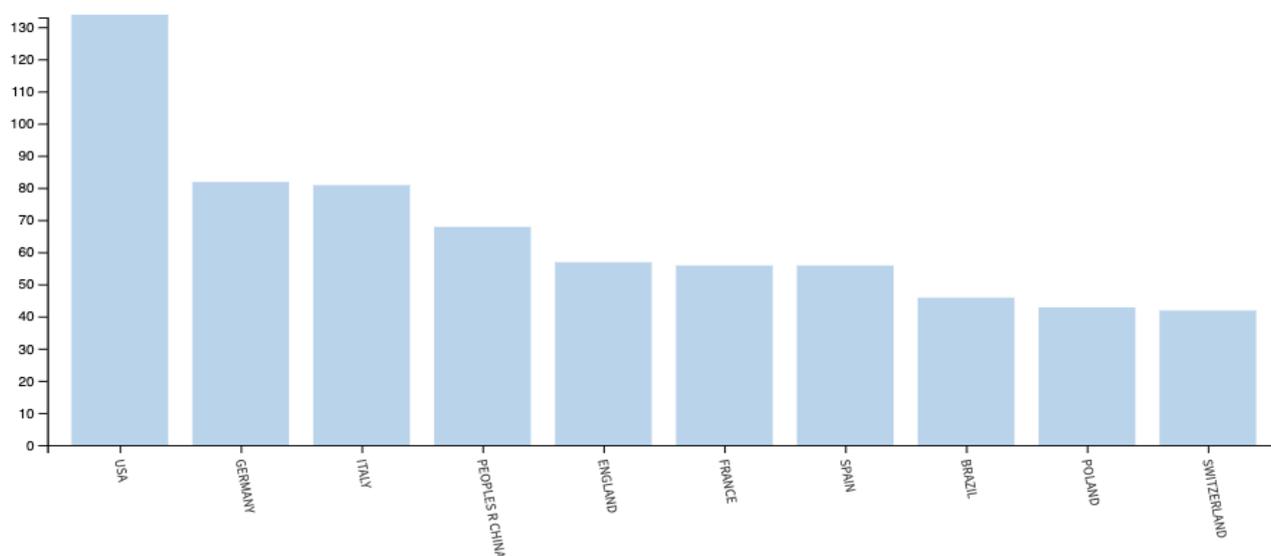
3% публикаций посвящены разработке новой техники и технологий внесения средств защиты растений (использование БПЛА, точное внесение, телеметрия, аэрозоли, электростатическое распыление, 3D-моделирование, ультразвук).

К прочим направлениям исследований отнесены публикации, посвященные комбинированному применению средств защиты растений, использованию новых селективных инсектицидов, синтетических гидрогелей, цифровых технологий в защите растений. Также особое внимание в публикациях уделяется вопросам нормативно-правового регулирования в области защиты растений и экологическим проблемам и влиянию использования средств защиты растений на людей и животных, находящихся в непосредственной близости от обрабатываемых растений.

Использование РНК-интерферирующих пестицидов (RNAi), которые оказывают воздействие на РНК вредителей, является одной из наиболее перспективных направлений исследований и разработок в мире, так как непосредственно связаны с геной инженерией, наращивающей свои обороты в исследованиях многих стран мира.

На рис. 2 представлено распределение научных публикаций по странам мира.

Рисунок – Распределение публикаций Web of Science на тему СЗР по странам в 2016-



2020 гг. [4]

Наибольшее количество публикаций в США, далее идут Германия, Италия и Китай.

Таким образом, нами определены ключевые направления научно-технологического развития защиты растений в средне- и долгосрочной перспективе. Далее необходимо соотнести эти направления с действующими программами поддержки исследований и разработок в различных странах мира. Рассмотрим их.

В Европе поддержка исследований в области защиты растений осуществляется с помощью двух основных инструментов:

1. HORIZON 2020 (Восьмая рамочная программа Европейского Союза по развитию научных исследований и технологий) – семилетняя программа финансирования поддержки и поощрения исследований в Европейском исследовательском пространстве в период с 2014 по 2020 гг.

