

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»

На правах рукописи

Ткач  
Андрей Сергеевич

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ  
ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ ОТ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ  
В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Шифр и наименование научной специальности  
4.1.3. – агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
Голубев Артем Сергеевич  
кандидат биологических наук

Санкт-Петербург, 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
<b>ГЛАВА 1. КАРТОФЕЛЬ, ЕГО МЕСТО В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ В ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ КУЛЬТУРЫ ОТ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....</b>	<b>9</b>
1.1 Значение картофеля и его краткое ботаническое описание.....	9
1.2 Требования картофеля к условиям произрастания.....	11
1.3 Место картофеля в растениеводстве Северо-Западного региона.....	12
1.4 Сорные растения в посадках картофеля и меры борьбы с ними.....	16
1.4.1 Вредоносность сорных растений.....	16
1.4.2 Сорные растения, встречающиеся в посадках картофеля в Северо-Западном регионе.....	18
1.4.3 Методы борьбы с сорными растениями.....	21
1.5 Ассортимент гербицидов для защиты картофеля.....	26
1.5.1 История формирования ассортимента гербицидов для картофеля.....	26
1.5.2 Современный ассортимент гербицидов для защиты картофеля от сорных растений.....	29
1.5.3 Необходимость совершенствования ассортимента.....	34
<b>ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>	<b>41</b>
2.1 Полевые мелкоделяночные опыты.....	41
2.1.1 Опыты по изучению биологической эффективности гербицидов.....	41
2.1.2 Опыты по изучению безопасности гербицидов для сортов картофеля.....	49
2.2 Лабораторные опыты.....	51
<b>ГЛАВА 3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ ГЕРБИЦИДОВ И ИХ БАКОВОЙ СМЕСИ.....</b>	<b>55</b>
3.1 Эффективность гербицида Нексус, ВР (240 г/л фомесафена).....	55
3.2 Эффективность гербицида Трейсер, КЭ (480 г/л кломазона).....	65
3.3 Эффективность баковой смеси гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ.....	77

<b>ГЛАВА 4. БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕРБИЦИДОВ ДЛЯ КАРТОФЕЛЯ.....</b>	<b>89</b>
<b>ГЛАВА 5. ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В БОРЬБЕ С СОРНЬМИ РАСТЕНИЯМИ НА ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ.....</b>	<b>105</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>122</b>
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....</b>	<b>124</b>
<b>СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ .....</b>	<b>125</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>127</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....</b>	<b>163</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....</b>	<b>164</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....</b>	<b>165</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Картофель, благодаря своей приспособляемости к различным условиям произрастания, урожайности и питательности, а также в качестве важного компонента разнообразных систем земледелия, уже давно помогает повысить продовольственную безопасность стран в мире (Andrivon, 2017; Devaux et al., 2021).

По данным ФАО (FAO, 2023) Российская Федерация по производству картофеля входит в десятку ведущих стран мира.

В Северо-Западном регионе Российской Федерации картофелеводство занимает одно из главнейших направлений в растениеводстве (8 % от всего объема в стране). Лидерами в Северо-Западном регионе по площади сельскохозяйственных угодий являются Псковская (23 %) и Вологодская (20 %) области. Ленинградская область по землям занимает 5 место (11 %) (Сельское хозяйство ..., 2017).

**Актуальность темы.** Для обеспечения продовольственной безопасности необходимо увеличение производства картофеля и овощей не менее чем на 3 % (Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации»). В то же время простое увеличение количества площадей, отводимых под посадку картофеля, как экстенсивный путь развития сельского хозяйства в реалиях 21 века представляется архаичным. Более важным резервом увеличения производства этой культуры является сокращение потерь от вредных организмов, среди которых сорняки являются одной из наиболее вредоносных групп. Использование химического метода для борьбы с сорными растениями в настоящее время практически безальтернативно для промышленного производства картофеля. В связи с появлением большого количества резистентных к гербицидам видов сорных растений (International Herbicide-Resistant Weed Database ..., 2023), а также освоению некоторыми видами сорных растений новых ареалов (Мысник, 2014), совершенствование ассортимента гербицидов актуально как в настоящий момент, так и в ближайшем будущем.

**Степень разработанности темы исследования.** Большой вклад в формирование ассортимента гербицидов для защиты картофеля в нашей стране внесли Л. А. Целинова (1957); А. В. Бешанов (1958); Н. И. Протасов (1965, 1966, 1968); А. В. Воеводин (1965, 1972, 1981); В. А. Захаренко (1966, 1983, 1985); Э. Везик (1972, 1976, 1987); Ж. В. Аспидова (1973, 1983); А. А. Петунова (1983); Л. И. Исаева (1985); Ф. А. Агаев (1988); С. И. Редюк (2017). Автором была впервые изучена биологическая эффективность новых гербицидов Нексус, ВР (240 г/л фомесафена) и Трейсер, КЭ (480 г/л кломазона), а также возможность их использования в составе баковой смеси на посадках картофеля. Изучение реакции сортов картофеля, районированных для Северо-Западного региона Российской Федерации, на действие гербицида на основе фомесафена до настоящего времени не проводилось.

**Цель работы** - усовершенствовать химическую защиту посадок картофеля от сорных растений в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации за счет внедрения новых гербицидов.

Для достижения поставленной цели предполагалось решить следующие **задачи**:

1) Оценить биологическую эффективность гербицида Нексус, ВР на основе фомесафена и гербицида Трейсер, КЭ на основе кломазона, и разработать регламенты их применения для защиты картофеля от сорных растений;

2) Оценить возможность совместного использования названных гербицидов в составе баковой смеси для защиты картофеля в условиях смешанного типа засоренности его посадок в условиях Северо-Западного региона;

3) Оценить безопасность использования нового действующего вещества фомесафена для районированных и возделываемых в Северо-Западном регионе сортов картофеля, различающихся по степени созревания;

4) Оценить возможность отрицательного действия однокомпонентных гербицидов из современного ассортимента препаратов для защиты картофеля на модельный объект – фитопатогенный для сорных растений гриб *Stagonospora cirsii* J.J. Davis (штамм S-47).

**Научная новизна исследований.** Впервые в условиях Северо-Западного региона получены данные о действии новых гербицидов на основе фомесафена и кломазона на однолетние двудольные и злаковые сорные растения в посадках картофеля. Определена чувствительность районированных на Северо-Западе сортов картофеля Удача, Невский и Аврора к гербициду Нексус, ВР на основе фомесафена. Оценена эффективность использования гербицидов на основе фомесафена и кломазона в составе баковой смеси. Выявлено, что большинство однокомпонентных гербицидов для защиты картофеля (за исключением препарата Титус, СТС (250 г/кг римсульфурана), проявляют фунгицидную активность в отношении гриба *S. cirsi* S-47.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Полученные в ходе исследований результаты дополняют теоретические представления о возможностях применения новых гербицидов в рамках химического метода защиты картофеля от сорных растений, а также расширяют концепцию интегрированной защиты, уточняя пути исследований для совместного использования химического и биологического методов.

Практическая значимость работы заключается в разработке регламентов эффективного и безопасного использования новых гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ для защиты картофеля от сорных растений. Разработанная на основе проведенных исследований база данных «Регламенты применения гербицидов на различных сортах картофеля» (Свидетельство о регистрации базы данных №2023623208 от 25.09.2023 г.) позволяет осуществлять научно-обоснованный выбор безопасных средств химической защиты картофеля от сорных растений.

**Методология и методы исследований.** Определение биологической эффективности гербицидов и учеты сорных растений проводились в соответствии с «Методическими указаниями по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве» (2013) и «Методическими рекомендациями по проведению регистрационных испытаний гербицидов» (Голубев, Маханькова, 2020). Изучение безопасности гербицидов для сортов картофеля выполнял согласно с методикой ЕОЗР (РР 1/135 (4). Phytotoxicity assessment, 2014).

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- Эффективность новых химических средств на основе фомесафена и кломазона для защиты посадок картофеля от сорных растений в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации.

- Регламенты применения гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ для борьбы с сорными растениями в посадках картофеля.

**Достоверность полученных научных результатов.** Степень достоверности результатов исследований определяется достаточным объемом полученных экспериментальных данных, позволившим провести статистическую обработку и выявить достоверности различий.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертации представлены на международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся «Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК» (Санкт-Петербург-Пушкин, 24-26 марта 2021 г.), на XVI международной научно-практической конференции «Аграрная наука - сельскому хозяйству» (Барнаул, 09-10 февраля 2021 г.), на Всероссийской конференции молодых исследователей «Аграрная наука – 2022» (Москва, 22-24 ноября 2022 г.), на международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию «Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси (Жодино, 07-08 июля 2022 г.), на XI международной научно-практической конференции «Защита растений от вредных организмов» (Краснодар, 19-23 июня 2023 г.).

**Личный вклад автора.** Диссертационная работа является результатом четырехлетних исследований (2020-2023 гг.), выполненных автором. Автор принимал непосредственное участие во всех проведенных опытах, ему принадлежат формулирование проблемы, постановка цели и задач, планирование и проведение экспериментов и интерпретация полученных данных.

**Публикации по теме диссертации.** Основные результаты диссертации изложены в 9 публикациях, в том числе в 2 статьях в журналах, входящих в

перечень международной реферативной базы данных Scopus и 2 статья в журналах списка ВАК РФ.

**Структура и объем диссертации.** Работа состоит из введения, 5 разделенных на разделы глав, заключения, списка публикаций по теме диссертации, списка литературы, включающего 328 наименований, среди которых 128 отечественных и 200 иностранных авторов, и 3 приложений. Текстовая часть работы содержит 165 страниц машинописного текста, включая 22 таблицы и 38 рисунков.

**Благодарности.** Выражаю искреннюю благодарность моему научному руководителю Голубеву Артему Сергеевичу за профессиональную помощь на всех этапах выполнения и написания диссертации. Глубокая признательность сотрудникам Центра биологической регламентации использования пестицидов ФГБНУ ВИЗР П.И. Борушко, В.Г. Чернухе, С.И. Редюку, Т.А. Маханьковой, а также сотрудникам лаборатории фитотоксикологии и биотехнологии ФГБНУ ВИЗР А.О. Берестецкому и Н.А. Павловой.



# ГЛАВА 1. КАРТОФЕЛЬ, ЕГО МЕСТО В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ В ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ КУЛЬТУРЫ ОТ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## 1.1 Значение картофеля и его краткое ботаническое описание

**Значение.** Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – одна из основных сельскохозяйственных культур, выращиваемая во всем мире в качестве основного продукта питания человека (Hussain et al., 2013; Hong Zhang et al., 2017; FAO, 2021). Он чрезвычайно универсален, его используют в производстве продуктов питания, фармацевтике, медицине, производстве упаковочных материалов (Sahair et al., 2018; Xu et al., 2023). Отмечено, что основные питательные вещества, содержащиеся в картофеле, включая минералы, белки и пищевые волокна, хорошо сохраняются после его приготовления (Tian et al., 2016).

Пищевая ценность картофеля связана с химическим составом клубней, в частности с такими компонентами, как крахмал, углеводы, качественный белок, богатый экзогенными аминокислотами, пищевые волокна, различные витамины (С, В1, В2 и В6 и другие), а также многочисленные макро- и микроэлементы (Woolfe, 1987; Zarzecka, 2009; Zaheer, Akhtar, 2016; Wijesinha-Bettoni, Mouillé, 2019; Parameswaran, Bhuvaneshwari, 2020), которые важны для человека. Известно, что клубни картофеля также содержат такие фитохимические вещества как полифенолы, флавоноиды, полиамины и каротиноиды (Qi et al., 2020). Их присутствие в пищевом рационе желательно в связи с их высокой ценностью для здоровья человека (Brown, 2005; Reddivari et al., 2007; Ezekiel et al., 2013; Zarzecka et al., 2019).

**Ботаническое описание.** Картофель (*Solanum tuberosum* L.) относится к семейству Пасленовые (*Solanaceae*), роду Паслен (*Solanum*). Это многолетнее

травянистое клубненозное растение, но в коммерческих целях используемое как однолетнее (Писарев, 1990; Graham et al., 2001; Fetena, 2017).

Растение картофеля представляет собой куст высотой до 1,4 метра (в зависимости от сорта и условий выращивания), состоящего из 3 и более стеблей. Листья перистые, с одним верхним листом и тремя или четырьмя парами больших яйцевидных листочков (Struik, 2007a; Spooner, Knapp, 2013; The Biology ..., 2021). Облиственность куста варьирует от слабой, когда все стебли видны сбоку, до сильной, когда листья полностью скрывают стебли. Стебли в основном прямостоячие, реже отклоняющиеся в стороны, от почти голых до густо опушенных (Писарев Б.А., 1990).

Картофель имеет верхнее соцветие, которое может состоять до 30 цветков. У цветка есть пестик, который обычно выступает над гроздью из пяти больших ярко-желтых пыльников. Окраска венчика бывает различных цветов (белая, синяя, красно-фиолетовая и др.) (Patil et al., 2016).

Плоды картофеля – ягоды шаровидно-яйцевидной формы, имеющие разнообразную окраску (зеленая или зеленая с белым или фиолетовым оттенком пятен или полос) (Spooner, Salas, 2006; Spooner, Knapp, 2013).

Растения картофеля образуют корневища (часто называемые столонами) с рудиментарными листьями, как правило, крючковатые на концах (Struik, 2007a).

Картофель – клубнеплод, поскольку развивает подземные стеблевые клубни. Клубни представляют собой вздутие корневища. На поверхности клубня находятся пазушные почки с рубцами чешуйчатых листьев, которые называются глазками (Писарев, 1990; Struik, 2007a).

Развитие картофеля можно разделить на пять различных стадий роста: развитие проростков, вегетативный рост, завязывание клубней, набухание клубней и созревание (Писарев 1990; Patil et al., 2016; Leap et al., 2017). Карманов и Серебренников (1996) выделяют следующие фазы развития картофеля: всходы, бутонизация, цветение и отмирание ботвы.

## 1.2 Требования картофеля к условиям произрастания

На рост и качество картофеля влияют различные факторы окружающей среды (температура, влажность, свет, тип почвы и питательные вещества). Одни из них практически неконтролируемы (продолжительность вегетационного периода, температура воздуха и почвы, освещенность, влажность и ветер), другие (сорт, размер семенных клубней, типы семян, влажность почвы, питательные вещества, борьба с вредителями, дата посадки и уборки урожая) могут контролироваться человеком. Поддержание этих факторов на оптимальном уровне является залогом получения высокого и качественного урожая (Patil et al., 2016; VanDerZanden, 2021).

Картофель известен как теневыносливая культура. Он нуждается в умеренных условиях освещенности (Mariana, Hamdani, 2016; Schulz et al., 2019).

Картофель можно возделывать на различных почвах, но наиболее подходящими являются хорошо увлажненные суглинистые или супесчаные почвы с содержанием органического вещества выше 3 %. Он также хорошо растет на удобренных песчаных почвах. Уровень pH должен находиться в диапазоне от 5,0 до 7,0 (5,5 наиболее подходящий). Почва должна быть легкой, рыхлой и хорошо дренированной, но способной удерживать влагу (Leap et al., 2017; Maina et al., 2018).

Температура почвы играет важную роль в повышении урожайности картофеля (Merlyn, Jajang, 2016). Наиболее подходящая температура для получения высокой урожайности и оптимального распределения сухого вещества составляет около 20°C (Bodlaender, 1963; Marinus, Bodlaender, 1975; Timlin et al., 2006). Для развития клубней требуется более низкая температура. Подходящая температура для начала индукции клубней составляет 15°C, инициации – 22°C и завязывания – 15°C (Struik, 2007b; Kim, Lee, 2019). Высокая температура почвы, согласно результатам исследований Adisarwanto (1990), снижает скорость клубнеобразования и вес клубней.

По сравнению с другими культурами картофель очень чувствителен к недостатку влаги ввиду его неглубокой корневой системы (Orena, Porter, 1999; Wang et al., 2006; Iwama, 2008). Для получения высокого урожая содержание влаги в почве должно быть не ниже 50 % полной полевой влагоемкости, особенно во время формирования клубней (Cantore et al., 2014). В исследованиях других авторов данный показатель колеблется от 25 до 75 % (Schapendonk et al., 1989; Bertolacci et al., 1990; Foti et al., 1995). Известно, что ранняя фаза развития картофеля наиболее чувствительна к водному стрессу (Foti, 1999; Ierna, Mauromicale, 2012; Cantore et al., 2014).

Для формирования качественного и высокого урожая картофелю необходимо присутствие всех макро-(N, P, K, Ca, Mg, S) и микроэлементов (Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo), которые должны быть в оптимальном количестве. Особенно важными из перечисленных элементов для формирования качественных товарных клубней являются азот, фосфор и калий (Gitari et al., 2019; Oliveira et al., 2021). Азот входит в состав белков и влияет на протекание множества физиологических и биохимических процессов, рост растений, формирование органов, а значит, влияет на структуру и качество урожая. Фосфор ускоряет рост и улучшает качество клубней (увеличивается содержание крахмала). Калий повышает устойчивость клубней к травмам и влияет на концентрацию сухого вещества. Из-за недостатка калия клубни хуже хранятся, так как они более подвержены различным заболеваниям. Микроэлементы используются в качестве катализаторов во многих метаболических и физиологических процессах в растениях (Gvozden, 2016; Koch et al., 2019; Mwakidoshi et al., 2021).

### **1.3 Место картофеля в растениеводстве Северо-Западного региона**

Сельское хозяйство Северо-Западного региона в силу неблагоприятных природно-климатических условий на большей части территории развито слабо (в этом регионе производится лишь 4,7 % продукции сельского хозяйства России). Доля региона в растениеводстве – 3 % от всего объема по Российской Федерации

(Красильников, 2019). Наиболее пригодными для развития сельского хозяйства являются южная часть Архангельской области, Вологодская, Ленинградская, Псковская, Новгородская и Калининградская области (Гаврилова, Щукин, 2019).

Как видно из рисунка 1, лидирующее место в сельском хозяйстве региона занимает Ленинградская область – 34,2 % от всего объема производства. Также высокие позиции занимают Псковская (18,6 %), Калининградская (16,5 %), Вологодская (12,0 %) и Новгородская области (8,5 %).

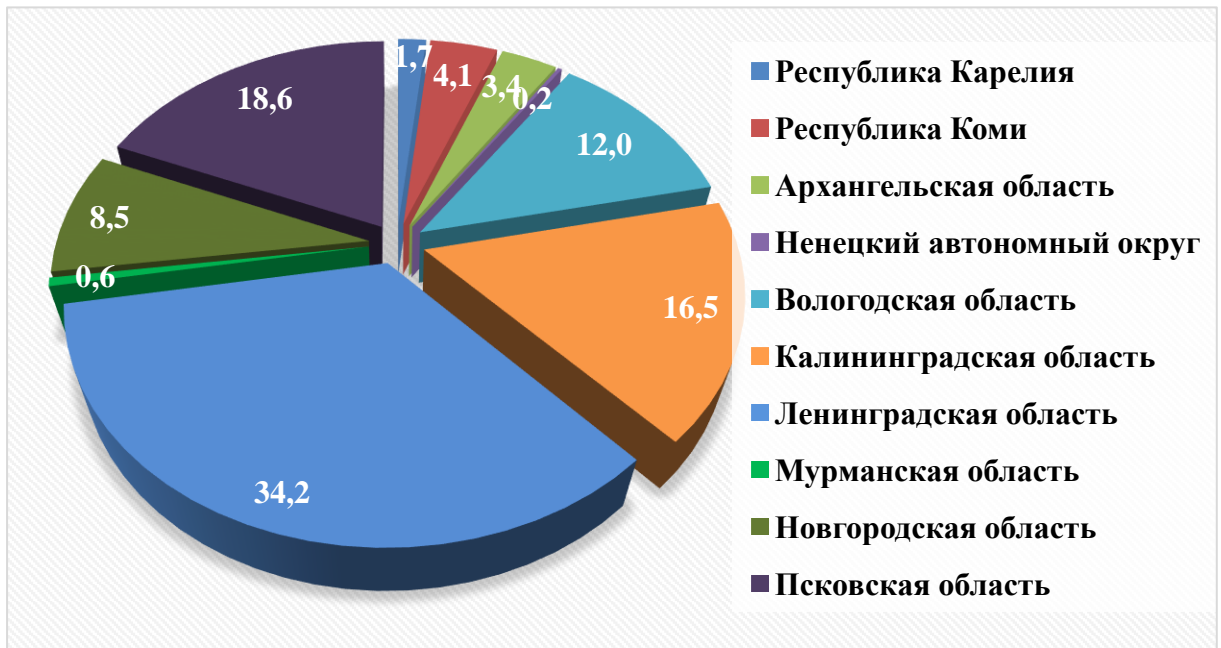


Рисунок 1 – Доля областей (в %) в объемах производства сельскохозяйственной продукции в Северо-Западном регионе Российской Федерации за 2021 г. (Федеральная служба ..., 2022)

Данные, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что среди всех культур, возделываемых в Северо-Западном регионе, картофель занимает одно из ведущих мест. Он возделывается во всех областях и республиках, занимая значительную долю, по сравнению с овощными и техническими культурами.

По валовому сбору картофеля в 2020 году ведущее место занимают Ленинградская и Новгородская области (180,9-187,1 тыс. тонн). Вологодская,

Калининградская и Псковская области несколько уступают им по данному показателю – 115,1-136,3 тыс. тонн (рисунок 2).

Таблица 1 – Структура посевных площадей (в % ко всей площади посева) сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий в Северо-Западном регионе Российской Федерации в 2020 году (Федеральная служба..., 2021)

	Вся посевная площадь	Зерновые и зернобобовые культуры	Технические культуры	Картофель	Овоще-бахчевые культуры	Кормовые культуры
Республика Карелия	100	-	-	6,8	1,3	91,9
Республика Коми	100	-	-	9,3	1,5	89,2
Архангельская область	100	0,5	-	9,1	1,7	88,7
в т.ч. Ненецкий автономный округ	100	-	-	96,0	4,0	-
Архангельская область (без авт. округа)	100	0,5	-	9,1	1,7	88,8
Вологодская область	100	25,3	1,6	3,0	0,5	69,7
Калининградская область	100	47,8	16,2	2,2	0,9	32,9
Ленинградская область	100	17,5	1,0	4,6	2,5	74,5
Мурманская область	100	-	-	6,9	0,8	92,3
Новгородская область	100	8,3	1,9	6,7	2,0	81,2
Псковская область	100	20,1	4,2	3,5	1,0	71,2

В основном производство картофеля в Северо-Западном регионе, как и в Российской Федерации в целом, сосредоточено в мелких хозяйствах, а доля крупных и средних организаций не превышает 16-18 %. Картофель в частных хозяйствах возделывают в основном вручную с использованием примитивных технологий. Отмечается, что одной из значительных проблем невысокой

эффективности отрасли картофелеводства региона в целом, так и Ленинградской области является товарность картофеля на уровне сельскохозяйственных организаций. Это во многом связано с неправильными условиями в период хранения картофеля, что приводит к появлению различных болезней продукции (Дибиров и др., 2017).

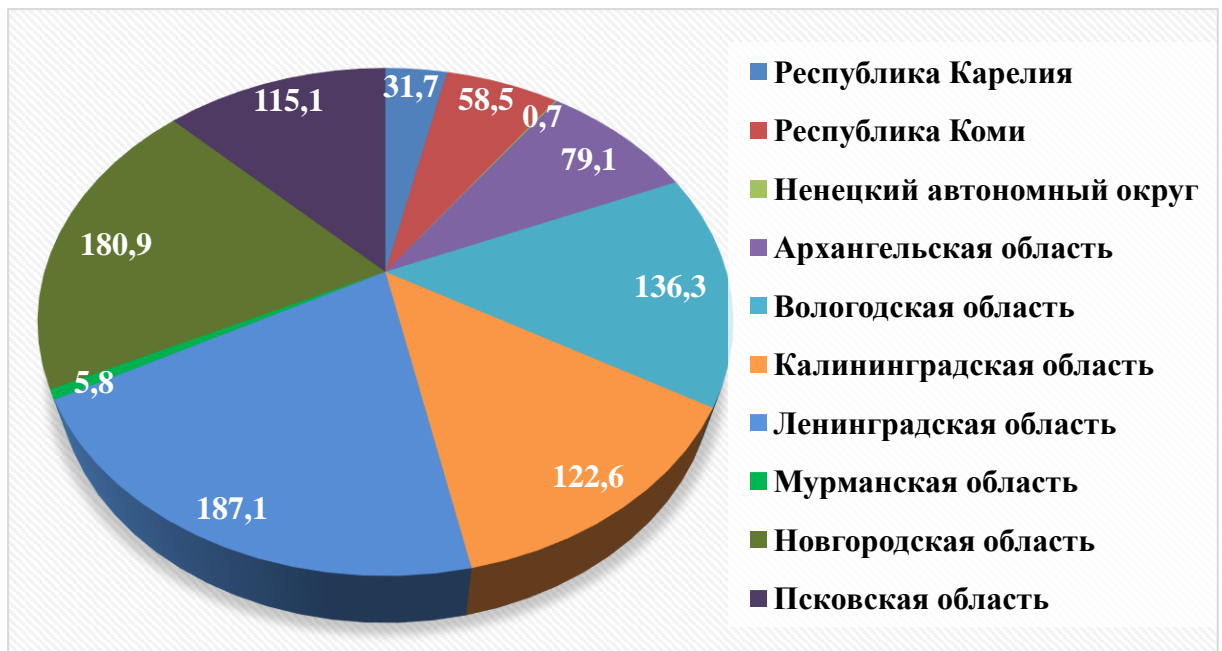


Рисунок 2 – Валовые сборы (тыс. тонн) картофеля в Северо-Западном регионе Российской Федерации в 2020 г. (Данилов, 2021).

Потенциальная урожайность картофеля в Северо-Западном регионе Российской Федерации составляет 30,0-35,0 т/га, а фактическая средняя урожайность часто не превышает 15,0 т/га и колеблется в пределах 10,5-35,0 т/га (Зыков, Захаров, 2019). На величину урожая картофеля влияют абиотические и биотические факторы (van der Waals et al., 2016; Majrashi, 2022; Nasir, Toth 2022). Среди биотических факторов, влияющих на урожайность картофеля и качество его клубней, сорные растения занимают одно из ведущих мест. В связи с этим, увеличение урожайности картофеля может быть достигнуто за счет снижения вреда, наносимого культуре сорными растениями.

## 1.4 Сорные растения в посадках картофеля и меры борьбы с ними

### 1.4.1 Вредоносность сорных растений

Картофель подвергается воздействию множества вредных факторов: сорные растения, вредители, вирусные, грибные и бактериальные заболевания (Oerke, 2006; Abbas et al., 2013; Kinyua et al., 2013; Satyagopal et al., 2014; Zarzecka et al., 2020).

Сорные растения, благодаря своей способности произрастать в широких диапазонах условий окружающей среды, вызывают наибольшие потери урожая сельскохозяйственных культур, по сравнению с потерями, причиняемыми другими вредными организмами (Oerke, 2006; Chauhan, 2020; Elkhoully et al., 2021; Majrashi, 2022).

Отмечается, что площади сельскохозяйственных угодий в России за последние годы сократились, как и эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения (Доклад о состоянии и использовании земель ..., 2021). Снижение плодородия почв, заболачивание и засоренность полей обусловлены нехваткой средств, необходимых для проведения современной агротехники (Bogdanov et al., 2016).

Установлено, что сорные растения конкурируют с культурой за пространство, свет, воду и питательные вещества (Korav et al., 2018; Chauhan, 2020; Sawicka et al., 2020). Они могут выступать в качестве хозяев для болезней, насекомых или нематод (Alvarez, Hutchinson, 2005; Boydston et al., 2009; Nitzan et al., 2009; Rao et al., 2018; Kumar et al., 2021). Опыты, проведенные Rao (2000), выявили, что сорные растения могут снижать температуру почвы примерно на 2-3°C, замедляя тем самым рост картофеля.

Сорные растения обладают многочисленными механизмами, позволяющими им приспособляться к новым условиям (Karkanis et al., 2018; Clements, Jones, 2021a). Karkanis с соавторами (2018) выделили основные адаптивные механизмы, позволяющие сорным растениям перенести засуху и высокие температуры: уменьшение общей площади листьев, изменение ориентации листьев, наличие



дополнительного слоя волосков на поверхности листьев, укороченный жизненный цикл, увеличение соотношения корней и побегов, развитие глубокой корневой системы и раннее закрытие устьиц. Согласно данным Bufford, Hulme (2021), Sharma с соавторами (2021) и Singh с соавторами (2022) сорные растения характеризуются большим генетическим разнообразием и фенотипической пластичностью по сравнению с другими видами растений.

В мире было проведено множество исследований по изучению наиболее чувствительного (критического) периода развития картофеля к конкуренции со стороны сорных растений. Длительный период времени между посадкой, появлением всходов и формированием листьев картофеля снижает его способность конкурировать с сорными растениями (Eberlein et al., 1997). По мнению ряда ученых, критическим периодом вредоносности сорных растений является момент от прорастания до цветения картофеля (Eberlein et al., 1997; Karimmojeni et al., 2014; Isik et al., 2015). В опытах Ciuberkis с соавторами (2007) показано, что критический период у картофеля начинается от посадки и продолжается до 25 дней после цветения. По результатам большинства исследований критический период не превышает 30 дней после появления всходов (Kinyili, 1983; Baziramakenga, Leroax, 1994; Isik et al., 2015; Аспидова, Галиев, 1987а; Сонкина, Сорока, 2004; Оказова, 2022).

Baziramakenga и Leroax (1994) выявили, что этот период может быть еще короче и составлять 15 дней после появления всходов картофеля. Сходные результаты были получены в опытах Оказовой (2022). Время для принятия решений о проведении защитных мероприятий по борьбе с сорными растениями зависит от видов сорных растений, сельскохозяйственных культур, их густоты, а также от почвенных и погодных условий в течение вегетационного периода (Knezevic et al., 2002; Uremis et al., 2009; Horvath et al., 2023; Оказова, 2022).

Проблема вреда от сорных растений в начале вегетационного сезона особенно остра из-за благоприятных условий для прорастания некоторых видов сорных растений, а также из-за погодных условий, не позволяющих провести обработку полей. Такие виды сорных растений как горчица полевая (*Sinapis*

*arvensis* L.), щирица назадзапрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.) и выюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) могут затруднять развитие (возделывание) картофеля в начале вегетационного сезона (Uremis et al., 2009).

#### **1.4.2 Сорные растения, встречающиеся в посадках картофеля в Северо-Западном регионе**

Состав и распространение сорных растений по территории крупных регионов главным образом зависит от таких климатических факторов как тепло- и влагообеспеченность (Алехин и др., 1961; Принципы адаптивно-агроэкологического ..., 2015; Лунева, 2018а). На структуру и распространение сорных растений могут оказывать влияние такие факторы, как степень урбанизации, тип культуры, тип почвы и выносливость самой культуры (Petit et al., 2011; Mahgoub, 2019).

В посевах (посадках) определенных сельскохозяйственных культур из многочисленной группы сорных растений встречается лишь незначительное количество специализированных для данной культуры видов (Лунева, Федорова, 2019).

Появление большинства видов сорных растений в отдельных культурах (агрофитоценозах) в основном зависит от особенностей технологии возделывания этих культур. Отмечается, что одни и те же виды сорных растений встречаются как в агрофитоценозах, так и на вторичных местообитаниях, таких как пустыри, лесные полосы, обочины дорог и др. (Лунева, Федорова, 2019).

Северо-Западный регион включает в себя целый ряд областей, границы между которыми определены в известной степени искусственно и часто менялись. В то же время природно-климатические условия областей, входящих в состав региона, сходны, и поэтому флора Ленинградской области может служить модельным объектом, характеризующим флору Северо-Западного региона в целом. Сорная флора Ленинградской области является частью природной флоры

Ленинградской области, поэтому может быть модельной сорной флорой для Северо-Западного региона (Толмачев, 1974; Камелин, 2017; Лунева, 2020).

В таблице 2 выделены основные виды сорных растений, встречающиеся преимущественно в посадках картофеля в Северо-Западном регионе Российской Федерации (здесь и далее название видов сорных растений приведены в соответствии с современной ботанической номенклатурой (Лунева, Мысник, 2018)).

Таблица 2 – Виды сорных растений, встречающиеся в посадках картофеля в Северо-Западном регионе (Лунева, Мысник, 2016)

Русское наименование	Латинское наименование
Постоянный компонент	
Марь белая	<i>Chenopodium album</i> L.
Пастушья сумка обыкновенная	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.
Горица полевая	<i>Spergula arvensis</i> L.
Звездчатка средняя	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.
Горчица полевая	<i>Sinapis arvensis</i> L.
Чистец болотный	<i>Stachys palustris</i> L.
Горец щавелелистный	<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Delarbre
Блитум сизый	<i>Blitum glaucum</i> (L.) W.D.J. Koch
Пикульник красивый	<i>Galeopsis speciosa</i> Mill.
Мята полевая	<i>Mentha arvensis</i> L.
Фаллопия вьюнковая	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve
Спорыш птичий	<i>Polygonum aviculare</i> L.s.str.
Дымянка лекарственная	<i>Fumaria officinalis</i> L.
Подмаренник цепкий	<i>Galium aparine</i> L.
Фиалка полевая	<i>Viola arvensis</i> Murray
Тысячелистник обыкновенный	<i>Achillea millefolium</i> L.
Жерушник болотный	<i>Rorippa palustris</i> (L.) Bess.
Черда трехраздельная	<i>Bidens tripartita</i> L.
Сушеница топяная	<i>Gnaphalium uliginosum</i> L.
Мать и мачеха обыкновенная	<i>Tussilago farfara</i> L.
Пикульник двунадрезанный	<i>Galeopsis bifida</i> Boenner
Хвощ полевой	<i>Equisetum arvense</i> L.
Бодяк седой	<i>Cirsium incanum</i> (S.G. Gmel.) Fisch.
Вьюнок полевой	<i>Convolvulus arvensis</i> L.

Продолжение таблицы 2

Осот полевой	<i>Sonchus arvensis</i> L.
Пырей ползучий	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski
Часто встречаемые виды	
Полынь обыкновенная	<i>Artemisia vulgaris</i> L.
Трехреберник непахучий	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.
Крестовник обыкновенный	<i>Senecio vulgaris</i> L.
Желтушник лакфиолевый	<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.
Капуста полевая	<i>Brassica campestris</i> L.
Ярутка полевая	<i>Thlaspi arvense</i> L.
Редька дикая	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.
Яснотка пурпурная	<i>Lamium purpureum</i> L.
Подорожник большой	<i>Plantago major</i> L.
Паслен черный	<i>Solanum nigrum</i> L.

По данным Редюка (2017) и Луновой (2018б), в посадках картофеля в Ленинградской области наиболее часто встречаются однолетние сорные растения. Из них преобладают такие виды как звездчатка средняя, марь белая, фаллопия вьюнковая, крестовник обыкновенный, торица полевая, ярутка полевая, редька дикая, пастушья сумка обыкновенная, горчица полевая, виды горца, виды пикульника и ромашки, желтушник лакфиолевый.

Из однолетних видов сорных растений в посадках картофеля также достаточно обильно встречаются растения дымьнки лекарственной, яснотки пурпурной, спорыша птичьего, подмаренника цепкого и фиалки полевой (Лунова, 2018б).

Среди многолетних сорных растений в посадках картофеля встречаются растения пырея ползучего, осота полевого, виды бодяка (Редюк, 2017; Лунова, 2018б), а также чистец болотный, хвощ полевой, вьюнок полевой, полынь обыкновенная, тысячелистник обыкновенный и одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.) (Лунова, 2018б). Широкое разнообразие однолетних и многолетних сорных растений в посадках картофеля приводит к необходимости поиска различных методов борьбы с ними с целью снижения их негативного влияния на урожайность культуры (El-Metwally, El-Wakeel, 2019).

### 1.4.3 Методы борьбы с сорными растениями

К основным методам борьбы с сорными растениями относят: физический, механический, химический, биологический и ряд других. Применению всех этих методов должен предшествовать сбор данных о фитосанитарном состоянии посевов культурных растений.

Мониторинг популяций сорных растений бывает сосредоточен на мелкомасштабных детальном обследовании (Lambert et al., 2018). Однако такие исследования трудозатраты и связаны с множеством проблем (Craufurd, Wheeler, 2009). Известно крупномасштабное картирование для построения изображений распространения сорных растений в региональном и ландшафтном масштабе (Агроэкологический атлас ..., 2008; Lawrence et al., 2006; Cuneo et al., 2009). Данные анализы обычно основаны на приблизительных оценках численности сорных растений. Таким образом, отображение плотности сорных растений – это компромисс между точностью и масштабом (Lambert et al., 2018).

Современные методы мониторинга основаны на новейших технологиях, резко изменивших возможности сбора подробных экологических данных в больших масштабах. Беспилотные летательные аппараты (БЛА) – это летающие роботы, которые могут собирать различные данные, включая цветные и гиперспектральные изображения, позволяющие строить индексы растительности (Лунева, 2018в; Torres-Sánchez et al., 2014; Lambert et al., 2018; Kaivosoja et al., 2021).

Сочетание БЛА с современными камерами и датчиками, способными распознавать конкретные сорные растения (Lottes et al., 2017), а также с GPS технологиями, предоставляющими географическую информацию для картирования полей, позволяет проводить мониторинг больших площадей за несколько минут. Анализ изображений при помощи различных методов машинного обучения дает достоверное представление об уровне и типе засоренности, позволяет изучать динамику распространения сорных растений в полевых условиях, а также динамику их взаимодействия с культурой, что является

необходимым шагом для определения новых стратегий борьбы с сорными растениями на основе межвидового взаимодействия культурных и сорных растений (Gibson et al., 2017; Adeux et al., 2019; Esposito et al., 2021). Таким образом, повышается эффективность методов борьбы с сорными растениями, увеличивается точность использования гербицидов (López-Granados et al., 2016). Это, в свою очередь, приводит к снижению производственных затрат, уменьшает неблагоприятное воздействие на окружающую среду и способствует улучшению биоразнообразия (Jiménez-Brenes et al., 2019).

Начальным и важным этапом в процессе выращивания картофеля является подготовка почвы перед проведением посадки культуры. Предпосадочная обработка почвы, проводимая с целью придания ей необходимой плотности, не только ускоряет появление всходов растений картофеля, но и уничтожает сорные растения, давая преимущество развитию самой культуры (Редюк, 2017). Следующим немаловажным шагом, способствующим повышению конкурентоспособности культуры, является выбор оптимального срока посадки. Прежде всего, проводить посадку картофеля необходимо в хорошо подготовленную и удобренную почву, содержащую достаточное количество влаги. Проросшие семенные клубни следует высаживать на оптимальном расстоянии друг от друга (20-25 см) на достаточную глубину (10-15 см) (Santos, Rodriguez, 2008; Kumar et al., 2015; Joshi et al., 2020). Таким образом, правильная подготовка почвы и оптимальный срок посадки приводят к ускоренному вегетативному росту культуры. В тоже время, быстрое покрытие полей пологом картофеля лишает сорные растения возможности поглощать питательные вещества и тем самым помогает картофелю снизить их вредоносность в начальной фазе развития культурных растений (Singh et al., 2018).

#### *Физический метод борьбы*

В развивающихся странах с небольшими хозяйствами сорные растения преимущественно удаляются вручную (Chauhan, 2020). Однако в силу высоких трудозатрат, тяжести выполнения и стоимости данный метод не подходит для крупных хозяйств (Khan et al., 2008; Uremis et al., 2009; Kumar et al., 2017; Soren et

al., 2018; Sabzi et al., 2020; Woyessa, 2022). Установлено, что многократное ручное рыхление может причинить вред корневой системе картофеля (Nelson, Giles, 1986; Kumar et al., 2017).

#### *Механический метод*

Механическая борьба с сорными растениями (с использованием тракторов, культиваторов и других сельскохозяйственных орудий) – эффективный метод борьбы с однолетними сорными растениями (Weed Control ..., 2020). По данным Thorat с соавторами (2014), механическая обработка почвы сокращает трудозатраты при ручной прополке, приводит к существенному снижению количества сорных растений, улучшает аэрацию и водопоглотительную способность почвы. Установлено, что эффективность прополочных агрегатов на различных типах почв колеблется от 80 до 100 % (Woyessa, 2022).

Механический метод борьбы с сорными растениями хорошо подходит для пропашных культур (картофеля) (Sabzi et al., 2020). Как отмечалось ранее, борьба с сорными растениями в посадках картофеля должна осуществляться в определенные сроки. Так обработка, проведенная до смыкания рядков, уничтожает многие ранние виды сорных растений и, тем самым, повышает конкурентоспособность растений картофеля. В связи с этим необходим подбор сортов картофеля, обладающих высокой начальной скоростью роста и быстрым формированием листового аппарата (Barbas et al., 2020).

#### *Севооборот*

По сравнению с монокультурами, в севооборотах создаются условия, ограничивающие адаптацию сорных растений к непрерывному возделыванию сельскохозяйственных культур (Anderson et al., 2007; Serajchi et al., 2013; Замятин, Измestьев, 2015). Севообороты с более длинными интервалами между схожими культурами замедляют изменение популяций вредных организмов (Cathcart et al., 2006). Установлено, что нарушение оптимального чередования культур в севообороте приводит к размножению и росту специализированных и трудноискоренимых многолетних сорных растений, а также способствует

повышению уровня засоренности более, чем в два раза (Борисова, 2014; Rasmussen et al., 2014).

### *Мульчирование*

Мульчирование – это метод растениеводства, который включает в себя размещение органических (солома, опилки, сорные растения, бумажные и растительные остатки) или синтетических (пластик) материалов на поверхности почвы, чтобы создать более благоприятные условия для роста и развития культуры (Robichaud et al., 2013; Pramanik et al., 2015; Abouziena, Haggag, 2016; Li et al., 2018)

Мульчирование почвы способствует снижению конкуренции сорных растений с овощными культурами, а также позволяет сократить расходы рабочей силы для борьбы с сорными растениями. Покрытие почвы мульчей, во-первых, уменьшает прорастание семян сорных растений; во-вторых, затеняет и препятствует появлению всходов сорных растений; в-третьих, повышает конкурентоспособность культуры за счет сохранения влаги и изменения температуры почвы (Schonbeck, Evelylo, 1998; Schonbeck, 2012, <https://eorganic.org/node/4870>).

### *Биологический метод*

Развитие биоконтроля сорных растений стимулируется повышением устойчивости сорных растений к гербицидам и медленными темпами разработки новых гербицидных действующих веществ с новым механизмом действия (Westwood et al., 2018; Berestetskiy, Sokornova, 2018).

Существует две основные области применения биологической борьбы с сорными растениями. Первая область – классический биологический контроль, смысл которого заключается в высвобождении естественного хищника или патогена определенного вредного организма с ожиданием, что он сможет сохраниться в окружающей среде и обеспечить постоянное сокращение численности популяции данного вида в экосистеме (Shaw et al., 2009; Harding, Raizada, 2015). Вторая – использование биогербицидов, в состав которых обычно входят споры грибов или бактериальные суспензии с целью уничтожения вредных



организмов в пределах контролируемой территории (Hoagland et al., 2008; Harding, Raizada, 2015; Mohammed, Badawy, 2020).