2. Rural Development Program (EAFRD) – фонд поддержки и развития сельских районов. В его основные задачи входят:

- укрепление связей между сельским хозяйством, производством продовольствия и лесным хозяйством, а также научными исследованиями и инновациями, в том числе в целях улучшения управления окружающей средой и ее эффективности;
- улучшение экономических показателей фермерских хозяйств и содействие их реструктуризации и модернизации, в частности с целью расширения участия и ориентации на рынок, а также диверсификации сельского хозяйства;
- поддержка предотвращения сельскохозяйственных рисков и управления ими;
- восстановление, сохранение и приумножение биоразнообразия, в том числе в районах Natura 2000, а также в районах, сталкивающихся с природными или другими специфическими ограничениями;
- совершенствование управления водными ресурсами, включая управление удобрениями и пестицидами;
- предотвращение эрозии почв и улучшение управления почвой;
- содействие сохранению и секвестрации углерода в сельском и лесном хозяйстве;
- содействие местному развитию в сельских районах;
- повышение доступности, использования и качества информационно-коммуникационных технологий в сельских районах (развитие широкополосной связи).

Проведенный анализ данных научно-исследовательских программ показал следующие результаты (рис. 3).

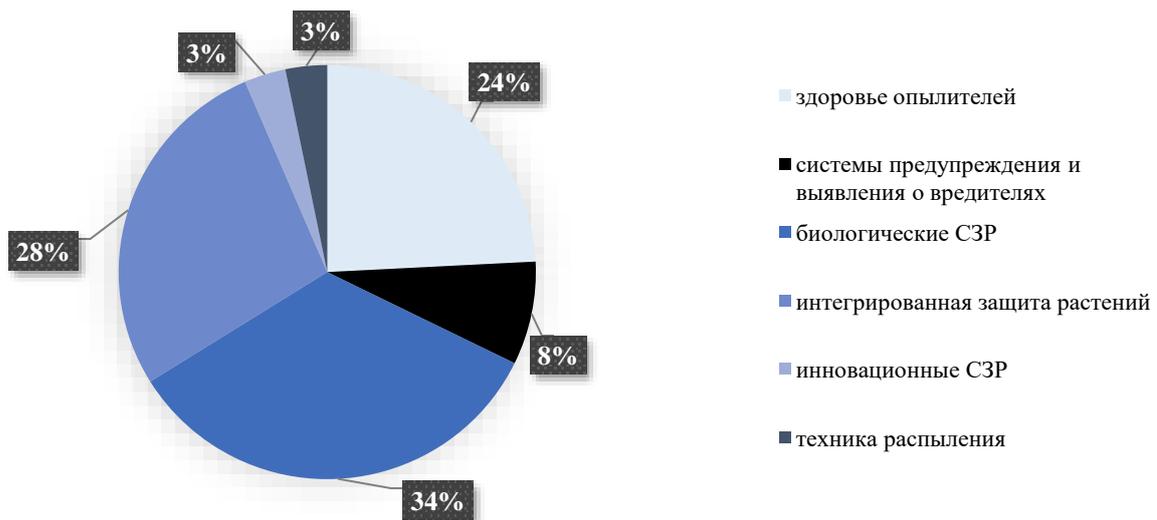


Рисунок 3 – Распределение научных исследований в области защиты растений в ЕС по основным направлениям

Наибольшее количество исследований в Европе сосредоточено на биологических средствах защиты растений – 34%. В основном данной тематикой занимаются исследователи Испании и Италии. На втором месте находится направление «интегрированная защита

растений» – 28%. Исследования сосредоточены в Италии, Испании и Португалии. Помимо этого, существенная доля в исследованиях принадлежит здоровью опылителей – 24%. По данному направлению нет стран-лидеров.

Видим, что в европейских странах довольно остро встала проблема влияния химических средств защиты растений на окружающую среду, в связи с чем, происходит постепенная переориентация отрасли растениеводства на использование биологических методов защиты [5, 6].