Однако биологический контроль занимает длительное время, а используемый биоагент обычно обладает узкой специализацией. На сельскохозяйственных полях данный метод не применяется вследствие наличия на поле множества видов сорных растений (Dittmar et al., 2018, <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/CV113>) и частого применения химических средств (инсектицидов и фунгицидов) (Amalin et al., 2000; Ricci et al., 2019).

#### *Химический метод*

Использование гербицидов занимает ведущее место среди методов борьбы с сорными растениями (Popp et al., 2013; Monteiro, Santos, 2022; Woyessa, 2022) благодаря своей простоте, экономичности и эффективности в борьбе с данной группой вредных организмов (Tomar et al., 2008; Awan et al., 2015; Kour et al., 2016; Siczka, Creighton, 2017; Chethan et al., 2019). Гербициды обеспечивают быструю, а также более длительную защиту культурных растений от различных видов сорных растений, по сравнению с другими методами борьбы в сельском хозяйстве (Jovovic et al., 2012). В мире имеются различные типы гербицидов, способные контролировать широкий спектр сорных растений на различных стадиях развития сельскохозяйственных культур (Guttieri, Eberlein, 1997; Monteiro, Santos, 2022; Thompson, Chauhan, 2022). Часто оптимальным вариантом применения гербицидов на посадках картофеля является внесение их до всходов культуры, вследствие чего они позволяют культуре завершить начальное развитие без конкуренции со стороны сорных растений (Fonseca et al., 2018; Зейрук и др., 2021).

Известно, что общеистребительные гербициды широко используются в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур с минимальной обработкой почвы, что в свою очередь предотвращает образование эрозии почвы (Kraehmer et al., 2014).

Существуют и потенциальные проблемы, связанные с использованием гербицидов, которые включают в себя: повреждение нецелевых объектов (растений), повреждение культуры, остатки в почве и воде, токсичность для других

нецелевых организмов, проблемы для здоровья и безопасности человека и устойчивые к гербицидам популяции сорных растений (Сох, 2006; Meksawat, Pornprom, 2010; Stephen, Yu, 2010; Gugala et al., 2016; Rahman, 2016).

Несмотря на то, что в настоящее время экологический подход приобретает все большее значение, химическая борьба с сорными растениями остается неотъемлемой частью современной технологии возделывания картофеля и других культур. Более того, использование гербицидов продолжает увеличиваться, чтобы обеспечить продовольственную безопасность населения во всем мире (Hasanuzzaman et al., 2020).

## **1.5 Ассортимент гербицидов для защиты картофеля**

### **1.5.1 История формирования ассортимента гербицидов для картофеля**

В историческом аспекте первые упоминания о возможности использования химических веществ в борьбе с сорной растительностью в нашей стране датированы началом 20 века. Бертельс (1927) сообщал об изучении эффективности 64 веществ против сорных растений на посадках картофеля: мышьяковистокислый натр, едкий натр, нафтеновая кислота, сулема, формалин, хлористый цинк, хлорат натрия, винная кислота, серная кислота, керосин и др.

Интенсивное продолжение этой работы датировано серединой 20 века, когда для борьбы с сорными растениями пробовали использовать 2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту (Иванов, 1957; Целинова, 1957; Полянский, 1959; Грошев, 1962; Шлома, 1962; Писарев, Кузнецов, 1962). В это же время для борьбы с сорными растениями исследователи применяли сланцевое масло, крепленое пентахлорфенолом, и сланцевое масло, крепленое динитроортокрезолом (Бешанов, 1958; Воеводин, Романов, 1958). Проводилось изучение препаратов на основе симазина и атразина (Бешанов, Воеводин, 1959; Гаус, 1961; Артюшин, Пекеньо, 1961; Оявески, 1961; Лобарчук, 1962; Пекеньо, Богдановский, 1962).

В 1960 году на посадках картофеля были рекомендованы 4 гербицида: пентахлорфенол, пентахлорфенолят натрия, трихлорацетат натрия и ДНОК

(Пекенъ и др., 1962; Воеводин, Бешанов, 1962; Бургхаузен, 1964; Протасов, 1965; Петунова и др., 1983; Аспидова и др., 1983).

С 1965 года проводились многочисленные опыты с прометрином (Воеводин, 1965; Грушка, Даниел, 1966; Протасов, 1966; Захаренко, 1966; Захаров и др., 1967; Скоцкая и др., 1968; Пономарев и др., 1969; Филлипова, Фадеева, 1971; Адрушко, Малявко, 1973).

В 1970 году были рекомендованы еще 4 препарата: далапон, линурон, арезин и метурин (Воеводин, 1972; Гринюс, 1972; Везик, 1972; Аспидова, 1973; Ахметелашвили, Хубутя, 1974; Захаренко, Брюсов, 1975; Брюсов и др., 1981; Аспидова и др., 1983).

С 1972 года на посадках картофеля активно исследовалась возможность использования 2М-4Х (Шалаев, 1972; Везик, 1976; Пеньков, 1978; Захаренко, 1985; Монствилайте и др., 1985; Левин, 1985).

С 1975 года проводились опыты с препаратом зенкор (Воеводин, Мещерякова 1975; Жукова, Гробер, 1983; Захаренко, 1983; Жукова и др., 1985; Лобань, Жукова, 1987; Тамошюнас, Тила, 1987).

К 1980 году ассортимент рекомендованных для картофеля гербицидов уже насчитывал 22 позиции. В него входили линурон, арезин, метурин, зенкор, кампарол, ситрин, паторан, прометрин и некоторые другие препараты (Аспидова и др., 1983).

Следует отметить, что на протяжении значительного периода времени в ассортименте отсутствовали узкоспецифические противозлаковые гербициды, которые были бы разрешены для применения во время вегетации картофеля. В 1985 году была попытка использовать для этой цели препараты на основе феноксапроп-П-этила (Исаева, 1985), а в дальнейшем активно исследовались гербициды на основе флуазифоп-П-бутила и хизалофоп-П-этила – фюзилад и тарга (Везик, 1987; Аспидова, Галиев, 1987б; Агаев, 1988; Ненахова, 1989).

В восьмидесятые годы ассортимент гербицидов для защиты картофеля значительно расширился за счет изучения возможности использования в этом

направлении таких препаратов, как рейсер, дуал, ацетал и девринол (Таранде, 1987; Мережинский и др., 1989; Абилдаева и др., 1991).

В 1992-1996 гг. против однолетних и многолетних злаковых сорных растений в посадках картофеля в период вегетации было разрешено 5 препаратов. В дальнейшем (к 2004 году) на смену галаксифоп-этилу (зеллек) пришел галаксифоп-П-этил (зеллек супер), а также вместе с фюзиладом супер в Государственный каталог вошел фюзилад форте – гербицид с повышенным содержанием действующего вещества и новыми безопасными растворителями. Также каталог пополнился такими действующими веществами, как клетодим (центурион) и квизалофоп-П-этил (пантера) (Долженко и др., 2004).

Ассортимент препаратов против однолетних двудольных сорных растений сократился. Были исключены ацетохлор (аценит А), метазин. Натриевые соли МЦПА заменили калий-натриевые (хвастокс экстра) и диметиламинные-калий-натриевые соли МЦПА (агритокс). Сократилось количество гербицидов на основе прометрина (с 8 – Гезагард, Зиразин, Селектин и др. до 3 – Гезагард, СП, Прометрин, СП и Гезагард, СК).

В этот период была исследована новая препаративная форма метрибузина – концентрат коллоидного раствора (Зонтран, ККР). Это позволило снизить норму применения действующего вещества. Однако, из-за свойств данной препаративной формы, внесение гербицида следует осуществлять только по вегетирующим сорным растениям. Проведенные испытания показали повышенную чувствительность некоторых ранних и среднеранних сортов картофеля к метрибузину (Долженко и др., 2004).

Таким образом, к началу 21 века (2004 год) количество гербицидов, разрешенных для защиты картофеля от сорных растений, достигло 50 препаратов.

Следует отметить, что сформировавшийся к началу 21 столетия ассортимент гербицидов на картофеле не позволял гарантировать защиту от некоторых злостных видов сорных растений. Например, для борьбы с подмаренником цепким возможно было лишь использование 3 л/га препарата Рейсер, КЭ. Это

демонстрирует, что необходимо дальнейшее совершенствование ассортимента гербицидов на картофеле (Долженко и др., 2004).

### **1.5.2 Современный ассортимент гербицидов для защиты картофеля от сорных растений**

В настоящее время ассортимент гербицидов на картофеле разнообразен и включает действующие вещества для уничтожения сорных растений перед проведением посадки, до всходов и в период вегетации культуры. В разных странах до всходов картофеля применяются множество действующих веществ: глифосат, глюфосинат аммония, эптам (до посадки культуры), дикват, паракват, аклонифен, диметенамид-П, фомесафен, метобромурон, линурон, прометрин, метрибузин, эталфлуралин, пироксасульфен, метолахлор, С-метолахлор, сульфентразон, кломазон, флуфенацет, пирафлуфен, пропизохлор, просульфокарб, пендиметалин, флуорохлоридон. В период вегетации используют такие действующие вещества как бентазон, сетоксидим, МЦПА, метрибузин, римсульфурон, карфентразон, хизалофоп-П-этил, флуазифоп-П-бутил, клетодим, пропаквизафоп (Банадысев, 2020; Sprague, 2022).

В таблице 3 представлен список действующих веществ гербицидов, разрешенных к применению на посадках картофеля в Российской Федерации в 2020 году. Как видно из таблицы, защиту картофеля от сорных растений целесообразно начинать заранее на поле, предназначенном под его посадку. Для этой цели в конце лета или осенью (после проведения уборки) проводят опрыскивание вегетирующих сорных растений гербицидом широкого спектра действия (против однолетних и многолетних сорных растений) на основе глифосата (Раундап Макс, ВР). Для защиты среднеспелых и позднеспелых сортов картофеля от однолетних двудольных сорных растений могут применяться гербициды на основе МЦПА (Агритокс, ВК). Данные препараты вносятся путем опрыскивания почвы по вегетирующим сорным растениям до всходов культурных растений или при высоте ботвы 10-15 см (Голубев, 2013).

Против однолетних двудольных и некоторых однолетних злаковых сорных растений используют довсходовые гербициды на основе прометрина (Гонор, КС), метрибузина (Тирон, ВДГ), диквата (Реглон Форте, ВР) и просульфокарба (Боксер, КЭ). Для защиты ранних и средних сортов и гибридов картофеля от однолетних двудольных и злаковых сорных растений может использоваться довсходовый гербицид на основе двух действующих веществ флуфенацета и метрибузина (Артист, ВДГ) (Ткач и др., 2020; Голубев и др., 2020).

Для защиты картофеля от однолетних и многолетних злаковых сорных растений можно использовать гербициды на основе клетодима (Легион Комби, КЭ), смеси клетодима и галоксифоп-Р-метила (Квикстеп, МКЭ), квизалофоп-П-тефурила (Лемур, КЭ), флуазифоп-П-бутила (Фюзилад Супер, КЭ), хизалофоп-П-этила (Тарга Супер, КЭ) и циклоксидима (Стратос Ультра, КЭ). Эти препараты применяются путем опрыскивания посадок в фазе 2-4 (для гербицидов на основе клетодима – 2-6) листьев однолетних сорных растений и при высоте многолетних сорных растений 10-15 см (для гербицидов на основе клетодима – 10-20 см) (независимо от фазы развития культуры) (Ткач и др., 2021).

Несмотря на широкий ассортимент гербицидов для защиты картофеля, лишь гербициды на основе римсульфурина (Кассиус, ВРП) способны в период вегетации культуры бороться одновременно со многими группами сорных растений: однолетними и многолетними злаковыми и некоторыми двудольными сорными растениями.

Таблица 3 – Действующие вещества, применяемые в борьбе с сорными растениями на посадках картофеля в Российской Федерации (Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2020)

Действующее вещество	Пример препарата	Регламент применения
Против однолетних двудольных сорных растений		
МЦПА (диметиламинная + калиевая + натриевая соли, смесь)	Агритокс, ВК (500 г/л) 1,2 л/га	Опрыскивание почвы до всходов культуры или при высоте ботвы картофеля 10-15 см
Против однолетних двудольных и злаковых сорных растений		
Прометрин	Гонор, КС (500 г/л) 2,0-3,5 л/га	Опрыскивание почвы до всходов культуры
Метрибузин	Тирон, ВДГ (700 г/кг) 0,5 - 1 + 0,3	Опрыскивание почвы до всходов культуры с последующей обработкой при высоте ботвы 5 см
Флуфенацет+метрибузин	Артист, ВДГ (240+175 г/кг) 2,0-2,5 кг/га	Опрыскивание почвы до появления всходов культуры. Препарат применяется с учетом чувствительности ранних и средних сортов и гибридов картофеля
Дикват (дибромид)	Реглон Форте, ВР (150 г/л диквата) 1,0-2,0 л/га	Опрыскивание вегетирующих сорных растений за 2-3 дня до появления всходов культуры
Против однолетних двудольных и некоторых злаковых сорных растений		
Просульфокарб	Боксер, КЭ (800 г/л) 3,0-5,0 л/га	Опрыскивание почвы до всходов культуры

Продолжение таблицы 3

Против однолетних и многолетних злаковых, в том числе пырея ползучего, сорных растений		
Клетодим	Легион Комби, КЭ (240 г/л) 0,3-0,4 л/га – однолетние злаковые сорные растения; 0,7-0,9 л/га – многолетние злаковые сорные растения	Против однолетних злаковых сорных растений - опрыскивание посадок в фазе 2-6 листьев злаковых сорных растений независимо от фазы развития культуры, против многолетних злаковых сорных растений - при высоте пырея ползучего 10-20 см
Клетодим+галаксифоп-Р-метил	Квикстеп, МКЭ (130+80 г/л) 0,4 л/га – однолетние злаковые сорные растения; 0,8 л/га – многолетние злаковые сорные растения	Против однолетних злаковых сорных растений - опрыскивание посадок в фазе 2-6 листьев злаковых сорных растений независимо от фазы развития культуры, против многолетних злаковых сорных растений - при высоте пырея ползучего 10-20 см
Квизалофоп-П-тефурил	Лемур, КЭ (40 г/л) 0,75-1,0 л/га – однолетние злаковые сорные растения; 1,0-1,5 л/га – многолетние злаковые сорные растения	Опрыскивание посадок в фазе 2-4 листьев у однолетних злаковых сорных растений и при высоте пырея ползучего 10-15 см независимо от фазы развития культуры
Флуазифоп-П-бутил	Фюзилад Супер, КЭ (125 г/л) 1,0-1,5 л/га – однолетние злаковые сорные растения; 2,0-2,5 л/га – многолетние злаковые сорные растения (пырей)	Опрыскивание посадок в фазу 2 – 4 листьев сорных злаков (независимо от фазы развития культуры). Опрыскивание посадок при высоте пырея ползучего 10-15 см (независимо от фазы развития культуры)
Хизалофоп-П-этил	Тарга Супер, КЭ (51,6 г/л) 2,0-3,0 л/га	Опрыскивание посадок в фазе 2-4 листьев у однолетних злаковых сорных растений и при высоте пырея ползучего 10-15 см независимо от фазы развития культуры



Продолжение таблицы 3

Циклоксидим	Стратос Ультра, КЭ (100 г/л) 1,0-2,0 л/га	Опрыскивание посадок по вегетирующим сорным растениям, начиная с фазы 2 листьев до конца кушения и при высоте пырея ползучего 10-15 см (независимо от фазы развития культуры) в смеси с 1-2 л/га ПАВ ДАШ, КЭ (596 г/л смеси фосфат эфира с метил олеатом)
Против многолетних злаковых (пырея ползучего), однолетних злаковых и некоторых двудольных сорных растений		
Римсульфурон	Кассиус, ВРП (250 г/кг) 0,05 кг/га	Опрыскивание посадок после окучивания в ранние фазы развития (1-4 листа) однолетних сорных растений и при высоте пырея 10-15 см в смеси с 200 мл/га Сателлит, Ж (ПАВ)
Против однолетних и многолетних сорных растений, в т.ч. пырея ползучего		
Глифосат	Раундап Макс, ВР (450 г/л)	Опрыскивание вегетирующих сорняков за 2-5 дней до появления всходов культуры

Совершенствование современного ассортимента защиты картофеля от сорных растений возможно за счет появления гербицидов на основе новых действующих веществ, создания комбинированных препаратов на основе известных и проверенных действующих веществ, а также использования хорошо зарекомендовавших себя в производстве действующих веществ в новых препаративных формах. При этом, несмотря на высокую эффективность, важно обращать внимание на селективность гербицида для культуры (Kraehmer et al., 2014; Siblani, Haidar, 2017; Correia, Carvalho, 2019; Deshi et al., 2019). А также учитывать увеличение количества резистентных к гербицидам видов сорных растений (Ofosu et al., 2023; Hulme, 2023).

### 1.5.3 Необходимость совершенствования ассортимента

#### *Фитотоксичность гербицидов*

С начала изучения первых химических гербицидов для защиты картофеля было отмечено их негативное воздействие на защищаемую культуру. Так, использование 2,4-Д кислоты приводило к увяданию и деформированию листьев и стеблей растений картофеля. В конечном счете это приводило к снижению качества урожая (товарности клубней) (Иванов, 1957; Бешанов, 1958; Протасов, 1965).

Внесение препаратов на основе 2М-4Х вызывало замедление роста, деформацию верхушек ботвы и увеличение содержания азотистых веществ (Артюшин, Пекеньо, 1961). В опытах Везика (1976) установлено, что использование данного действующего вещества приводило к снижению веса и крахмалистости клубней.

Применение цианамида кальция в исследованиях Кузнецова (1960), Артюшина и Пекеньо (1961) приводило к отмиранию ботвы картофеля.

Во многих опытах выявлено, что использование симазина вызывает пожелтение листьев у кустов картофеля (нарушается процесс фотосинтеза), увядание молодых побегов, а также гибель отдельных растений. При этом снижается количество и качество урожая (Гаус, 1961; Пекеньо, Богдановский, 1962; Пекеньо и др., 1962). В опытах Лунева и Кретова (1991) отмечено отрицательное последствие симазина на растения картофеля из-за его высокой стойкости и продолжительного сохранения в почве (сходные результаты получены и в опытах по изучению производных симм-триазинов – атразина и прометрина).

В многочисленных исследованиях показано, что внесение атразина может приводить к пожелтению и засыханию листьев картофеля (могут засыхать и целые растения) (Пекеньо, Богдановский, 1962; Пекеньо и др., 1962; Алиев, 1971).

Применение высоких норм (свыше 2 кг/га) прометрина приводило к пожелтению ботвы и снижению урожая картофеля (Протасов, 1965). Угулаевой (1978) установлено, что использование прометрина может изменять

изоферментный состав картофеля, что приводит к снижению иммунных реакций данной культуры.

Протасовым (1968) выявлено, что 3,4-дихлорпропионанилид вызывает пожелтение листьев, снижение содержание хлорофилла, а также крахмалистости клубней.

Известно, что применение метрибузина может вызвать повреждения у красного и раннеспелого белого сортов картофеля (Аспидова, 1983; Долженко и др., 2004). Реакция культуры на данное действующее вещество зависит от особенности сорта, срока обработки, количества осадков, температуры воздуха после применения, содержания органического вещества в почве. Симптомы более выражены в почвах с рН выше 7,2 (щелочной). Особенно часто признаки фитотоксичности возникают, когда его применяют после появления всходов (Трапезников и др., 1981; Филлипов и др., 1987; Ivany, 1979; Банадысев, 2020). Начальным симптомом является пожелтение (хлороз) краев и кончиков листьев (особенно старых). Пожелтение сначала возникает между жилками, а затем движется внутрь к середине жилки. Это приводит к тому, что листья приобретают коричневый цвет и отмирают. Растение обычно не погибает, но может снижаться качество и количество урожая (Филлипов, Желясков, 1987; Долженко и др., 2004; Injury by Application ..., 2021; Hutchinson, 2012; Fonseca, Duarte, 2018; Weed Control ..., 2020).

Применение римсульфуона может приводить к отставанию роста картофеля, изменению окраски (пожелтение, появление пурпурового цвета) стеблей и листьев растений картофеля (Ackley et al., 1996). В стрессовых условиях окружающей среды (прохладная, жаркая и влажная погода), а также при более позднем внесении обработка римсульфуоном может вызывать значительные повреждения растений картофеля (Банадысев, 2020). В конечном итоге это может приводить к гибели точек роста (Injury by Application ..., 2021).

Отмечается, что использование флуфенацета и просульфокарба может вызывать деформацию и сморщивание листьев картофеля, так как они подавляют ферменты, ответственные за синтез липидов (Symptoms induced ..., 2018).

Отрицательное влияние гербицидов на растения картофеля – не единственная проблема, которая может возникнуть при массовом использовании средств химической защиты от сорных растений в условиях производства. При длительном применении одних и тех же препаратов (действующих веществ) существует вероятность возникновения устойчивости у сорных растений.

#### *Резистентность сорных растений к гербицидам*

С момента первых зарегистрированных случаев проявления устойчивости сорных растений к гербицидам в конце 1950-х годов к настоящему времени выявлено более 500 случаев устойчивости на непахотных землях и практически 100 – на различных сельскохозяйственных культурах в 70 странах. В мировой научной литературе выделяют два основных механизма устойчивости сорных растений к гербицидам: 1. снижение чувствительности места действия (фермента) гербицида; 2. снижение концентрации гербицида в растении за счет протекания разнообразных физиологических процессов (Beckie, 2020). Первый механизм преимущественно связан с изменением аминокислотной последовательности (генные мутации) или уровня экспрессии целевого фермента, что приводит к снижению воздействия гербицида на данный фермент (Gaines et al., 2020). Ко второму механизму относится уменьшение транслокации (Yu et al., 2009; Powles, Yu, 2010; Ou et al., 2018), детоксикация (Owen et al., 2012; Yu, Powles, 2014; Rey-Caballero et al., 2017) или снижение проникновения гербицидов через поверхность листьев (Michitte et al., 2007; Vila-Aiub et al., 2012).

Отмечено, что такие виды сорных растений как *Echinochloa crusgalli*, *Poa annua*, *Alopecurus myosuroides*, *Amaranthus spp.* обладают высоким потенциалом к развитию устойчивости (Vrbničanin et al., 2017; Heap, 2021).

Устойчивость сорных растений к триазинам считается наиболее широко распространенным типом устойчивости в мире (Moss, Rubin, 1993). Устойчивые к триазимам биотипы наиболее часто выявляются у следующих видов сорных растений: *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum*, *Poa annua* (Moss, Rubin, 1993; Konstantinovic, Meseldžija, 2001).

Отмечены устойчивые к метрибузину биотипы щирицы назадзапрокинутой (Hutchinson, 2012). Недостаточно эффективен метрибузин в борьбе с фаллопией вьюнковой, которая часто встречается в посадках картофеля (Correia, Carvalho, 2019).

Широкое распространение технологий возделывания устойчивых к глифосату сельскохозяйственных культур, привело к быстрому ускорению эволюции устойчивых к глифосату сорных растений. Устойчивость к глифосату была подтверждена у 53 видов сорных растений (26 двудольных и 27 злаковых) на всех континентах (Near, 2021).

Устойчивые к гербицидам сорные растения представляют собой проблему глобального масштаба. Множественная устойчивость сорных растений в сочетании с уменьшением открытия новых действующих веществ гербицидов представляет огромную угрозу для эффективной борьбы с сорными растениями на сельскохозяйственных культурах. Открытие новых механизмов действия гербицидов будет играть важную роль в борьбе с сорными растениями в будущем, однако производители должны перейти к интегрированной борьбе, включающей все доступные методы борьбы с сорными растениями (Near, 2013).

Кроме устойчивости сорных растений к гербицидам, снижению эффективности препаратов может способствовать появление в регионах новых (не встречавшихся в них ранее) видов сорных растений.

#### *Инвазионные сорные растения.*

Инвазионное сорное растение может быть определено как растение, которое «является либо местным, либо нетипичным для данной территории и может оказывать негативное воздействие на естественные экосистемы и агроэкосистемы, а также проявляет тенденцию к быстрой колонизации и распространению в новых нишах» (Clements, 2017).

Согласно Raghubanshi с соавторами (2005), инвазионные виды обладают уникальными характеристиками по сравнению с местными видами. Они не нуждаются в особых экологических требованиях для прорастания семян, быстро растут и производят семена в течение более длительного периода времени, пока

позволяют условия окружающей среды. По данным Clements, Jones (2021b), у инвазионных видов сорных растений также отмечаются широкие диапазоны времени цветения, сдвиги в жизненном цикле, резкие изменения в корневой системе. Они устойчивы к климатическим и эдафическим изменениям и способны конкурировать и вытеснять другие виды из своей среды обитания (Raghubanshi et al., 2005; Lazzaro et al., 2020).

Существует мнение, что инвазия сорных растений будет увеличиваться и уже увеличивается в связи с изменением климата (Waryszak et al., 2018; Ziska et al., 2019). Исследования показали способность некоторых видов адаптироваться к быстро меняющимся температурным условиям и уровням влажности, которые возникают в результате изменения климата (Lustenhouwer et al., 2018; Williams et al., 2019).

Вследствие изменения климатических условий региона в сочетании с антропогенным фактором распространения видов сорных растений возможно попадание новых видов и их внедрение в различные растительные сообщества, что требует особого внимания, и в первую очередь, проведения мониторинга их появления на данной территории (Мысник, 2014б; Shuvar et al., 2021).

По данным ряда ученых отмечено усиление миграции с юга на север видов тропического и субтропического происхождения (щетинник сизый, щетинник зеленый, ежовник обыкновенный, щирица назадзапрокинутая, паслен черный) (Шлякова, 1979; Никитин, 1979; Воеводин, 1981; Ульянова, Лунева, 1995; Глущенко, 2002; Доронина и др., 2009; Мысник, 2014а; Лунева, Мысник, 2016). К этому же классу можно отнести мелколепестник канадский и просо сорное, селящиеся в настоящее время на территории Ленинградской области, главным образом на рудеральных местообитаниях, и довольно редко встречающиеся на полях (Лунева, 2017).

В Ленинградской области встречаются инвазионные для Средней России виды: щирица назадзапрокинутая, борщевик Сосновского, амброзия полынолистная, череда облиственная, мелколепестник канадский, циклахена дурнишниковидная и галинзога мелкоцветковая (Чёрная книга флоры ..., 2022). В

таблице 4 представлен подробный список заносных видов сорных растений в Ленинградской области за период наблюдений 2009-2011 гг. Как видно из таблицы, подавляющее количество зарегистрированных заносных видов сорных растений характеризуется низкой встречаемостью на территории Ленинградской области. При этом, среди перечисленных видов только борщевик Сосновского стремительно завоевывает территорию (Афонин и др., 2017). Однако и другие виды могут присоединиться к этому процессу в случае потепления климата.

Таблица 4 – Заносные виды сорных растений на территории Ленинградской области (Мыслик, 2014б)

Вид	Статус*
Щирица назадзапрокинутая - <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	З
Резак обыкновенный - <i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	ОР, З
Борщевик Сосновского - <i>Herachleum sosnowskyi</i> Manden.	ДЧ, З
Ласточник острый - <i>Cynanchum acutum</i> L.	З
Амброзия полынолистная - <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	ОР, З
Черёда облиственнная - <i>Bidens frondosa</i> L.	З
Сафлор сизый - <i>Carthamnus glaucus</i> Vieb.	З
Колестефус миконский - <i>Coleostephus myconis</i> (L.) Reichenb.	ОР, З
Мелколепестник канадский - <i>Erigeron canadensis</i> L.	ОЧ, З
Циклахена дурнишниковлистная – <i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nutt.) Fresen.	ДР, З
Галинзога мелкоцветковая - <i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	ДР, З
Латук дикий - <i>Lactuca serriola</i> L.	ОР, З
Латук татарский - <i>Lactuca tatarica</i> (L.) С.А. Mey.	Р, З
Дурнишник колючий - <i>Xanthium spinosum</i> L.	З
Дурнишник обыкновенный - <i>Xanthium strumarium</i> L.	ОР, З
Липучка отклоненная - <i>Lappula patula</i> (Lehm.) Menyharth	Р, З
Горчица сарептская - <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.	Р, З

Продолжение таблицы 4

Лебеда раскидистая - <i>Atriplex patula</i> L.	ДЧ, З
Лебеда простертая - <i>Atriplex prostrata</i> Bouscher ex DC.	ДЧ, З
Лебеда стреловидная - <i>Atriplex sagittata</i> Borkh.	ДЧ, З
Марь прямая - <i>Chenopodium strictum</i> Roth.	Р, З
Блитум городской - <i>Blitum urbicum</i> (L.) Т.А. Theodorova, comb. nov., с. 570	Р, З
Чина клубневая - <i>Lathyrus tuberosus</i> L.	Р, З
Герань сибирская - <i>Geranium sibiricum</i> L.	Р, З
Канатник Теофраста - <i>Abutilon theophrastii</i> Medik.	З
Мальва незамеченная - <i>Malva neglecta</i> Wallr.	Р, З

Мальва мавританская - <i>Malva mauritiana</i> L.	З
Ослинник двулетний - <i>Oenothera biennis</i> L.	Р, З
Ежовник рисовидный - <i>Echinochloa oryzoides</i> (Ard.) Fritsch	З
Ячмень гривастый - <i>Hordeum jubatum</i> L.	ОР, З
Просо сорное - <i>Panicum miliaceum subsp. ruderales</i> (Kitagawa) Tzvelev	ДР, З
Щетинник большой - <i>Setaria viridis ssp. pycnocomia</i> (Steud.) Tzvelev	ОР, З
Гречиха татарская - <i>Fagopyrum tataricum</i> (L.) Gaertn.	ОР, З
Лапчатка лежачая - <i>Potentilla supina</i> L.	ОР, З

\*Статус вида: Р – встречается редко, ОР – очень редко, ДР – довольно редко, ДЧ – довольно часто, З – заносное

Таким образом, редкие, заносные и инвазионные виды сорных растений способны довольно быстро адаптироваться к неблагоприятным условиям и внедряться в различных растительных сообществах. Это, с одной стороны, несёт угрозу для сельскохозяйственных культур в борьбе за жизненные ресурсы, а с другой – понижает эффективность защитных мероприятий, так как данные виды могут быть невосприимчивыми для используемых на данной культуре химических препаратов. Все это обуславливает необходимость постоянного совершенствования ассортимента гербицидов.



## **ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1 Полевые мелкоделяночные опыты**

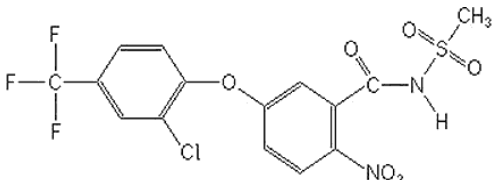
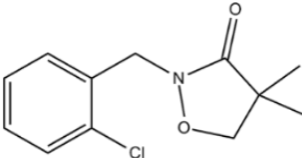
#### **2.1.1 Опыты по изучению биологической эффективности гербицидов**

Опыты по изучению биологической эффективности применения гербицидов Нексус, ВР (240 г/л фомесафена) и Трейсер, КЭ (480 г/л кломазона) проводили в Ленинградской области Российской Федерации на опытном поле ФГБНУ ВИЗР в течение вегетационных периодов 2020 и 2021 гг. Фомесафен – действующее вещество, никогда ранее не использовавшееся в Российской Федерации для защиты картофеля от сорных растений. Кломазон – известное действующее вещество, широко применяющееся для защиты обширного спектра культур, но до настоящего времени не рекомендованное для использования на посадках картофеля в Российской Федерации. Характеристики изучаемых действующих веществ представлены в таблице 5.

Опыты по исследованию эффективности баковой смеси гербицидов Нексус, ВР + Трейсер, КЭ были проведены в 2022 и 2023 годах на опытном поле ФГБНУ ВИЗР.

Опыты выполняли в соответствии с требованиями «Методических указаний по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве» (2013) и «Методических рекомендаций по проведению регистрационных испытаний гербицидов» (Голубев, Маханькова, 2020).

Таблица 5 – Характеристика изучаемых действующих веществ

Фомесафен	
Химическая формула	$C_{15}H_{10}ClF_3N_2O_6S$
Структурная формула	
Химический класс	Дифениловые эфиры
Способ проникновения	Гербицид системного действия
Механизм действия	Ингибирует фермент протопорфириноген-оксидазу, что вызывает разрушение клеточных мембран, нарушение биосинтеза хлорофилла и в конечном счете приводит к быстрой дегенерации растительных тканей
Токсичность для млекопитающих	ЛД50 для крыс = 1250 мг/кг
Ссылка на интернет-источники	National Center..., <a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Fomesafen">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Fomesafen</a> ; Пестициды ru., <a href="https://www.pesticide.ru/active_substance/Фомесафен">https://www.pesticide.ru/active_substance/Фомесафен</a>
Кломазон	
Химическая формула	$C_{12}H_{14}ClNO_2$
Структурная формула	
Химический класс	Оксазолидиноны
Способ проникновения	Гербицид системного действия
Механизм действия	Останавливает процесс фотосинтеза (синтез хлорофилла и каротина), ингибируя синтез изопентил пирофосфата и геранилгернил пирофосфата. Это приводит к увяданию и гибели сорных растений
Токсичность для млекопитающих	ЛД50 для крыс = 1369 мг/кг
Ссылка на интернет-источники	National Center..., <a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Clomazone">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Clomazone</a> ; Пестициды ru., <a href="https://www.pesticide.ru/active_substance/clomazone">https://www.pesticide.ru/active_substance/clomazone</a>

Опытный участок был характерным для почвенно-климатической зоны возделывания культуры. Почва – дерново-подзолистая, суглинистая, с содержанием гумуса в пахотном слое 3-4 %, рН=6,5. Во все годы проведения исследований подготовка почвы под посадку картофеля была единообразной и включала в себя дискование, вспашку, культивацию и нарезку борозд. Предшественником в 2020-2022 годах исследований являлся картофель, а в 2023 году – пшеница яровая. Перед высадкой клубней картофеля в почву вносили азофоску в норме применения 200 кг/га.

Норма высадки клубней картофеля составляла 30 ц/га, ширина междурядий – 70 см. Посадка картофеля была проведена в оптимальные сроки клубнями высокой всхожести районированных сортов. В период вегетационных сезонов 2020-2022 гг. было проведено 2 окучивания, а в июле 2020 года была проведена фоновая обработка посадок картофеля фунгицидом Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га) против фитофтороза. Применение других пестицидов на опытном участке не проводилось. Нецелевые сорные растения удаляли вручную по мере появления всходов.

Эффективность гербицида Нексус, ВР в оба года исследований изучали на посадках картофеля сорта Лига в нормах применения 1,0 и 1,25 л/га. Препарат вносили до всходов культуры и сорных растений. В качестве эталона использовали препарат Агритокс, ВК (500 г/л МЦПА), который вносили до всходов картофеля по вегетирующим сорным растениям в норме применения 1,2 л/га. Схема опыта показана в таблице 6. В 2020 году изучаемый препарат вносили 10 июня, в 2021 году – 18 июня.

Таблица 6 – Схема опыта по изучению биологической эффективности гербицида  
Нексус, ВР

Варианты опыта	Время обработки	Нормы применения	Кратность
1. Нексус, ВР	опрыскивание почвы до всходов культуры	1,0 л/га	1
2. Нексус, ВР		1,25 л/га	1
3. Агритокс, ВК (эталон)	до всходов культуры (по вегетирующим сорнякам)	1,2 л/га	1
4. Контроль	-	-	-

Эффективность гербицида Трейсер, КЭ изучали на посадках картофеля сортов Удача (2020 год) и Аврора (2021 год) в нормах применения 0,25 и 0,5 л/га. Эталоном являлся препарат Боксер, КЭ (800 г/л просульфокарба) в нормах применения 3,0 и 5,0 л/га. Оба гербицида вносили до всходов культурных и сорных растений. Схема опыта представлена в таблице 7. В 2020 году изучаемый препарат вносили 15 июня, в 2021 году – 21 июня.

Таблица 7 – Схема опыта по изучению биологической эффективности гербицида  
Трейсер, КЭ

Варианты опыта	Нормы применения	Кратность
1. Трейсер, КЭ	0,25 л/га	1
2. Трейсер, КЭ	0,5 л/га	1
3. Боксер, КЭ (эталон)	3,0 л/га	1
4. Боксер, КЭ (эталон)	5,0 л/га	1
5. Контроль	-	-

Опыты по оценке биологической эффективности баковой смеси гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ были проведены на посадках картофеля сорта Лига в 2022 и 2023 годах по схеме, представленной в таблице 8. Обработка посадок картофеля гербицидами в оба года была проведена 6 июня.

Таблица 8 – Схема опыта по изучению биологической эффективности баковой смеси гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ

Варианты опыта	Нормы применения	Кратность
1. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ	1,0 л/га + 0,25 л/га	1
2. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ	1,0 л/га + 0,5 л/га	1
3. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ	1,25 л/га + 0,25 л/га	1
4. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ	1,25 л/га + 0,5 л/га	1
5. Трейсер, КЭ (эталон)	0,25 л/га	1
6. Трейсер, КЭ (эталон)	0,5 л/га	1
7. Нексус, ВР (эталон)	1,0 л/га	1
8. Нексус, ВР (эталон)	1,25 л/га	1
9. Контроль	-	-

Опыты проводились в 4-х кратной повторности. Расположение делянок было рендомизированным. Размер делянок составлял 12,5 м<sup>2</sup>.

Рабочие жидкости готовились непосредственно перед опрыскиванием на специальных площадках. На этом же месте проводилась и заправка опрыскивателей рабочей жидкостью. Расстояние между этими площадками и населенными пунктами составляло не менее 300 метров. Раствор готовили в пластмассовом ведре, который тщательно перемешивали и заливали в опрыскиватель через воронку с ситом с целью исключения загрязнения раствора, что могло бы привести к неравномерному распылу форсунок.

Обработку начинали с вариантов с низкой нормой применения гербицидов, а затем переходили к вариантам с более высокой нормой применения препаратов. Внесение гербицидов осуществлялось по повторностям. При смене гербицидов опрыскиватель ополаскивали водой и пропускали через распылители.

Распределение гербицида проводилось равномерно по всей площади опытной делянки при помощи ранцевого опрыскивателя «Резистент 3610». Норма расхода рабочей жидкости составляла 200-300 л/га.

Согласно представленным в таблице 9 данным, погода в 2020 и 2021 годах в целом характеризовалась более жаркими и засушливыми условиями по сравнению со среднемноголетними данными. Так, температура воздуха в вегетационный

период 2020 года была на 7 % выше среднемноголетнего значения, а влажность воздуха – на 8 % ниже. Данные 2021 года отличались еще сильнее: температура воздуха превышала среднемноголетнее значение на 21 %, влажность была ниже на 16 %, количество осадков было ниже на 23 %. Вегетационный период 2022 года, напротив, характеризовался достаточным увлажнением: температура воздуха была также незначительно выше по сравнению со среднемноголетней, однако отмечалось достаточно сильное превышение количества осадков (более 40 % по сравнению со среднемноголетними показателями). Погодные условия 2023 года в целом не отличались от среднемноголетних значений. Все это оказало непосредственное влияние на полученные в опытах результаты.

Таблица 9 – Метеорологические данные в годы проведения исследований  
(по данным метеостанции «Белогорка», Ленинградская область)

	Месяцы и декады											
	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Температура воздуха, °С												
Средняя многолетняя	8,5	11,1	12,3	14,3	15,7	16,6	17,3	17,8	17,9	17,2	16,0	14,4
2020 г.	9,1	6,5	11,8	16,1	19,8	20,1	17,1	17,4	16,6	18,2	16,0	16,1
2021 г.	5,7	17,6	11,4	18,0	19,8	24,2	23,4	24,2	19,6	17,3	18,0	13,9
2022 г.	8,1	9,5	11,4	15,9	15,6	21,0	20,8	16,7	19,5	18,2	21,8	18,7
2023 г.	7,0	14,5	14,2	11,6	18,5	19,9	16,7	18,0	17,5	21,5	19,3	16,6
Осадки, мм												
Средние многолетние	10,3	12,2	14,7	13,8	17,0	24,5	22,1	21,2	22,7	24,2	20,4	24,8
2020 г.	7,0	27,6	8,8	13,6	8,5	10,0	17,6	5,3	43,9	15,5	0,3	78,7
2021 г.	45,0	40,9	38,1	0	5,8	19,6	7,9	10,1	25,9	87,4	51,6	27,2
2022 г.	1,8	8,1	6,9	26,9	25,9	0	18,0	42,4	66,0	114,8	0	81,0
2023 г.	6,1	3,1	7,6	8,6	0	58,2	23,9	9,9	32,5	19,1	5,3	28,4
Влажность воздуха, %												
Средняя многолетняя	67	73	71	66	68	71	72	74	76	77	79	82
2020 г.	58	68	52	68	62	56	70	67	75	73	67	77
2021 г.	73	60	69	51	55	61	52	54	59	74	71	80
2022 г.	64	73	68	71	78	65	72	82	79	82	73	83
2023 г.	61	61	66	68	55	73	79	74	79	76	80	83

Погодные условия в дни проведения каждой обработки в 2020-2023 годах продемонстрированы в таблице 10. Скорость ветра при проведении всех обработок не превышала 3 м/с.

Таблица 10 – Погодные условия в дни проведения обработок (2020-2023 гг.)

Показатели	10.06.20	15.06.20	22.06.20	18.06.21	21.06.21	28.06.21	06.06.22	06.06.23
Температура воздуха, °С	19	23	32	27	32	22	17	18
Влажность воздуха, %	85	43	37	43	51	74	41	40
Осадки, мм (день выпадения после обработки)	0,8 (1)	0,3 (1)	0,6 (2)	0,25 (5)	0,25 (2)	до 1,0 (1)	0,3 (2)	4,5 (12 часов)

Опыты закладывались на характерном для зоны возделывания культуры фоном засоренности. В 2021 году в связи с экстремально засушливыми погодными условиями в период вегетации, опытный участок был засорен в слабой степени.

При проведении исследований эффективности гербицидов для учета сорных растений использовался количественно-весовой метод, согласно которому на учетных площадках, выделенных на делянках, подсчитывалось количество сорных растений и определялась их сырая масса.

Учеты проводились на скользящих учетных площадках при помощи 4 рамок площадью 0,25 м<sup>2</sup>. Учет двудольных и злаковых сорных растений проводился по отдельным растениям.

Учеты проводились через 30 дней после обработки, через 45 дней после обработки и перед уборкой урожая культуры. При первых двух учетах подсчитывалось количество сорных растений и проводилось их взвешивание, при проведении последнего учета подсчитывалось только количество сорных растений.

Технология проведения количественного учета сводилась к визуальному подсчету количества сорных растений внутри рамки. Учитывались все экземпляры сорных растений, находившиеся от фазы всходов и до более поздних фаз развития. Погибшие, не способные к отрастанию сорные растения, не учитывались.