В США имеется несколько национальных программ по растениеводству и защите растений Министерства сельского хозяйства (USDA):

1. Генетические ресурсы растений, геномика и генетическое совершенствование (NP №301).
2. Болезни растений (NP №303).
3. Защита и карантин сельхозкультур (NP №304).
4. Растениеводство (NP №305).

В таблице 1 представлены основные направления исследований в области защиты растений.

Таблица 1 – Основные направления исследований в области защиты растений в США

№	Направления исследований	Основные проекты по направлениям
1.	Пестициды (новые агенты)	1.1. RNAi – пестициды, воздействующие на РНК вредителей. 1.2. Маркерная селекция, геномные технологии – регуляция генов устойчивости к болезням. 1.3. Технологии молекулярных маркеров для защиты растений. 1.4. Пестициды локального действия. 1.5. Разработка почвенных инсектицидов.
2.	Технологии сохранения запасов	1.1. Технологии распыления инсектицидов на мельницах и перерабатывающих предприятиях. 1.2. Комплексные стратегии устойчивого управления насекомыми. 1.3. Снижение использования аэрозольных инсектицидов внутри помещений. 1.4. Биоинсектициды из побочных продуктов производства биотоплива.
3.	Биологические средства защиты растений	1.1. Выявление биологических агентов защиты растений. 1.2. Биологический контроль вредителей. 1.3. Борьба с сорняками в системе органического земледелия. 1.4. Биологические инсектициды на микробной основе. 1.5. Биомаркеры для раннего выявления заражений растений.
4.	Технологии доставки активного вещества	1.1. Технологии микрокапсулирования и наноформуляций. 1.2. Микроэмульсии и концентраты коллоидных растворов. 1.3. Технологии масляных формуляций на основе растительных масел.
5.	Опылители	Разработка усовершенствованных систем управления опылителями

6.	Технологии прогнозирования, моделирования и оценки эффективности	1.1. Прогнозирование и картирование распространения вредителей. 1.2. Моделирование рисков и мониторинг вредителей. 1.3. Разработка стратегий управления резистентностью культур.
7.	Технологии внесения средств защиты растений	1.1. Дистанционное зондирование. 1.2. Точное внесение. 1.3. Технологии для ультрамалообъемного внесения пестицидов. 1.4. Технологии дифференциального внесения пестицидов.

Таким образом, в США перечень исследований и разработок в сфере защиты растений более разнообразен, чем в Европе и затрагивает все наиболее перспективные технологии в данной области. Особенно стоит отметить такие направления как технологии сохранения запасов и технологии доставки активного вещества, по которым практически не ведутся работы в европейских странах.

В Китае исследования и разработки преимущественно сосредоточены на биопестицидах и биоинсектицидах, беспилотных летательных аппаратах для распыления СЗР, электростатическом распылении, нанотехнологиях и цифровых технологиях в защите растений.

В Индии – разрабатываются новые селективные инсектициды, биоинсектициды. Особое внимание уделяется использованию эфирных масел в защите растений.

В странах Латинской Америки – биопрепараты и стимуляторы защиты растений, совершенствуются технологии и техника для распыления [6, 7].

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что наиболее перспективными направления научно-технологического развития в мире являются:

- 1) биотехнологии, включая биологические СЗР и генную инженерию;
- 2) технологии RNAi, воздействующие на РНК вредителей;
- 3) точное и дифференцированное опрыскивание культур;
- 4) нанотехнологии;
- 5) комплексные СРЗ;
- 6) системы мониторинга, прогнозирования и обнаружения болезней и вредителей;
- 7) способы защиты и управления опылителями.

Видим, что вышеперечисленные приоритетные технологии направлены на ресурсосбережение, биологизацию и экологизацию, а также на предиктивность в защите растений с целью раннего обнаружения болезней и вредителей [8, 9].

Как уже говорилось выше, развитие защиты растений в России происходит медленнее, чем в развитых странах, однако мировые тенденции научно-технологического развития данной сферы актуальны и для нашей страны. Сосредоточение имеющихся ресурсов (финансовых и интеллектуальных) на этих направлениях позволит российским сельхозтоваропроизводителям миновать этап повышения устойчивости к химическим средствам защиты растений и перейти сразу к биологическим и ресурсосберегающим, что обеспечит конкурентоспособность российской продукции растениеводства.