Количество сорных растений каждого вида внутри рамки записывалось в специальные листы учета.

Для изучения массы сорных растений производилось ручное извлечение их из земли. Измерение массы сорных растений проводилось как непосредственно в полевых условиях (на электронных весах), так и в условиях лаборатории, куда сорные растения доставлялись в полиэтиленовых пакетах, с обозначением номера варианта и повторности.

В период проведения учетов также проводилось наблюдение за состоянием культурных растений. Обязательно отмечались повреждения, вызванные как применением гербицидов, так возможным взаимодействием факторов стресса (повреждения из-за агротехнических мероприятий, полегание, распространение вредителей, продолжительные заморозки или жара и т.д.).

Для определения биологической эффективности гербицидов использовались данные учета количества и массы сорных растений в контрольном и опытном вариантах.

Исходные данные (учет до обработки гербицидами) характеризовали равномерность засоренности опытного участка. Сравнительные данные по засоренности на контрольном и опытном вариантах, которые были получены при одновременном учете после применения гербицидов, характеризовали эффективность препаратов. Таким образом, определение эффективности гербицидов проводилось на основе данных по снижению количества и массы сорных растений на опытных вариантах по сравнению с контролем и выражалось в процентах по формуле:

$$\mathcal{E} = (K - B) / K * 100, \text{ где}$$

$\mathcal{E}$  – биологическая эффективность гербицида, %;

$K$  – количество или масса сорных растений в контроле, экз./м<sup>2</sup> или г/м<sup>2</sup>;

$B$  – количество или масса сорных растений в варианте с гербицидом, экз./м<sup>2</sup> или г/м<sup>2</sup>.

Завершающим этапом учета эффективности использования гербицида была оценка величины полученного урожая после уничтожения сорных растений.



Уборку урожая картофеля осуществляли вручную, отдельно со всей площади каждой делянки опыта.

Хозяйственную эффективность применения гербицидов рассчитывали по отношению к контролю по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{B}{K} * 100,$$

где  $\mathcal{E}$  – хозяйственная эффективность гербицида, %; B – урожайность культуры в варианте с гербицидом, т/га; K – урожайность культуры в контроле, т/га.

Полученные в опытах данные обрабатывали однофакторным дисперсионным анализом с определением наименьшей существенной разницы при 5-%-ном уровне значимости.

### 2.1.2 Опыты по изучению безопасности гербицидов для сортов картофеля

В 2020 и 2021 годах в Ленинградской области на опытном поле ФГБНУ ВИЗР были заложены опыты для оценки возможности фитотоксического действия фомесафена (препарат Нексус, ВР) по отношению к разным по степени созревания сортам картофеля, возделываемых в Северо-Западном регионе. Схема опытов представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Схема опыта по оценке фитотоксического действия гербицидов на растения картофеля

Варианты опыта	Нормы применения
1. Нексус, ВР (д.в. фомесафен)	1,25 л/га (300 г/га д.в.)
2. Лазурит, СП - эталон (д.в. метрибузин)	1,4 кг/га (980 г/га д.в.)
3. Контроль	-

В 2020 (15 июня) и 2021 (22 июня) годах гербициды вносили до всходов картофеля. В 2021 году (28 июня) дополнительно были заложены варианты с внесением гербицидов по вегетирующим растениям картофеля (в фазе всходов).

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, с содержанием гумуса в пахотном слое 3-4 %, рН=6,3. Предшественником являлся картофель. Размер

каждой делянки составлял 4 м<sup>2</sup>. Уборку осуществляли вручную с 1 м<sup>2</sup> на каждой делянке опыта.

Для оценки были подобраны сорта картофеля с разным сроком созревания:

1. Сорт Удача (срок созревания от 65 дней). Раннеспелый, столового назначения. Растение средней высоты, полураскидистое. Листья с крупными долями, темно-зеленые. Венчик белый. Клубень светло-бежевый. Глазки мелкие. Мякоть белая. Товарная урожайность 300-500 ц/га. Товарность 96 %. Масса товарного клубня 120-250 г. Содержание крахмала 12-15 %. Вкус хороший. Умеренно восприимчив к фитофторозу по ботве и умеренно устойчив по клубням (ФГБУ «Госсорткомиссия», 2024а).

2. Сорт Невский (срок созревания от 75 дней). Среднеранний, столового назначения. Растение полупрямостоячее, средней высоты. Лист средний, светло-зеленый, волнистость края слабая. Венчик белый. Клубень светло-бежевый, мякоть белая. Глазки розовые, мелкие. Товарная урожайность 380-500 ц/га. Товарность 90-95 %. Масса товарного клубня 90-130 г. Содержание крахмала 10-12 %. Вкус удовлетворительный и хороший. Устойчив к возбудителю рака картофеля, ризоктониозу. Умеренно восприимчив к фитофторозу по ботве и клубням (ФГБУ «Госсорткомиссия», 2024б).

3. Сорт Аврора (срок созревания от 85 дней). Среднеспелый, столового назначения. Средний вес товарных клубней картофеля сорта Аврора составляет 120-130 г, хотя на кусте попадаются мелкие и крупные экземпляры (до 500 г). Корнеплод имеет овальную форму, покрыт плотной гладкой кожурой желтого цвета. Небольшие звездочки редких глазков окрашены в красноватый оттенок. Куст картофеля Аврора относят к листовому типу. Зелень имеет насыщенный темный цвет, характеризуется легкой волной по краю. Зацветает крупными цветами фиолетового цвета с красноватыми прожилками (ФГБУ «Госсорткомиссия», 2024в).

В соответствии с методикой ЕОЗР (РР 1/135 (4). Phytotoxicity assessment, 2014), нами были проведены следующие учеты:

1) Оценена возможность задержки появления всходов в вариантах с внесением гербицидов.

- 2) Подсчитано количество растений на делянке после завершения появления всходов.
- 3) Визуально оценена селективность действия препаратов отдельно по каждому типу повреждений на 2, 7, 14 и 28 день после появления всходов.
- 4) Отмечены фазы развития растений культуры на 2, 7, 14 и 28 день после появления всходов.
- 5) Определена густота стояния культурных растений, а также количество стеблей и листьев на 2, 7, 14 и 28 день после появления всходов.
- 6) Проведен учет урожая культуры в каждом варианте.

## 2.2 Лабораторные опыты

Для лабораторных исследований использовали штамм S-47 гриба *Stagonospora cirsii* J.J. Davis, хранящийся в коллекции чистых культур лаборатории фитотоксикологии и биотехнологии ВИЗР.

### *Получение конидиального инокулюма*

Спороношение гриба получали на зерновом субстрате (перловой крупе). К 15 г крупы в 100-мл колбах Эрленмейера добавляли 12 мл воды и стерилизовали автоклавированием 20 мин при 121°C, после чего разбивали комки субстрата встряхиванием. Субстрат инокулировали блоком мицелия (5 мм в диаметре), вырезанным из края 7-10-дневной колонии гриба *S. cirsii* S-47. Культивирование гриба проводили при переменном освещении (12 ч в день) лампами УФ ближнего спектра (2 лампы ЛЭ-30 на высоте 50 см, освещенность 850 люкс, энергетическая освещенность 4750 мВт/м<sup>2</sup>, диапазон длин волн 300–400 нм) и температуре 24°C в течение 14 суток. Колбы периодически встряхивали (1 раз в 2 дня) для предотвращения комкования субстрата. На колонизированном субстрате образовывались пикнидиальные конидиомы гриба с преимущественно одноклеточными конидиями. Полученный биоматериал хранили в стерильных условиях в морозильной камере при -20°C.

Для получения конидиальной суспензии гриба *S. cirsi* S-47 к навеске биоматериала (около 1 г) в 50-мл центрифужной пробирке добавляли 20 мл стерильного 0,01 %-ного раствора Твин-80 (Вектон, Россия) и перемешивали на возвратной качалке в течение 10 мин при 150 качаний/мин. Концентрацию конидий в суспензии подсчитывали при помощи камеры Горяева; путем последовательных разведений 0.01 %-ным раствором Твин-80 ее доводили до уровня 10 млн конидий/мл.

#### *Мицелиальный инокулюм*

Гриб культивировали на жидкой среде (250 мл) в 750 мл «качалочных» колбах в термостатируемой орбитальной качалке Innova 42 (Eppendorf, Edison, NJ, USA), при 180 оборотах/мин и температуре 24°C в течение 6 суток. Состав сахарозо-соевой среды (ССГ15) (г/л):  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 1г, KCl – 0,5г,  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,5 г, сахара – 60 г, экстракт дрожжей – 1 г, соевая мука – 15 г, глицерин – 150 г/л (15 %), вода – 1 л. Инокуляцию жидких питательных сред осуществляли 500 мкл конидиальной суспензии гриба из расчета 100 тыс. жизнеспособных конидий/мл среды.

Жидкие культуры гриба переносили в предварительно взвешенные 250-мл центрифужные стаканы и центрифугировали при 4700 об/мин (центрифуга SL40, Thermo, США) в течение 5 мин. Культуральную жидкость декантировали, сырую биомассу взвешивали. Для получения мицелиальной суспензии навеску сырого мицелия (1 г) измельчали в 20 мл стерильного 0,01 %-ного раствора Твин-80 при помощи диспергатора T25 Digital (ИКА, Германия) в течение 30 секунд при скорости 20000 об/мин. Концентрацию измельченного мицелия доводили до 12.5-25 мг/мл разведением 0.01 %-ным раствором Твин-80.

Из современного ассортимента химических гербицидов для обработки посадок картофеля нами были отобраны 10 однокомпонентных препаратов (1 из которых используется на посадках картофеля как десикант) с различными действующими веществами: Зенкор Ультра, КС (600 г/л метрибузина), Гезагард, КС (500 г/л прометрина), Титус, СТС (250 г/кг римсульфурана), Рейсер, КЭ (250 г/л флуорохлоридона), Агритокс, ВК (500 г/л МЦПА-кислоты), Боксер, КЭ (800 г/л

просульфокарба), Буцефал, КЭ (480 г/л карфентразон-этила), Форвард, МКЭ (60 г/л хизалофоп-П-этила), Трейсер, КЭ (480 г/л кломазона) и Нексус, ВР (240 г/л фомесафена).

Изучение совместимости гриба и гербицидов было начато с концентраций, рассчитанных исходя из максимальных норм применения этих гербицидов.

Если в каком-либо варианте опыта наблюдали полное ингибирование роста гриба, такой гербицид «отбраковывали». Если рост гриба был подавлен по сравнению с контролем, то концентрацию гербицида снижали в 1,3-5 раз. Если наблюдалась стимуляция роста, то концентрацию гербицида увеличивали (в 1,2-2,5 раза). Предварительный опыт был проведен в рекомендованной концентрации синтетических препаратов. При чувствительности гриба к полной норме применения препарата, использовали пониженные концентрации – 80, 60, 40, 20, 10 % от его максимальной нормы применения. При нечувствительности гриба *S. cirsii* S-47 к рекомендованной концентрации гербицида, были исследованы его повышенные концентрации – 120, 140, 160, 180, 200, 250 % от рекомендуемой нормы.

*Оценка совместимости S. cirsii S-47 с гербицидами. Рост на агаризованной среде с гербицидами*

Для изучения влияния гербицидов на рост гриба *S. cirsii* S-47 картофельно-глюкозную агаризованную среду (КГА) разливали в 250 мл колбы по 100 мл, после стерилизации среду расплавляли и поддерживали температуру 50°C. Затем в каждую колбу добавляли соответствующее количество испытуемого гербицида, колбы интенсивно встряхивали, среду разливали в чашки Петри. С края 10 суточной колонии гриба на КСА при помощи пробочного сверла вырезали блоки диаметром 5 мм, которые по одному помещали на питательный агар в центр чашки Петри. Чашки инкубировали в термостате при 24°C в темноте. Диаметр колоний измеряли на 7 сутки.

*Всхожесть конидий на водном агаре с гербицидами*

Влияние гербицидов на прорастание конидий гриба *S. cirsii* S-47 оценивали путем их проращивания на водном агаре (ВА) с различными концентрациями

испытываемых препаратов. Для этого перемешанный с гербицидом ВА разливали в 4 чашки Петри (ЧП), на дно каждой из которых были выложены 2 стерильных предметных стекла. На поверхность ВА наносили 50 мкл конидиальной суспензии концентрацией около 1 млн конидий/мл и растирали по чашке стерильным шпателем. Через 15 часов инкубации при температуре 20°C предметные стекла просматривали под микроскопом, фотографировали конидии, подсчитывали долю проросших конидий, всего 100 конидий на повторность (Wyss, Müller-Schärer, 2001). Для определения средней длины ростковых трубок у проросших конидий в каждом поле зрения делали промеры ростковых трубок у не менее 30 конидий. Если проросших конидий было меньше, то измеряли ростковые трубки у всех проросших конидий в поле зрения.

Статистика. Для статистической обработки данных применяли программы Microsoft Excel 2010 и Statistics. Вычисляли значения средних (M) и стандартных ошибок средних ( $\pm$ SEM). Достоверность различий средних оценивали с помощью однофакторного и двухфакторного анализа (ANOVA), различия считали статистически значимыми при  $p \leq 0.05$ .

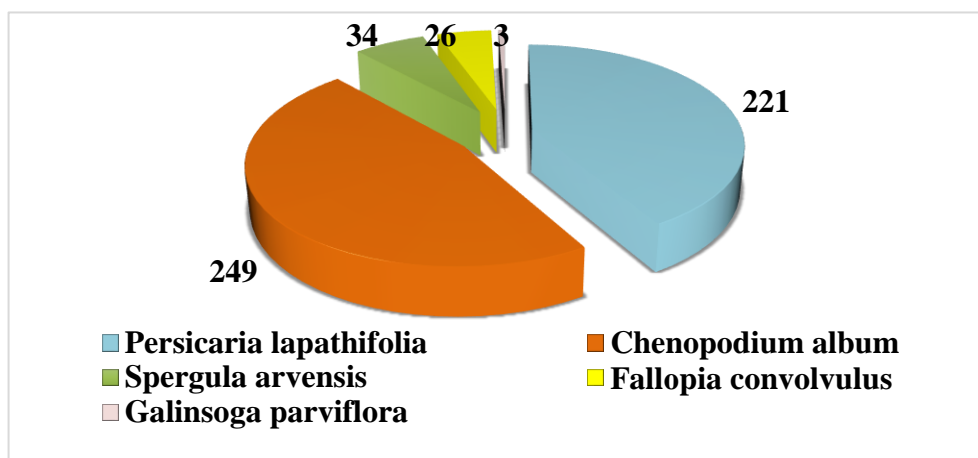
## **ГЛАВА 3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ ГЕРБИЦИДОВ И ИХ БАКОВОЙ СМЕСИ**

### **3.1 Эффективность гербицида Нексус, ВР (240 г/л фомесафена)**

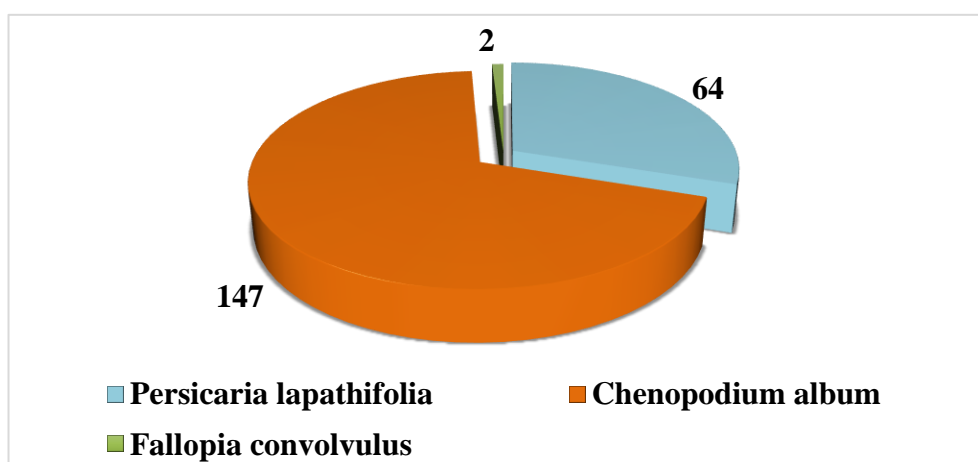
Оценку биологической эффективности гербицида Нексус, ВР на основе нового действующего вещества фомесафена проводили на посадках картофеля в течение двух вегетационных сезонов в 2020 и 2021 годах на опытном поле ФГБНУ ВИЗР в Ленинградской области.

В 2020 году при проведении учета через месяц после закладки опыта в контроле встречались следующие виды сорных растений: горец щавелелистный, марь белая, торица полевая, фаллопия вьюнковая, галинзога мелкоцветковая, звездчатка средняя, а также эпизодически встречались растения пастушьей сумки обыкновенной, спорыша птичьего и ярутки полевой. Два первых вида преобладали на опытном участке.

Во второй год исследования в связи с экстремально жаркими и засушливыми погодными условиями засоренность опытного участка была представлена ограниченным количеством видов. Из них преобладающими видами, как и в предыдущем году, являлись горец щавелелистный и марь белая. Также в небольших количествах встречались растения фаллопии вьюнковой (рисунок 3).



А



Б

Рисунок 3 – Засоренность посадок картофеля в контроле через месяц после закладки опыта, экз./м<sup>2</sup>: А – 2020 год; Б – 2021 год.

В таблице 12 представлено влияние гербицидов на общее количество и массу сорных растений в посадках картофеля в годы проведения исследований. Как видно из данных, представленных в таблице, засоренность контроля в первый год исследования через месяц после закладки опыта была высокой и достигала 533 экз./м<sup>2</sup>. В это время делянки, обработанные 1,0 и 1,25 л/га изучаемого гербицида, были чище контроля соответственно на 87,6 и 91,2 %, обработанные эталоном Агритокс, ВК – на 79,0 %. По прошествии еще двух недель засоренность контроля повысилась до 664 экз./м<sup>2</sup>, показатели эффективности гербицидов составили соответственно 93,5; 95,9 и 86,3 %. При учете перед уборкой урожая в контроле отмечалось снижение уровня засоренности до 372 экз./м<sup>2</sup>; в вариантах с внесением



изучаемого препарата снижение общего количества сорных растений сохранялось на высоком уровне и составляло 85,0 (1,0 л/га) и 91,1 % (1,25 л/га), в варианте с применением эталона – 83,9 %. В целом, снижение общего количества сорных растений в вариантах с применением гербицида Нексус, ВР составляло от 85,0 (1,0 л/га) до 95,9 % (1,25 л/га). Эталон уступал эффективности изучаемого гербицида в среднем на 6-10 %.

Во второй год исследования в связи с засухой засоренность контроля в течение учетного периода по сравнению с предыдущим годом была значительно ниже. Эти же условия отрицательно сказались и на эффективности использования препаратов. В момент учета через месяц после закладки опыта количество сорных растений на контрольных делянках достигало 213 экз./м<sup>2</sup>. При этом делянки, обработанные 1,0 л/га изучаемого гербицида, были чище контроля лишь на 29,1 %, в варианте с внесением 1,25 л/га препарата Нексус, ВР этот показатель был выше и достигал 55,4 %, в варианте с внесением эталона Агритокс, ВК – 46,9 %. Через 45 дней после обработки (ДПО) показатели эффективности гербицидов составили соответственно 32,2; 39,5 и 43,4 % при засоренности контроля до 258 экз./м<sup>2</sup>. При проведении учета перед уборкой урожая (ПУУ) засоренность контроля составила 143 экз./м<sup>2</sup>, в вариантах с внесением препарата Нексус. ВР снижение общего количества сорных растений составляло 65,0 (1,0 л/га) и 69,9 % (1,25 л/га), в варианте с использованием эталона – 59,4 %. В целом, эффективность по снижению общего количества сорных растений в условия засушливого года в варианте с применением 1,0 л /га гербицида Нексус, ВР уступала (в среднем на 8 %), а при внесении 1,25 л/га изучаемого препарата – превышала (в среднем на 5 %) эффективность эталона.

Масса сорных растений в 2020 году через месяц после закладки опыта в контроле составила 2274 г/м<sup>2</sup>. В варианте с внесением 1,0 л/га гербицида Нексус, ВР данный показатель был на 81,0 % ниже, в варианте с применением 1,25 л/га изучаемого препарата – на 82,9 %, в варианте с внесением эталона – на 80,1 %. По прошествии еще двух недель масса сорных растений в контроле увеличилась и достигла 3213 г/м<sup>2</sup>; эффективность изучаемого гербицида составила 70,2 (1,0 л/га)

и 82,3 % (1,25 л/га), эталона – 69,7 %. Данные результаты демонстрируют, что наибольшую эффективность по действию на массу сорных растений имело применение 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР. Эффективность 1,0 л/га изучаемого препарата и 1,2 л/га эталона Агритокс, ВК была в среднем на 7 % ниже.

В 2021 году масса сорных растений в контроле была существенно ниже по сравнению с предыдущим годом исследования. Так, через месяц после закладки опыта в контрольном варианте она не превышала 1019 г/м<sup>2</sup>. В варианте с внесением 1,0 л/га изучаемого препарата данный показатель был ниже на 45,4 %, в варианте с применением 1,25 л/га изучаемого гербицида – на 68,9 %, в варианте с внесением эталона – на 54,9 %. По прошествии еще двух недель масса сорных растений в контроле увеличивалась практически в два раза достигала 2208 г/м<sup>2</sup>. При этом эффективность гербицида Нексус, ВР составляла 47,3 (1,0 л/га) и 48,2 % (1,25 л/га), эталона Агритокс, ВК – 38,9 %. Данные результаты показывают, что в варианте с внесением 1,25 л/га препарата Нексус, ВР была получена наибольшая эффективность по действию на массу сорных растений. Эффективность 1,0 л/га изучаемого препарата и 1,2 л/га эталона была в среднем на 12 % ниже (Ткач, Голубев, 2021б).