Для сопоставления мировых тенденций в сфере защиты растений с российскими реалиями нами проведен патентный анализ по технологиям защиты растений. Исследование

проводилось по базе данных Федерального института промышленной собственности в период с 2019 по 2021 гг. Полученные результаты представлены на рис. 4 [10].

Российские исследования и разработки во многом соответствуют мировым их мировым направлениям. Также, наибольший удельный вес принадлежит биотехнологиям (51%), в основном это биологические СЗР. Технологии генной инженерии представлены в небольшом количестве. На втором месте – создание новых или совершенствование уже существующих химических СЗР (30%). 9% патентов направлены на разработку технологий опрыскивания; 4% – технологии обнаружения болезней растений.

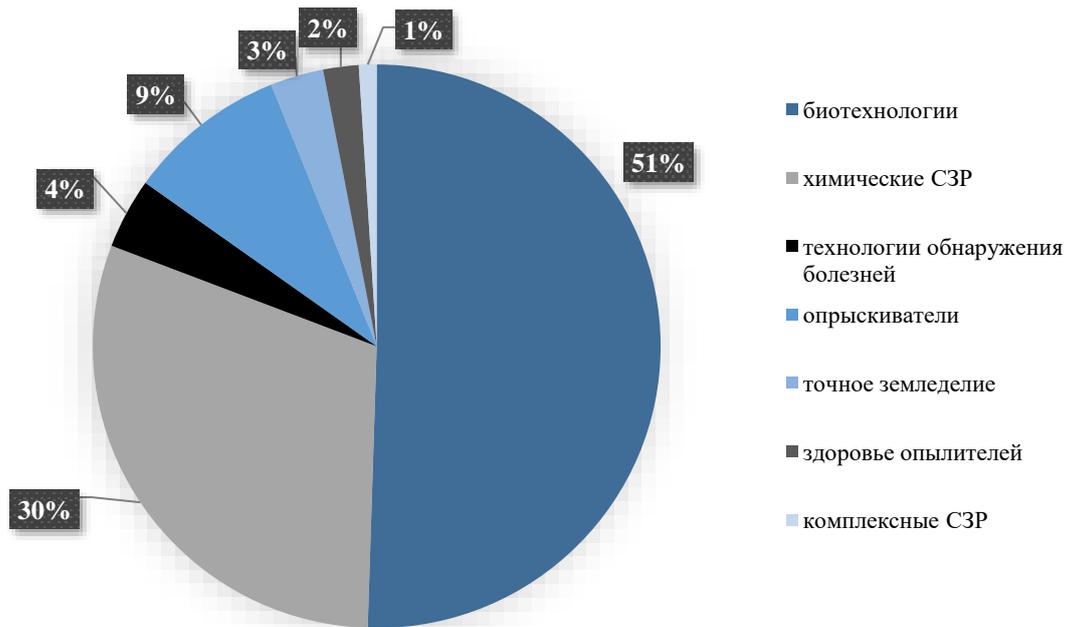


Рисунок 4 – Распределение патентов в области защиты растений в России в 2019-2021 гг.

В процессе анализа выявлено, что в России не представлены разработки, касающиеся нанотехнологий и RNAi. Очень слабо развито создание комплексных или интегрированных средств защиты растений.

Отличием российской сферы исследований и разработок в защите растений от большинства зарубежных заключается в преобладающем сосредоточении научно-исследовательских работ в государственных учреждениях [11]. К частным патентообладателям относятся АО «Щелково Агрохим» и компания «Август». Это объясняется тем, что создание и реализация новых средств защиты растений занимает до 10 лет, а затраты на НИОКР составляют от 100 до 350 млн долл. США. Этот процесс включает в себя подбор нового агрохимического состава; параллельное проведение исследований его безопасности, биологические исследования и коррекцию рецептур; всестороннюю оценку результатов этих исследований; и, наконец, подачу заявки и регистрацию в качестве средства защиты [3, 12]. Таким образом, каждая компания, занимающаяся разработкой агрохимикатов, должна ежегодно инвестировать 7-10% доходов от своих продаж в исследования и разработки [3].

Таким образом, для России в средне- и долгосрочной перспективе актуальны технологии защиты растений, направленные на снижение затрат, повышение уровня контроля вредителей и болезней культур и биологизацию:

- 1) биотехнологии (микробиологические пестициды, индукторы и модуляторы иммунитета, антистрессанты, инокулянты корневых бактерий-азотфиксаторов др.);
- 2) комплексные системы защиты растений, сочетающие в себе как химические, так и биологические средства защиты;
- 3) технологии сверхточного автоматизированного опрыскивания, позволяющие обрабатывать только сорняки, не затрагивая саму культуру. Опрыскивание может происходить как с помощью навесного оборудования для сельхозтехники, так посредством беспилотных летательных аппаратов;
- 4) сочетание механической и химической обработки полей с использованием технологии точного земледелия;
- 5) цифровые технологии раннего обнаружения болезни растений, в т.ч. нейросети, способные диагностировать заболевания.

Помимо этого, в нашей стране необходимо развитие таких направлений как нанотехнологии в защите растений и создание РНК-интерферирующих пестицидов, позволяющие существенно увеличить эффективность данной отрасли.

Выводы

Защита растений является одной из ключевых отраслей аграрной науки. По расчетам, ежегодно от вредителей и болезней погибает до 50% урожая. Роль средство защиты растений в развитии сельского хозяйства трудно переоценить. Главным условием эффективной защиты растений выступает рациональное сочетание химических и биологических СЗР без нанесения ущерба окружающей среде. На достижение данной цели направлены большинство исследований и разработок в данной сфере во всем мире. Как показал проведенный в статье анализ приоритетными направлениями научно-технологического развития как мировой, так и российской защиты растений являются комплексные и биологические СЗР, автоматизированные и роботизированные техника и технологии точного опрыскивания, нанотехнологии, технологии воздействия на РНК вредителей, методы контроля и управления опылителями (пчелами).

Использование этих технологий в растениеводстве позволит выращивать экологически чистую продукцию со сниженной себестоимостью, что обеспечит ее конкурентоспособность на мировых рынках.

Необходимо сосредоточение имеющихся в нашей стране материально-технических, финансовых и интеллектуальных ресурсов на выделенных направлениях научно-технологического развития защиты растений, так как большинство из них в настоящее время импортируются из-за рубежа.

Для нашей страны использование биологической защиты растений является одним из наиболее приоритетных направлений, так как это позволит обеспечить восстановление плодородия почв за счет увеличения биоразнообразия и численности полезной биоты почвы в регионах, где проводится агрессивная интенсификация производства продукции растениеводства.

Литература

1. Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие России, в период до 2030 года / А.Г. Папцов, А.И.

Алтухов, Н.И. Кашеваров [и др.]; Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск, 2019. 100 с.

2. Вызовы и тренды рынка СЗР/ Щелково Агрохим // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/vyzovy-i-trendy-rynka-szr.html> (дата обращения 17.01.2021).

3. Глобальные тренды отрасли защиты растений. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/globalnye-trendy-otrasli-zaschity-rastenii.html> (дата обращения 11.03.2021).

4. Web of Science. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://apps.webofknowledge.com/Search.do?product=WOS&SID=F6tCtexPfB6coe357ze&search_mode=GeneralSearch&prID=e4689126-72ef-4abd-b865-c3a2eaaf3511 (дата обращения 12.10.2020).

5. Долгова А.В. Рынок средств защиты растений в мире и России: тенденции, динамика, прогнозы // Материалы VII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017573> (дата обращения 24.03.2021).

6. 5 технологий защиты растений в ближайшем будущем / Щелково Агрохим // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/selhoztehnika/novosti/5-tehnologii-zaschity-rastenii-v-blizhaishem-buduschem.html> (дата обращения 10.01.2021).

7. Захаренко В. А. Тенденции и перспективы химической и биологической защиты растений // Защита и карантин растений. 2011. №3. С. 6-9.