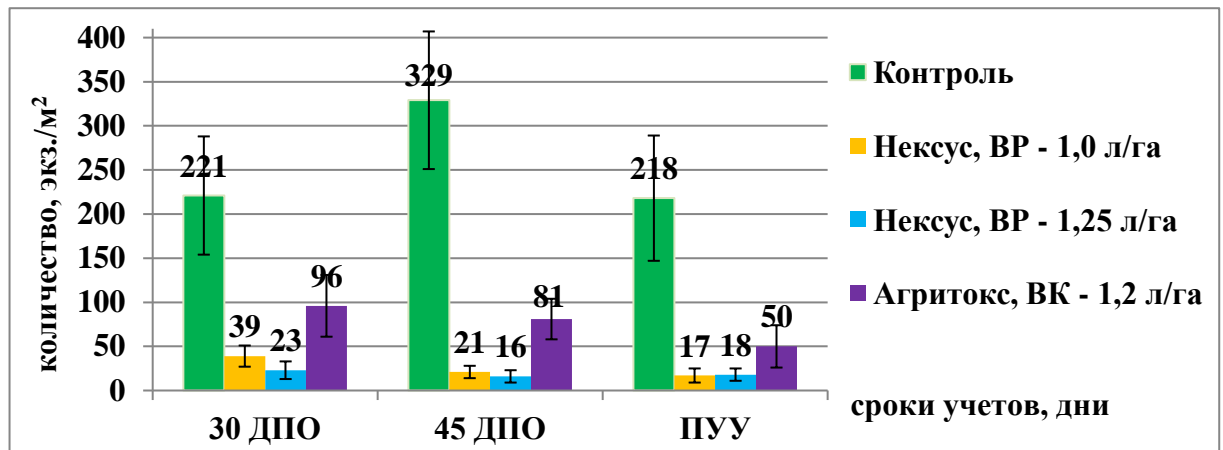
Таблица 12 – Общее количество и масса сорных растений в посадках картофеля после применения гербицида Нексус, ВР (2020-2021 гг.)

Варианты опыта	30 дней после обработки		45 дней после обработки		перед уборкой урожая
	количество, экз./м <sup>2</sup>	масса, г/м <sup>2</sup>	количество, экз./м <sup>2</sup>	масса, г/м <sup>2</sup>	количество, экз./м <sup>2</sup>
2020 год					
1. Нексус, ВР - 1,0 л/га	66±9	432±38	43±5	959±80	56±6
2. Нексус, ВР - 1,25 л/га	47±5	389±55	27±3	568±57	33±4
3. Агритокс, ВК - 1,2 л/га	112±21	453±22	91±18	972±46	60±11
4. Контроль	533±59	2274±148	664±81	3213±102	372±46
2021 год					
1. Нексус, ВР - 1,0 л/га	151±53	557±189	175±60	1164±185	50±13
2. Нексус, ВР - 1,25 л/га	95±35	317±125	156±56	1144±301	43±12
3. Агритокс, ВК - 1,2 л/га	113±41	460±183	146±48	1350±334	58±15
4. Контроль	213±51	1019±112	258±60	2208±260	143±25

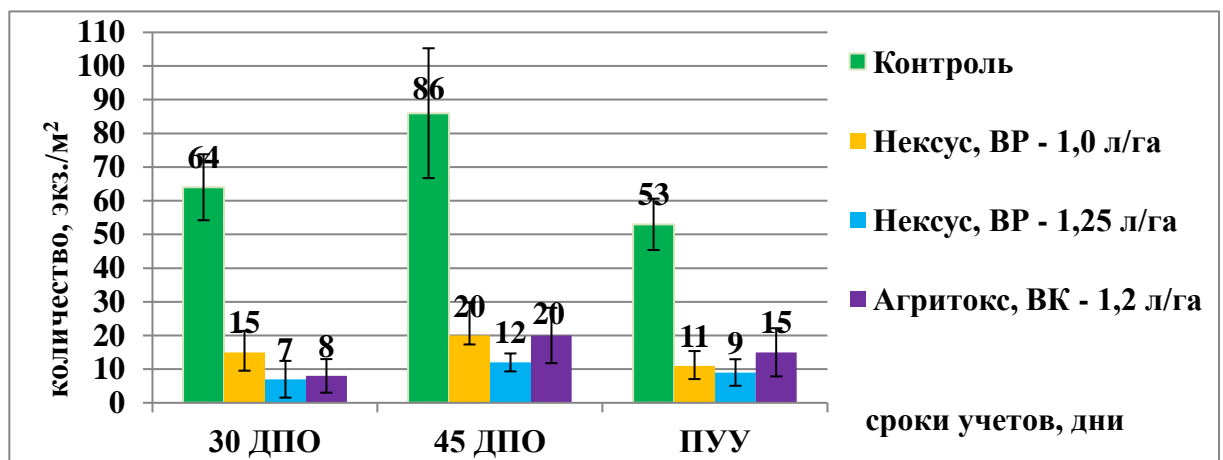
Таким образом, в течение обоих годов исследований наибольшая эффективность как по действию на общее количество, так и по действию на массу сорных растений была получена в варианте с внесением 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР. Действие 1,0 л/га изучаемого препарата и 1,2 л/га эталона Агритокс, ВК было ниже (без существенных различий между собой).

Одним из преобладающих видов сорных растений в оба года проведения опытов являлся горец щавелелистный. В 2020 году при учете через месяц после закладки опыта его количество на контрольных делянках достигало 221 экз./м<sup>2</sup>; в варианте с внесением 1,0 л/га гербицида Нексус, ВР снижение количества растений данного вида составило 82,9 %, в варианте с применением 1,25 л/га изучаемого препарата – 89,6 %, при использовании 1,2 л/га эталона Агритокс, ВК – 56,6 %. В момент учета через 45 дней после закладки опыта в контроле отмечалось увеличение количества растений горца щавелелистного до 329 экз./м<sup>2</sup>. При этом применение 1,0 и 1,25 л/га изучаемого гербицида приводило к существенному снижению их количества (более 90 %), тогда как эффективность эталона не превышала 76 %. Аналогичная ситуация наблюдалась и при проведении учета перед уборкой урожая культуры.

Условия 2021 года оказали значительное влияние на количество растений горца щавелелистного. Так, при учете через месяц после закладки опыта, их количество на контрольных делянках не превышало 64 экз./м<sup>2</sup>; в вариантах с внесением 1,0 и 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР делянки были чище соответственно на 76,6 и 89,1 %, в варианте с внесением эталона – на 87,5 %. При проведении дальнейших учетов эффективность изучаемого препарата сохранялась на том же уровне. В то же время эффективность эталона начала снижаться и при последнем учете она не превышала 72 % (рисунок 4). Таким образом, наибольшую чувствительность растения горца щавелелистного в оба года исследований проявили к применению 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР. Использование же 1,0 л/га изучаемого препарата в 2020 году при более высокой засоренности данным видом значительно превышало эффективность эталона (Голубев и др., 2022).



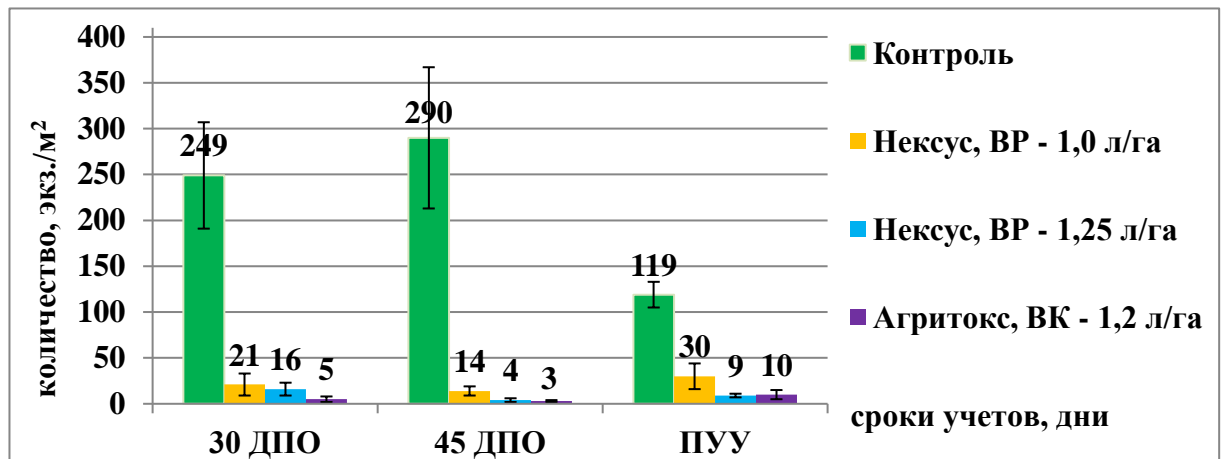
А



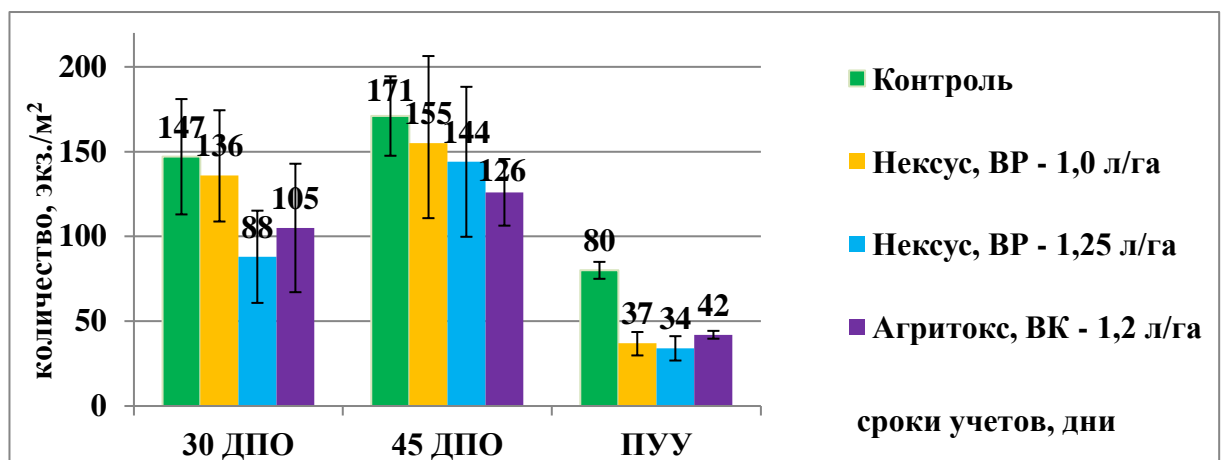
Б

Рисунок 4 – Количество растений *Persicaria lapathifolia* в посадках картофеля, экз./м<sup>2</sup>: А – 2020 год; Б – 2021 год

Другим наиболее распространённым на опытном участке сорным растением являлась марь белая. В 2020 году в течение двух первых учетов засоренность контроля данным видом находилась в пределах 249-290 экз./м<sup>2</sup>. Во всех вариантах с внесением гербицидов была отмечена высокая эффективность по действию на данный вид (более 90 %). К моменту последнего учета эффективность 1,25 л/га изучаемого препарата и эталона оставалась на том же уровне, тогда как в варианте с внесением минимальной нормы применения изучаемого гербицида (1,0 л/га) наблюдалось снижение эффективности до 74,8 % (рисунок 5).



А



Б

Рисунок 5 – Количество растений *Chenopodium album* в посадках картофеля, экз./м<sup>2</sup>: А – 2020 год; Б – 2021 год

В 2021 году под обработку попала значительная часть всходов растений мари белой, листья которых были покрыты восковым налетом, образовавшимся вследствие крайне засушливых погодных условий. По этой причине использование гербицидов оказывало слабое влияние на этот вид. При учете через месяц после закладки опыта в контроле количество растений мари белой составило 147 экз./м<sup>2</sup>. Эффективность 1,0 л/га гербицида Нексус, ВР была низкой и не превышала 8 %, в варианте с применением 1,25 л/га изучаемого препарата эффективность была на порядок выше и достигала 40,1 %, при использовании 1,2 л/га эталона Агритокс, ВК – 28,6 %. При проведении следующего учета количество растений мари белой

в контроле увеличилось до 171 экз./м<sup>2</sup>. Применение изучаемого гербицида и эталона было малоэффективным и не превышало 30 %. В момент последнего учета количество растений мари белой в контроле уменьшалось вдвое и составило 80 экз./м<sup>2</sup>. В вариантах с внесением 1,0 и 1,25 л/га изучаемого препарата деланки были чище соответственно на 53,8 и 57,5 %, в варианте с использованием эталона – на 47,5 % (рисунок 5). Полученные результаты показывают, что растения мари белой наиболее эффективно подавлялись применением 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР и 1,2 л/га эталона Агритокс, ВК, которые находились на сходном уровне. Действие 1,0 л/га изучаемого препарата было слабее, особенно в 2021 году (Голубев, Ткач, 2022).

В оба года проведения исследований кроме вышеперечисленных видов на опытном участке небольшими группами встречались растения фаллопии выюнковой. В первый год исследований при учете через месяц после закладки опыта их количество в контроле насчитывало 26 экз./м<sup>2</sup>, а при дальнейших учетах оно не превышало 14 экз./м<sup>2</sup>. В вариантах с применением препарата Нексус, ВР деланки были чище на 96,2 %, в варианте с внесением эталона Агритокс, ВК – на 80,8 %. В момент учета через 1,5 месяца после обработки отмечалось снижение эффективности изучаемого препарата до 53,8 % (1,0 л/га) и 84,6 % (1,25 л/га); в варианте с эталоном отмечалось увеличение эффективности до 84,6 %. К уборке урожая показатели эффективности гербицидов составили 85,7; 78,6 и 100 % соответственно (рисунок 6). На следующий год растения фаллопии выюнковой при первых двух учетах изредка обнаруживались на контрольных деланках и только к моменту последнего учета их количество достигало 10 экз./м<sup>2</sup>. Применение как изучаемого препарата, так и эталона высокоэффективно (более 80 %) действовало на количество растений данного вида.

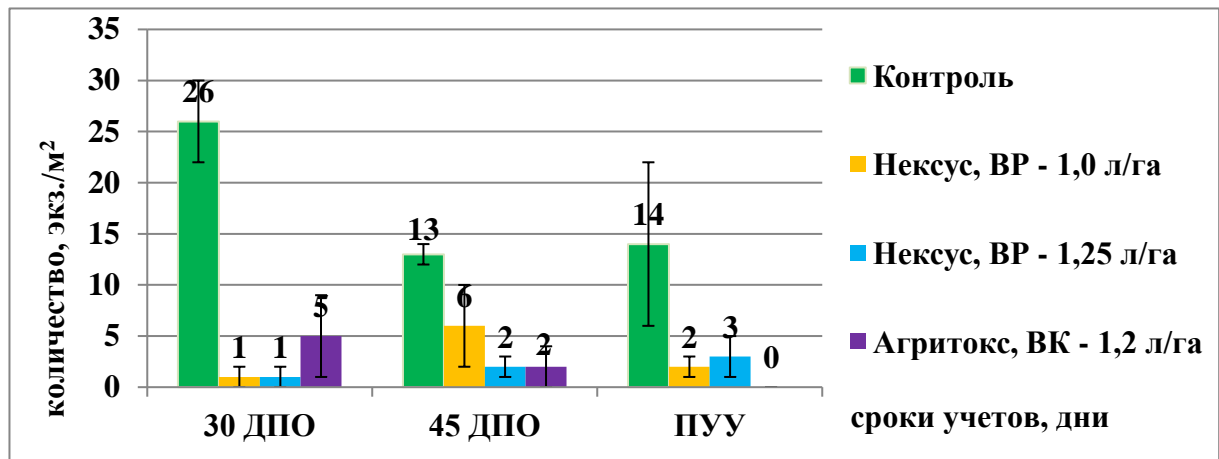


Рисунок 6 – Количество растений *Fallopia convolvulus* в посадках картофеля, экз./м<sup>2</sup> (2020 г.)

В 2020 году на опытных делянках очагами встречались растения торицы полевой и галинзоги мелкоцветковой. Все варианты с внесением гербицидов с одинаково высокой эффективностью снижали количество растений торицы полевой (без существенных различий между собой). Растения галинзоги мелкоцветковой полностью уничтожались использованием изучаемого препарата, тогда как эффективность применения эталона при первых двух учетах не превышала 75 % и только к моменту последнего учета она достигала 100 % (приложение 1).

Уничтожение сорных растений гербицидами приводило к значительному повышению конкурентоспособности растений картофеля, тем самым существенно увеличивая его урожайность. Так, внесение 1,25 л/га препарата Нексус, ВР в оба года исследований обеспечило наибольшую прибавку урожайности культуры (16,5 т/га – в 2020 году и 8,3 т/га – в 2021 году), которая существенно превышала аналогичный показатель контроля (6,4 и 9,8 т/га соответственно) и превосходила эффективность 1,2 л/га эталона Агритокс, ВК (существенно в 2020 году) (рисунок 7).

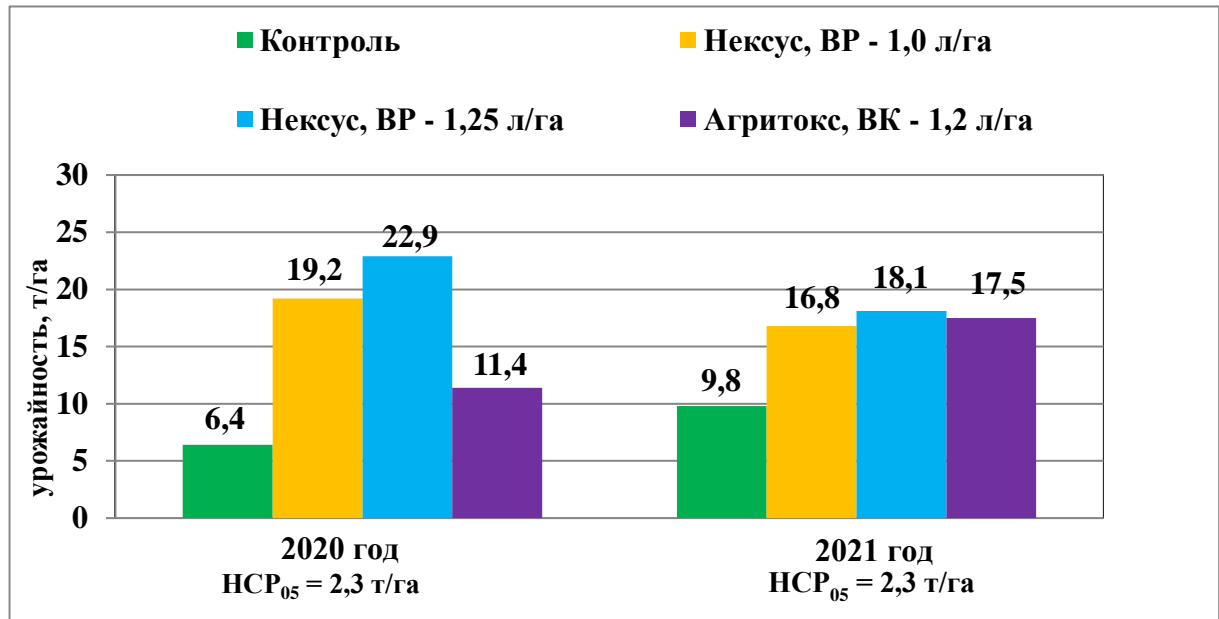


Рисунок 7 – Урожайность картофеля сорта Лига после применения гербицидов, т/га (2020-2021 гг.)

В целом, результаты, полученные в опытах с гербицидом Нексус, ВР позволяют сделать следующие выводы:

Снижение общего количества сорных растений в 2020 году в вариантах с внесением 1,0 и 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР составило 85,0-95,9 %, что превышало эффективность 1,2 л/га эталона Агритокс, ВК. В 2021 году эффективность гербицидов в связи с засушливыми условиями была ниже: в вариантах с внесением изучаемого препарата эффективность достигала 65,0 (1,0 л/га) и 69,9 % (1,25 л/га), в варианте с внесением эталона – 59,4 %. Использование 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР также превосходило эффективность использования эталона по данному показателю, тогда как применение 1,0 л/га изучаемого препарата незначительно уступало действию эталона Агритокс, ВК.

По действию на массу сорных растений эффективность 1,0 л/га изучаемого препарата в 2020 году составила 70,2-81,0 %, что соответствовало эффективности 1,2 л/га эталона. В варианте с внесением 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР данный показатель составил 82,3-82,9 %, что было выше эффективности эталона. В 2021 году наблюдалась аналогичная тенденция.



Изучаемый препарат, особенно в норме применения 1,25 л/га, имел преимущество перед эталоном по влиянию на растения горца щавелелистного. На растения фаллопии вьюнковой изучаемый и эталонный гербициды действовали с одинаково высокой эффективностью. По действию на растения мари белой применение 1,0 л/га препарата Нексус, ВР зачастую уступало эффективности эталона.

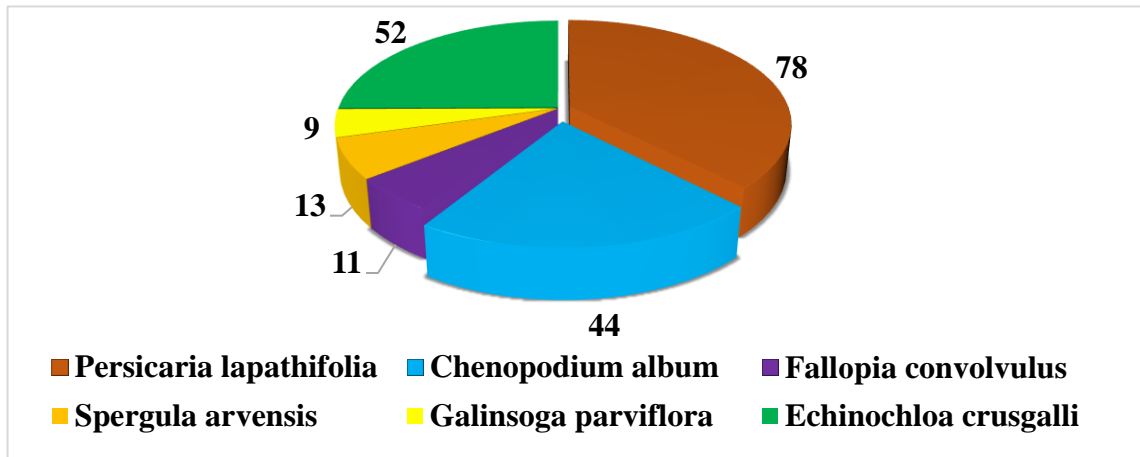
В вариантах с применением изучаемого препарата удалось сохранить от 12,8 до 16,5 т/га урожая в 2020 году и от 7,0 до 8,3 т/га в 2021 году, что коррелирует со степенью очищения посевов от сорных растений в соответствующих вариантах.

### **3.2 Эффективность гербицида Трейсер, КЭ (480 г/л кломазона)**

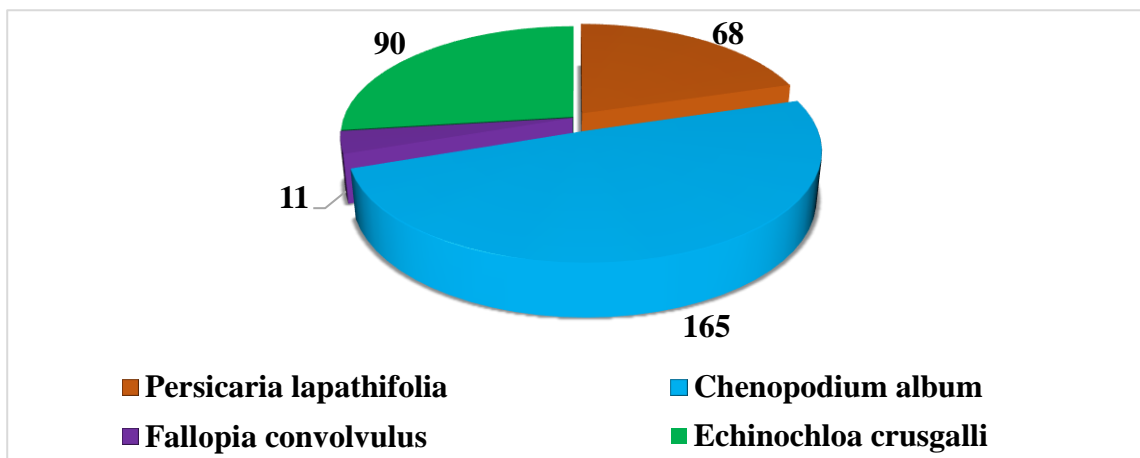
Оценку биологической эффективности препарата Трейсер, КЭ проводили в посадках картофеля в течение двух вегетационных сезонов в 2020 и 2021 годах на опытном поле ФГБНУ ВИЗР в Ленинградской области.

В первый год исследования при проведении учета через месяц после закладки опыта посадки картофеля (контроль) были преимущественно засорены однолетними двудольными видами сорных растений: горец щавелелистный, марь белая, фаллопия вьюнковая, торица полевая и галинзога мелкоцветковая. Из них два первых вида преобладали на опытном участке. Однолетние злаковые сорные растения были представлены ежовником обыкновенным (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) (рисунок 8).

Во второй год на опытном участке отмечалось небольшое количество видов сорных растений. Из них среди однолетних двудольных сорных растений через месяц после закладки опыта преобладающими видами являлись марь белая и горец щавелелистный, а также небольшими очагами встречались растения фаллопии вьюнковой. При этом погодные условия первой половины лета были благоприятны для прорастания растений ежовника обыкновенного, которые в значительном количестве встречались на опытных делянках.



А



Б

Рисунок 8 – Засоренность посадок картофеля в контроле через месяц после закладки опыта, экз./м<sup>2</sup>: А – в 2020 году; Б – в 2021 году

В 2020 году при проведении учета через месяц после обработки количество растений ежовника обыкновенного в контроле достигало 52 экз./м<sup>2</sup>. В дальнейшем их количество начало снижаться и при учете перед уборкой урожая оно составило 21 экз./м<sup>2</sup>. В вариантах с внесением гербицида Трейсер, КЭ в течение всех учетов была отмечена высокая (более 95 %) эффективность по действию на количество данного вида. Использование эталона Боксер, КЭ эффективно (до 72 %) снижало количество растений ежовника обыкновенного при первом учете, тогда как при проведении дальнейших учетов снижение их количества не превышало 40 % (таблица 13).

Сходная ситуация наблюдалась и по действию на массу растений ежевника обыкновенного. В течение всех учетов их масса находилась в пределах 409-546 г/м<sup>2</sup>. Эффективность использования гербицида Трейсер, КЭ была на уровне, превышающем 90 %. Использование эталона Боксер, КЭ оказывало влияние на массу растений ежевника обыкновенного только в течение месяца после обработки (60,4 % – 3,0 л/га и 78,1 % – 5,0 л/га). К моменту последнего учета существенного эффекта эталона на массу ежевника обыкновенного не наблюдалось.

В опыте следующего года засушливые условия значительно повлияли на действие гербицидов против растений ежевника обыкновенного (особенно на их массу). Через месяц после закладки опыта количество растений данного вида в контроле составило 91 экз./м<sup>2</sup>, масса – 62 г/м<sup>2</sup>. Использование 0,25 л/га гербицида Трейсер, КЭ слабо действовало на количество (до 37,4 %) и не оказывало существенного влияния на их массу. Аналогичная тенденция наблюдалась и в варианте с применением 3,0 л/га эталона Боксер, КЭ, в котором эффективно снижалось количество растений ежевника обыкновенного (58,2 %) и также не отмечалось действия на их массу. В варианте с внесением 0,5 л/га изучаемого препарата эффективность по действию на данный вид была выше и составила 61,5 % (по действию на количество) и 16,9 % (по действию на массу), а при использовании 5,0 л/га эталона – 73,6 и 51,2 % соответственно. К моменту учета через 45 дней после закладки опыта в контроле наблюдалось существенное снижение количества растений ежевника обыкновенного до 20 экз./м<sup>2</sup> с массой, не превышающей 108 г/м<sup>2</sup>. К этому времени варианты с применением 0,25 л/га изучаемого препарата и 3,0 л/га эталона не оказывали существенного действия на растения ежевника обыкновенного. Использование 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ снижало их количество на 45,0 %, массу – на 26,8 %, внесение эталона Боксер, КЭ в норме применения 5,0 л/га – на 30,0 и 70,0 % соответственно. К уборке урожая количество растений данного вида в контроле оставалось на том же уровне. Варианты с внесением изучаемого препарата были чище в среднем на 58,2 %, варианты с использованием эталона – на 50,0 (3,0 л/га) и 58,3 % (5,0 л/га) (таблица 13) (Голубев, Ткач, 2022).

Таблица 13 – Количество и масса растений ежовника обыкновенного (*Echinochloa crusgalli*) в посадках картофеля после применения гербицида Трейсер, КЭ (2020-2021 гг.)

Варианты опыта	30 дней после обработки		45 дней после обработки		перед уборкой урожая
	количество, экз./м <sup>2</sup>	масса, г/м <sup>2</sup>	количество, экз./м <sup>2</sup>	масса, г/м <sup>2</sup>	количество, экз./м <sup>2</sup>
2020 год					
1. Трейсер, КЭ - 0,25 л/га	2±1	3±1	4±5	38±1	3±3
2. Трейсер, КЭ - 0,5 л/га	0	0	1±1	21±1	0
3. Боксер, КЭ - 3,0 л/га	16±5	162±17	16±6	734±74	13±6
4. Боксер, КЭ - 5,0 л/га	15±14	120±34	16±7	603±57	15±10
5. Контроль	52±29	409±54	26±9	550±29	21±15
2021 год					
1. Трейсер, КЭ - 0,25 л/га	57±19	75±9	20±19	294±83	10±1
2. Трейсер, КЭ - 0,5 л/га	35±17	51±8	11±13	79±23	9±2
3. Боксер, КЭ - 3,0 л/га	38±14	64±12	30±7	118±8	12±3
4. Боксер, КЭ - 5,0 л/га	24±7	30±3	14±9	32±6	10±3
5. Контроль	91±10	62±5	20±17	108±25	24±3

В 2020 году общее количество однолетних двудольных сорных растений в контроле при учете через месяц после закладки опыта составляло 154 экз./м<sup>2</sup>. Делянки, обработанные 0,25 л/га гербицида Трейсер, КЭ, были чище контроля на 85,0 %, в варианте с внесением 0,5 л/га изучаемого препарата этот показатель составил 89,0 %, в вариантах с применением 3,0 и 5,0 л/га эталона Боксер, КЭ – 89,0 и 93,0 % соответственно. В момент учета через 45 дней после закладки опыта засоренность контроля снизилась до 93 экз./м<sup>2</sup>. Показатели эффективности применения гербицидов составили 68,8 % (0,25 л/га изучаемого препарата), 82,8 % (0,5 л/га изучаемого препарата и 3,0 л/га эталона) и 90,0 % (5,0 л/га эталона). При учете перед уборкой урожая засоренность контроля составила 140 экз./м<sup>2</sup>. В вариантах с внесением 0,25 и 0,5 л/га изучаемого препарата снижение количества двудольных сорных растений составило 73,6 и 78,6 % соответственно, в вариантах с применением 3,0 и 5,0 л/га эталона – 79,3 и 86,4 %.

Аналогичная тенденция наблюдалась и в 2021 году, однако погодные условия не способствовали проявлению столь высокой эффективности. Так, общее

количество однолетних двудольных сорных растений при учете через месяц после закладки опыта в контроле достигало 244 экз./м<sup>2</sup>. В вариантах с применением 0,25 и 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ данный показатель был ниже на 50,8 и 55,7 % соответственно, при использовании 3,0 и 5,0 л/га эталона – на 68,9 и 75,8 %. При учете на 45 день после закладки опыта количество двудольных сорных растений в контроле составило 195 экз./м<sup>2</sup>. Использование изучаемого препарата в обеих нормах применения приводило к двукратному снижению их количества; эффективность эталона Боксер КЭ составляла 41,0 (3,0 л/га) и 44,6 % (5,0 л/га). К моменту проведения последнего учета количество двудольных сорных растений в контроле снизилось до 94 экз./м<sup>2</sup>. Делянки, обработанные изучаемым препаратом, были чище на 46,8-48,9 %, обработанные эталоном – на 52,1-55,3 % (таблица 14).

В 2020 году масса двудольных сорных растений через месяц после закладки опыта в контроле составила 1066 г/м<sup>2</sup>. В варианте с внесением 0,25 л/га гербицида Трейсер, КЭ данный показатель был на 84,0 % ниже, в варианте с применением 0,5 л/га изучаемого препарата – на 87,0 %, в вариантах с внесением 3,0 и 5,0 л/га эталона – на 89,4 и 93,6 % соответственно. По прошествии еще двух недель масса сорных растений в контроле достигала 2295 г/м<sup>2</sup>; эффективность изучаемого гербицида составила 83,1 (0,25 л/га) и 88,4 % (0,5 л/га), эталона – 88,2 (3,0 л/га) и 92,7 % (5,0 л/га). Во второй год исследований масса однолетних двудольных сорных растений через месяц после закладки опыта в контроле находилась на высоком уровне и составляла 1225 г/м<sup>2</sup>. Использование 0,25 л/га гербицида Трейсер, КЭ приводило к снижению их массы на 61,0 %; 0,5 л/га изучаемого препарата – на 68,5 %; 3,0 и 5,0 л/га эталона Боксер, КЭ – на 73,5 и 68,4 % соответственно. По прошествии еще двух недель масса однолетних двудольных сорных растений в контроле возросла до 3205 г/м<sup>2</sup>. В вариантах с внесением 0,25 и 0,5 л/га изучаемого препарата данный показатель был ниже на 45,2 и 56,8 % соответственно, в вариантах с использованием 3,0 и 5,0 л/га эталона – на 41,2 и 44,3 % (таблица 14).

В целом, результаты показывают, что наиболее эффективным по действию на однолетние двудольные сорные растения было использование 5,0 л/га эталона

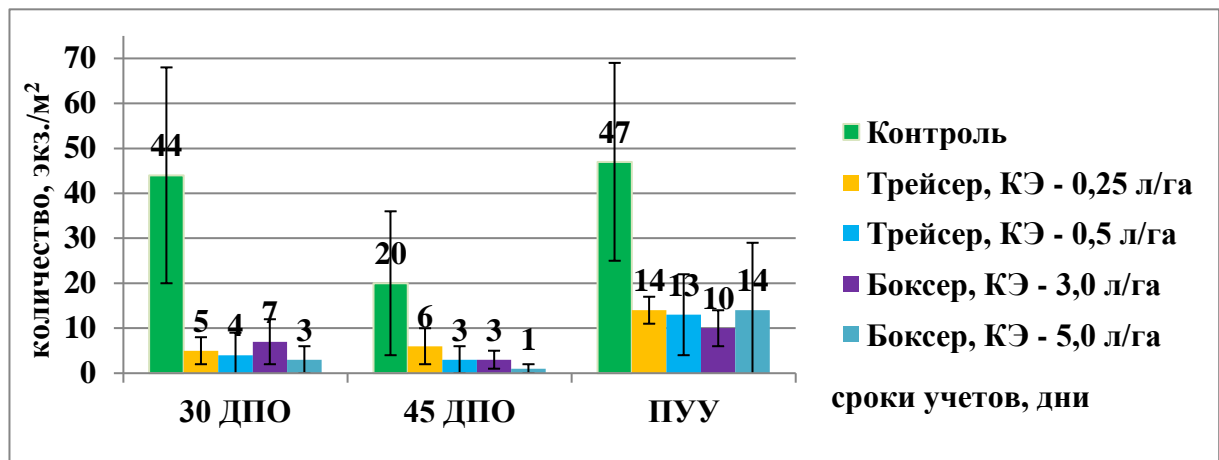
Боксер, КЭ. Наименее эффективным по действию на однолетние двудольные сорные растения был вариант с использованием 0,25 л/га изучаемого препарата, что связано с невысокой чувствительностью преобладавших на опытном участке видов сорных растений (Голубев, Ткач, 2022).

Таблица 14 – Общее количество и масса однолетних двудольных сорных растений в посадках картофеля после применения гербицида Трейсер, КЭ (2020-2021 гг.)

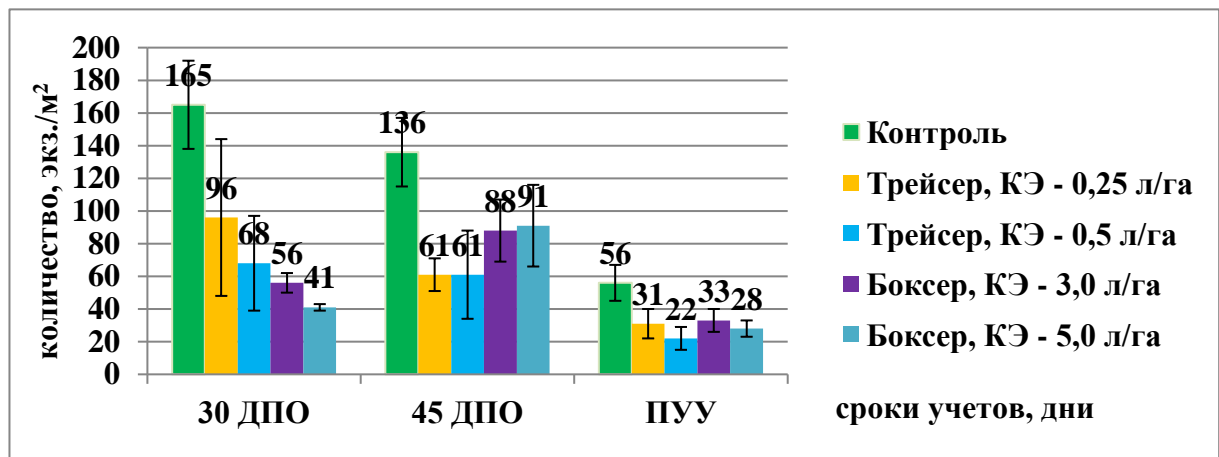
Варианты опыта	30 дней после обработки		45 дней после обработки		перед уборкой урожая
	количество, экз./м <sup>2</sup>	масса, г/м <sup>2</sup>	количество, экз./м <sup>2</sup>	масса, г/м <sup>2</sup>	количество, экз./м <sup>2</sup>
2020 год					
1. Трейсер, КЭ - 0,25 л/га	22±2	171±12	29±3	389±101	37±4
2. Трейсер, КЭ - 0,5 л/га	17±2	139±32	16±2	317±64	30±3
3. Боксер, КЭ - 3,0 л/га	17±2	113±33	16±2	271±34	29±1
4. Боксер, КЭ - 5,0 л/га	11±1	68±20	9±1	168±40	19±3
5. Контроль	154±15	1066±126	93±8	2294±177	140±9
2021 год					
1. Трейсер, КЭ - 0,25 л/га	120±35	478±37	92±22	1755±167	50±11
2. Трейсер, КЭ - 0,5 л/га	108±23	385±19	99±22	1385±157	48±10
3. Боксер, КЭ - 3,0 л/га	76±19	324±5	115±32	1885±196	45±12
4. Боксер, КЭ - 5,0 л/га	59±15	387±26	108±34	1785±123	42±10
5. Контроль	244±55	1225±40	195±47	3205±144	94±20

В первый год исследований количество растений мари белой к моменту учета через 30 дней после закладки опыта в контроле составило 44 экз./м<sup>2</sup>. В вариантах с внесением 0,25 и 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ количество растений данного вида было меньше соответственно на 88,6 и 91,0 %, а в вариантах с использованием 3,0 и 5,0 л/га эталона Боксер, КЭ – на 84,1 и 93,2 %. По прошествии еще двух недель количество растений мари белой в контроле составило 20 экз./м<sup>2</sup>. В вариантах с применением 0,25 и 0,5 л/га изучаемого препарата эффективность по действию на их количество снизилась до 70,0 и 85,0 % соответственно, при применении 3,0 и 5,0 л/га эталона эффективность сохранилась практически на том же уровне. В момент учета перед проведением уборки урожая отмечалось 47 экз./м<sup>2</sup> мари белой. В вариантах с внесением 0,25 л/га препарата Трейсер, КЭ и 3,0 л/га эталона Боксер,

КЭ деланки были чище на 69,2 %, при применении 0,5 л/га изучаемого препарата и 5,0 л/га эталона – на 72,3 и 78,7 % соответственно (рисунок 9).