8. Инновации в защите: ТОП новинок СЗР-2020 / ГлавАгроном // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://glavagronom.ru/articles/innovacii-v-zashchite-top-novinok-szr-2020> (дата обращения 20.03.2021).

9. Temitope A. Ogunnubi. Promising natural products in crop protection and food preservation: basis, advances, and future prospects // Temitope A. Ogunnubi, Abimbola P. Oluyori, Adewumi O. Dada, [etc] / International Journal of Agronomy. – Vol. 2020, P. 28.

10. Информационно-поисковая система Федерального института промышленной собственности. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www1.fips.ru/iiss/search_res.xhtml?faces-redirect=true (дата обращения 20.03.2021).

11. Петухова М.С. Особенности научно-технологического развития отрасли растениеводства // Экономический обзор. 2020. № 4 (5). С. 23-26.

12. Sathi P., Sampa D. Natural insecticidal proteins, the promising bio-control compounds for future crop protection // The Nucleus. 2021. Vol. 64. Pp. 7-20.

References

1. Prognoz nauchno-tehnologicheskogo razvitiya otrasli rastenievodstva, vklyuchaya semenovodstvo i organicheskoe zemledelie Rossii, v period do 2030 goda / A.G. Paptsov, A.I. Altukhov, N.I. Kashevarov [i dr.]; Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. – Novosibirsk, 2019. 100 s.

2. Vyzovy i trendy rynka SZR/ Shchelkovo Agrokhim // [Ehlektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/vyzovy-i-trendy-rynka-szr.html> (data obrashcheniya 17.01.2021).

3. Global'nye trendy otrasli zashchity rastenii. [Ehlektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/globalnye-trendy-otrasli-zaschity-rastenii.html> (data obrashcheniya 11.03.2021).
4. Web of Science. [Ehlektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: https://apps.webofknowledge.com/Search.do?product=WOS&SID=F6tCtexPfb6coe357ze&search_mode=GeneralSearch&prID=e4689126-72ef-4abd-b865-c3a2eaaf3511 (data obrashcheniya 12.10.2020).
5. Dolgova A.V. Rynok sredstv zashchity rastenii v mire i Rossii: tendentsii, dinamika, prognozy // Materialy VII Mezhdunarodnoi studencheskoi nauchnoi konferentsii «Studencheskii nauchnyi forum». [Ehlektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017573> (data obrashcheniya 24.03.2021).
6. 5 tekhnologii zashchity rastenii v blizhaishem budushchem / Shchelkovo Agrokhim // [Ehlektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.agroxxi.ru/selhoztehnika/novosti/5-tehnologii-zaschity-rastenii-v-blizhaishem-budushchem.html> (data obrashcheniya 10.01.2021).
7. Zakharenko V. A. Tendentsii i perspektivy khimicheskoi i biologicheskoi zashchity rastenii // Zashchita i karantin rastenii. 2011. №3. S. 6-9.
8. Innovatsii v zashchite: TOP novinok SZR-2020 / GlavaVAgromom // [Ehlektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://glavagromom.ru/articles/innovacii-v-zashchite-top-novinok-szr-2020> (data obrashcheniya 20.03.2021).
9. Temitope A. Ogunnupebi. Promising natural products in crop protection and food preservation: basis, advances, and future prospects // Temitope A. Ogunnupebi, Abimbola P. Oluyori, Adewumi O. Dada, [etc] / International Journal of Agronomy. – Vol. 2020, P. 28.
10. Informatsionno-poiskovaya sistema Federal'nogo instituta promyshlennoi sobstvennosti. [Ehlektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: https://www1.fips.ru/iiss/search_res.xhtml?faces-redirect=true (data obrashcheniya 20.03.2021).
11. Petukhova M.S. Osobennosti nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya otrasli rasteniyevodstva // Ehkonomicheskii obzor. 2020. № 4 (5). S. 23-26.
12. Sathi P., Sampa D. Natural insecticidal proteins, the promising bio-control compounds for future crop protection // The Nucleus. 2021. Vol. 64. Pp. 7-20.