А



Б

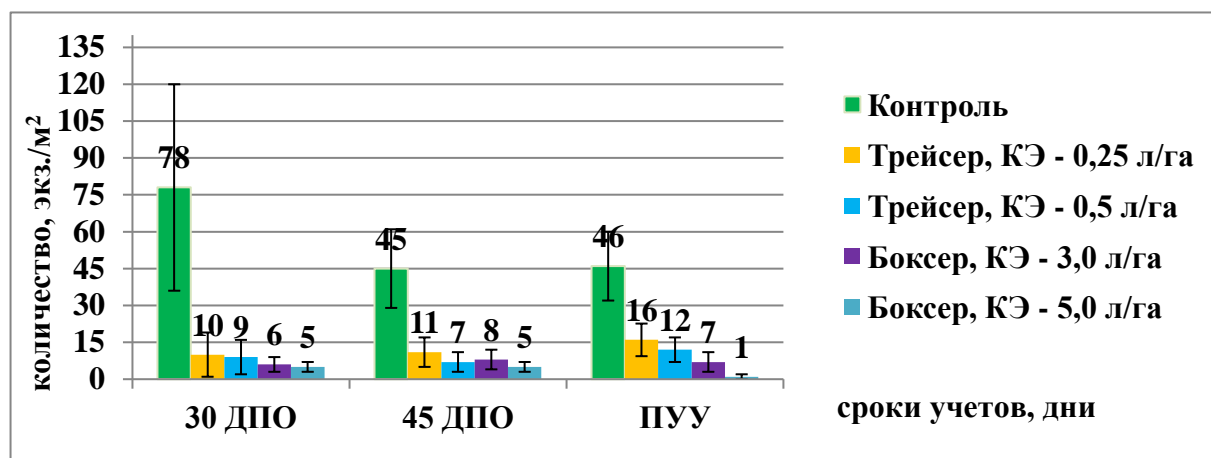
Рисунок 9 – Количество растений *Chenopodium album* в посадках картофеля, экз./м²: А – в 2020 году; Б – в 2021 году

На второй год количество растений мари белой к моменту учета через месяц после закладки опыта в контроле достигало 165 экз./м². В вариантах с внесением 0,25 и 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ их количество было на 41,8 и 58,8 % соответственно ниже, в вариантах с использованием 3,0 и 5,0 л/га эталона Боксер, КЭ – на 66,1 и 75,2 %. По прошествии еще двух недель количество растений данного вида в контроле составило 136 экз./м². В вариантах с применением изучаемого препарата эффективность по действию на количество растений мари белой находилась на одном уровне (55,1 %). При применении 3,0 и 5,0 л/га эталона

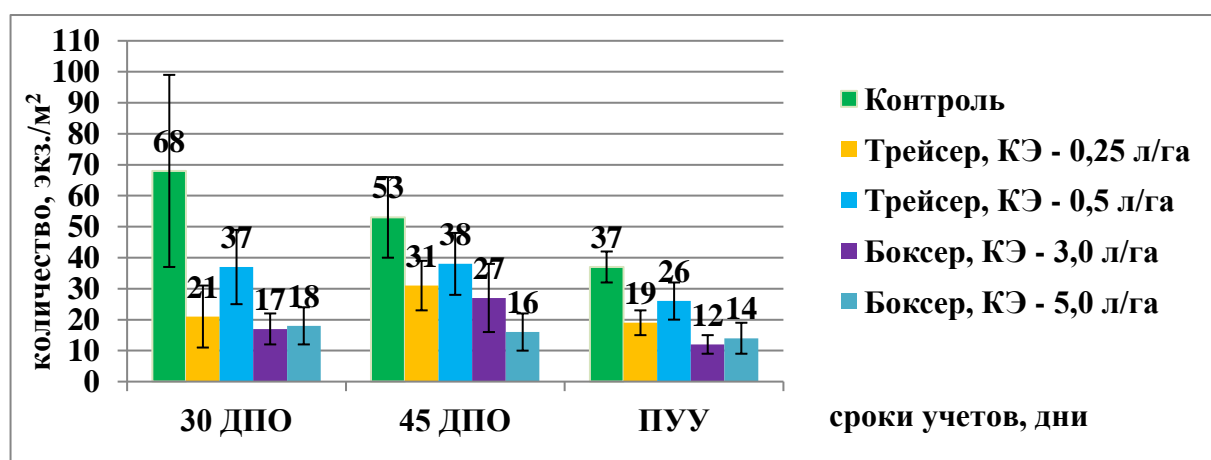
эффективность снизилась практически в два раза и составила соответственно 35,3 и 33,1 %. В момент последнего учета количество растений мари белой в контроле составило 56 экз./м<sup>2</sup>. В варианте с внесением 0,25 л/га препарата Трейсер, КЭ данный показатель был ниже на 44,6 %, при применении 0,5 л/га изучаемого препарата – на 60,7 %, в вариантах с эталоном Боксер, КЭ – на 41,1 (3,0 л/га) и 50,0 % (5,0 л/га) (рисунок 9). Полученные результаты демонстрируют, что растения мари белой проявили высокую чувствительность к использованию 0,5 л/га изучаемого препарата и 5,0 л/га эталона.

Преобладавшим видом в посадках картофеля в период проведения опытов также являлся горец щавелелистный. В 2020 году количество растений данного вида в контроле при учете через 30 дней после закладки опыта составило 78 экз./м<sup>2</sup>. В вариантах с внесением гербицида Трейсер, КЭ снижение их количества превышало 85 %. Эффективность 3,0 и 5,0 л/га эталона Боксер, КЭ была выше (более 90 %). При учете через 45 дней после закладки опыта количество растений горца щавелелистного в контроле составило 45 экз./м<sup>2</sup>. Применение 0,25 и 0,5 л/га изучаемого гербицида снижало их количество на 75,6 и 84,4 % соответственно; 3,0 и 5,0 л/га эталона – на 83,2 и 88,9 % соответственно. В момент последнего учета количество растений горца щавелелистного в контроле оставалось на том же уровне. В вариантах с внесением 0,25 и 0,5 л/га изучаемого препарата отмечено снижение эффективности по действию на их количество до 65,2 и 74,0 % соответственно, а в вариантах с применением 3,0 и 5,0 л/га эталона, наоборот, наблюдалось увеличение эффективности до 84,8 и 98,8 % соответственно (рисунок 10).





А



Б

Рисунок 10 – Количество растений *Persicaria lapathifolia* в посадках картофеля, экз./м<sup>2</sup>: А – в 2020 году; Б – в 2021 году

Во второй год проведения опыта при учете через месяц после закладки опыта в контроле насчитывалось 68 растений горца щавелелистного. Использование 0,25 и 0,5 л/га изучаемого препарата снижало количество растений данного вида на 69,1 и 45,6 % соответственно; 3,0 и 5,0 л/га эталона – 75,0 и 73,5 %. По прошествии еще двух недель количество растений горца щавелелистного в контроле составило 53 экз./м<sup>2</sup>. При этом отмечалось снижение эффективности обеих норм применения гербицида Трейсер, КЭ (до 41,5 % – 0,25 л/га и до 28,3 % – 0,5 л/га). Снижение эффективности наблюдалось и вариантах с внесением эталона Боксер, КЭ: до 49,1 (3,0 л/га) и 69,8 % (5,0 л/га). К моменту проведения последнего учета количество растений горца щавелелистного в контроле составило 37 экз./м<sup>2</sup>. Делянки,

обработанные 0,25 и 0,5 л/га изучаемого препарата, были чище на 48,6 и 29,7 % соответственно; 3,0 и 5,0 л/га эталона – на 67,6 и 62,2 % (рисунок 10). Таким образом усыновлено, что на растения горца щавелелистного наибольшее влияние оказывало применение 5,0 л/га эталона Боксер, КЭ. Эффективными были и варианты с внесением 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ и 3,0 л/га эталона.

В оба года проведения опытов в посадках картофеля также небольшими группами встречались растения фаллопии вьюнковой. В 2020 году при учете через месяц после закладки опыта в контроле насчитывалось 11 растений данного вида. Использование 0,25 и 0,5 л/га изучаемого препарата, а также 5,0 л/га эталона находилось на одном высоком уровне (72,7 %), тогда как эффективность 3,0 л/га эталона не превышала 63,6 %. По истечении еще двух недель количество растений фаллопии вьюнковой в контроле оставалось на том же уровне. При этом отмечено снижение эффективности обеих норм применения гербицида Трейсер, КЭ (до 53,9 % – 0,5 л/га и до 7,7 % – 0,25 л/га), тогда как в вариантах с внесением 3,0 и 5,0 л/га эталона Боксер, КЭ эффективность увеличилась до 71,5 и 77,0 % соответственно. В момент последнего учета количество растений фаллопии вьюнковой возросло до 23 экз./м<sup>2</sup>. В этот момент отмечалось увеличение эффективности на данный вид вариантов с внесением 0,25 и 0,5 л/га изучаемого препарата до 74,0 и 87,0 % соответственно (в вариантах с внесением эталона – до 74,0 % (3,0 л/га) и 82,6 % (5,0 л/га)) (рисунок 11). В 2021 году растения фаллопии вьюнковой неравномерно встречались на контрольных делянках: 11 экз./м<sup>2</sup> – при учете через 30 дней после закладки опыта; 6 экз./м<sup>2</sup> – при учете через 45 дней после закладки опыта и к моменту последнего учета оставались лишь единичные экземпляры. При этом использование гербицидов обеспечивало существенное снижение количества их количества (более 70 %). Существенных различий в эффективности между вариантами не наблюдалось.

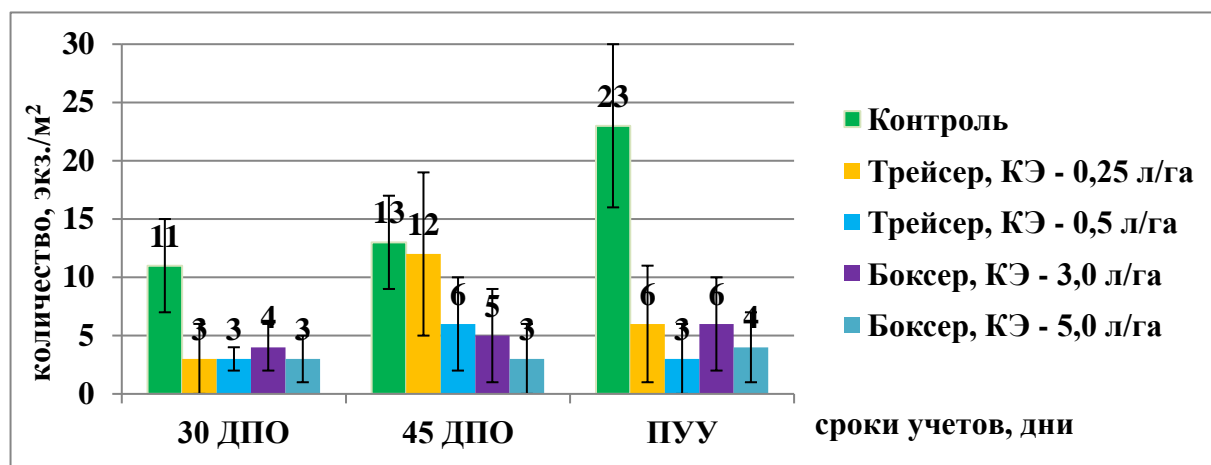


Рисунок 11 – Количество растений *Fallopia convolvulus* в посадках картофеля в 2020 году, экз./м<sup>2</sup>

В 2020 году из однолетних двудольных сорных растений на опытном участке очагами встречались растения торицы полевой и галинзоги мелкоцветковой.

Количество растений торицы полевой в течение учетного периода на контрольных делянках варьировало от 10 до 17 экз./м<sup>2</sup>. Использование 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ обеспечивало значительное (более 90 %) снижение количества растений данного вида. Действие эталона было на таком же уровне. Менее эффективным оказался вариант с применением 0,25 л/га изучаемого препарата, в котором снижение количества растений данного вида колебалось от 69,2 до 100 % (приложение 2).

Растения галинзоги мелкоцветковой при проведении учетов достаточно редко отмечались на контрольных делянках (5-9 экз./м<sup>2</sup>). Все варианты с использованием гербицидов высокоэффективно влияли на данный вид (до 100 %).

Наибольшая урожайность картофеля в оба года исследований была получена в варианте с внесением 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ (20,4 т/га – в 2020 году и 13,0 т/га – в 2021 году), которая существенно превышала данный показатель в контроле (7,8 и 6,9 т/га соответственно) и превышала значения эталона (рисунок 12).

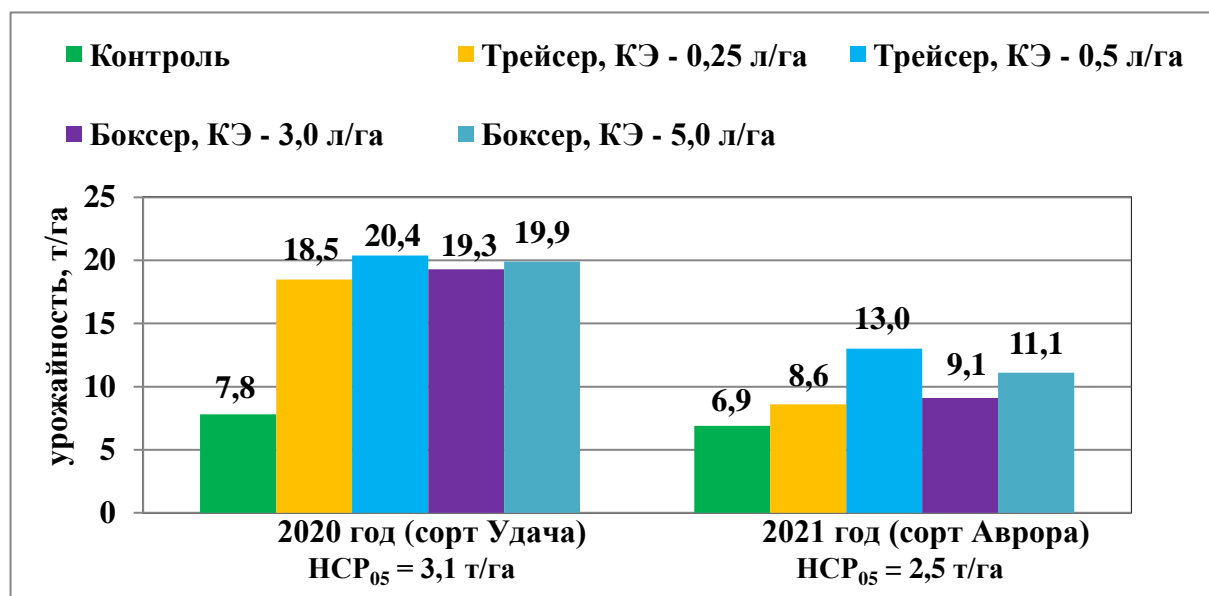


Рисунок 12 – Урожайность картофеля после применения гербицидов, т/га (2020-2021 гг.)

Таким образом, результаты, полученные в опытах с гербицидом Трейсер, КЭ позволяют заключить следующее:

Применение 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ в 2020 году позволило практически полностью очистить посадки картофеля от злаковых сорных растений (ежовника обыкновенного). Использование 0,25 л/га изучаемого препарата имело меньшую эффективность: 84,6-96,2 % – по снижению количества и 93,1-99,3 % – по снижению массы растений ежовника обыкновенного. Использование 3,0 и 5,0 л/га эталона значительно уступало изучаемому препарату по действию на однолетние злаковые сорные растения (в среднем на 49-56 %). Засуха в 2021 году не позволила добиться столь высоких значений эффективности. В этих условиях наибольшую эффективность имело применение эталона в максимальной норме (5,0 л/га), что существенно превышало эффективность 0,5 л/га изучаемого препарата по действию на массу растений ежовника обыкновенного. Использование же 0,25 л/га изучаемого препарата и 3,0 л/га эталона было малоэффективным.

Действие 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ на двудольные сорные растения в 2020 году было значительным (до 89,0 % – по снижению их количества и до 88,4 % – по снижению их массы), но уступало эффективности 5,0 л/га эталона.

Использование 0,25 л/га изучаемого препарата по сравнению с остальными вариантами слабее действовало на растения мари белой, горца щавелелистного и торицы полевой, а также на общую массу однолетних двудольных сорных растений. В 2021 году эффективность препаратов была невысокой (до 75,8 %) и находилась на одном уровне.

Очищение посадок картофеля от сорных растений позволило сохранить от 10,7 до 12,6 т/га урожая в 2020 году и от 1,7 до 6,1 т/га – в 2021 году.

### **3.3 Эффективность баковой смеси гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ**

Определив, что гербицид Нексус, ВР высокоэффективен против двудольных сорных растений (таких как марь белая, горец щавелелистный, галинзога мелкоцветковая), а гербицид Трейсер, КЭ эффективно подавляет злаковые виды (ежовник обыкновенный) и не всегда обеспечивает успешную защиту от двудольных видов сорных растений, нами была составлена схема их совместного использования в виде баковой смеси. Такие опыты были проведены нами в 2022 и 2023 годах в Ленинградской области на опытном поле ФГБНУ ВИЗР.

Перед внесением гербицидов на опытном участке было отмечено значительное количество сорных растений: до 554 экз./м<sup>2</sup> в 2022 году и до 267 экз./м<sup>2</sup> в 2023 году. Среди них преобладали однолетние двудольные сорные растения (более 80 % от общего количества сорных растений). Также встречались однолетние злаковые сорные растения (ежовник обыкновенный).

В 2022 году все сорные растения, встречавшиеся на опытном участке, находились в фазе всходов. В 2023 году однолетние двудольные сорные растения к моменту проведения обработки достигали фазы двух настоящих листьев (мутовки у растений торицы полевой), а растения ежовника обыкновенного находились в фазе всходов.

Первые признаки действия гербицидов на сорные растения были отмечены через 3-4 дня после проведения обработки. В вариантах с применением гербицида Нексус, ВР они заключались в появлении некрозов, деформации и усыхании двудольных сорных растений (у однолетних злаковых сорных растений отмечались лишь слабые ожоги кончиков листьев). Использование гербицида Трейсер, КЭ вызывало осветление (побеление), скручивание и увядание сорных растений. На делянках, обработанных баковой смесью гербицидов наблюдалось осветление, появление некрозов, скручивание, усыхание и гибель сорных растений (рисунок 13).

В первый год проведения исследований через месяц после закладки опыта в контроле из группы однолетних двудольных сорных растений встречались следующие виды: марь белая, горец щавелелистный, фаллопия выюнквая, звездчатка средняя, желтушник лакфиолевый, галинзога мелкоцветковая и торица полевая. Однолетние злаковые сорные растения были представлены растениями ежовника обыкновенного. Во второй год проведения исследований количество видов было меньшим – в посадках отсутствовали растения звездчатки средней и галинзоги мелкоцветковой.

Следует отметить, что погодные условия 2023 года по сравнению с условиями 2022 года характеризовались более низкими температурами воздуха, что приводило к медленному развитию растений ежовника обыкновенного, что, в свою очередь, приводило к зарастанию контроля однолетними двудольными сорными растениями и, в особенности, растениями мари белой (рисунок 14).





А



Б



В



Г

Рисунок 13 – Визуальные признаки действия гербицидов на сорные растения через 4 дня после проведения обработки в 2022 году: А – вариант с гербицидом Нексус, ВР (1,25 л/га); Б – вариант с гербицидом Трейсер, КЭ (0,5 л/га); В – вариант с баковой смесью гербицидов Нексус, ВР + Трейсер, КЭ (1,25 л/га + 0,5 л/га); Г – контроль (ориг.)

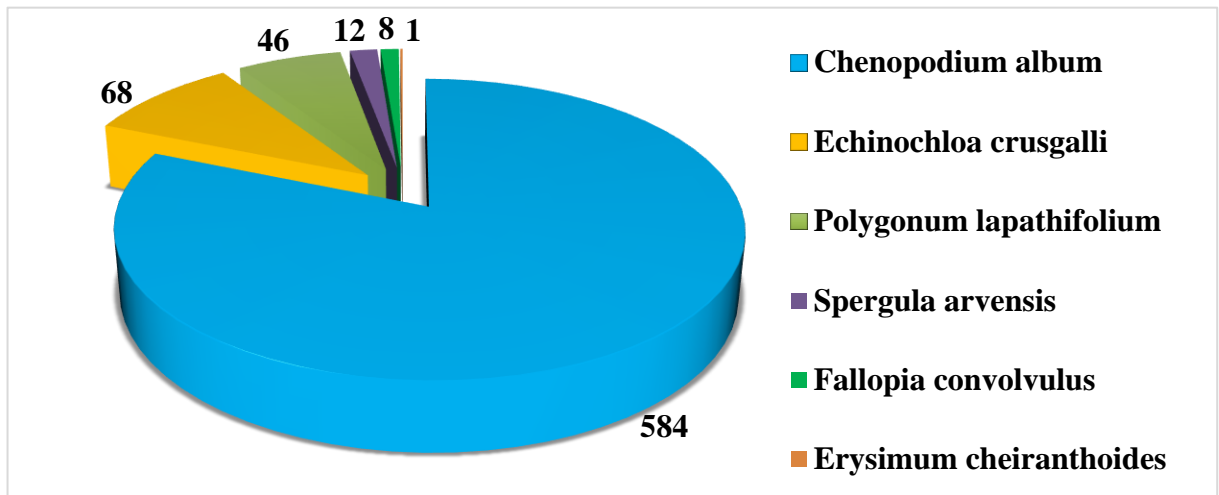
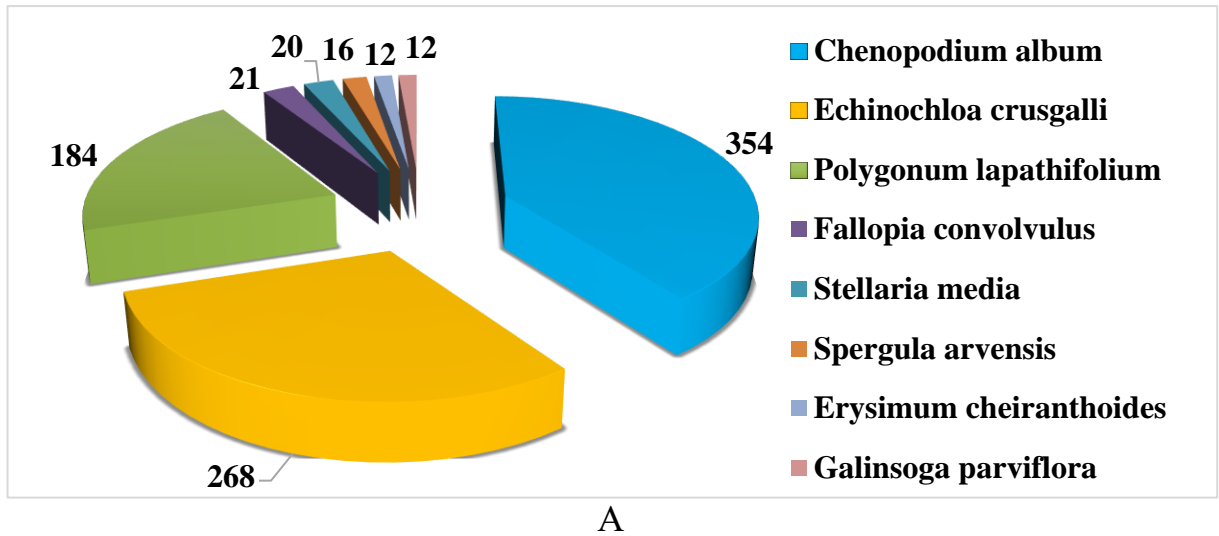


Рисунок 14 – Засоренность посадок картофеля в контроле через месяц после закладки опыта, экз./м<sup>2</sup>: А – в 2022 году; Б – в 2023 году

На рисунке 15 показано действие гербицидов и их баковой смеси на засоренность посадок картофеля.



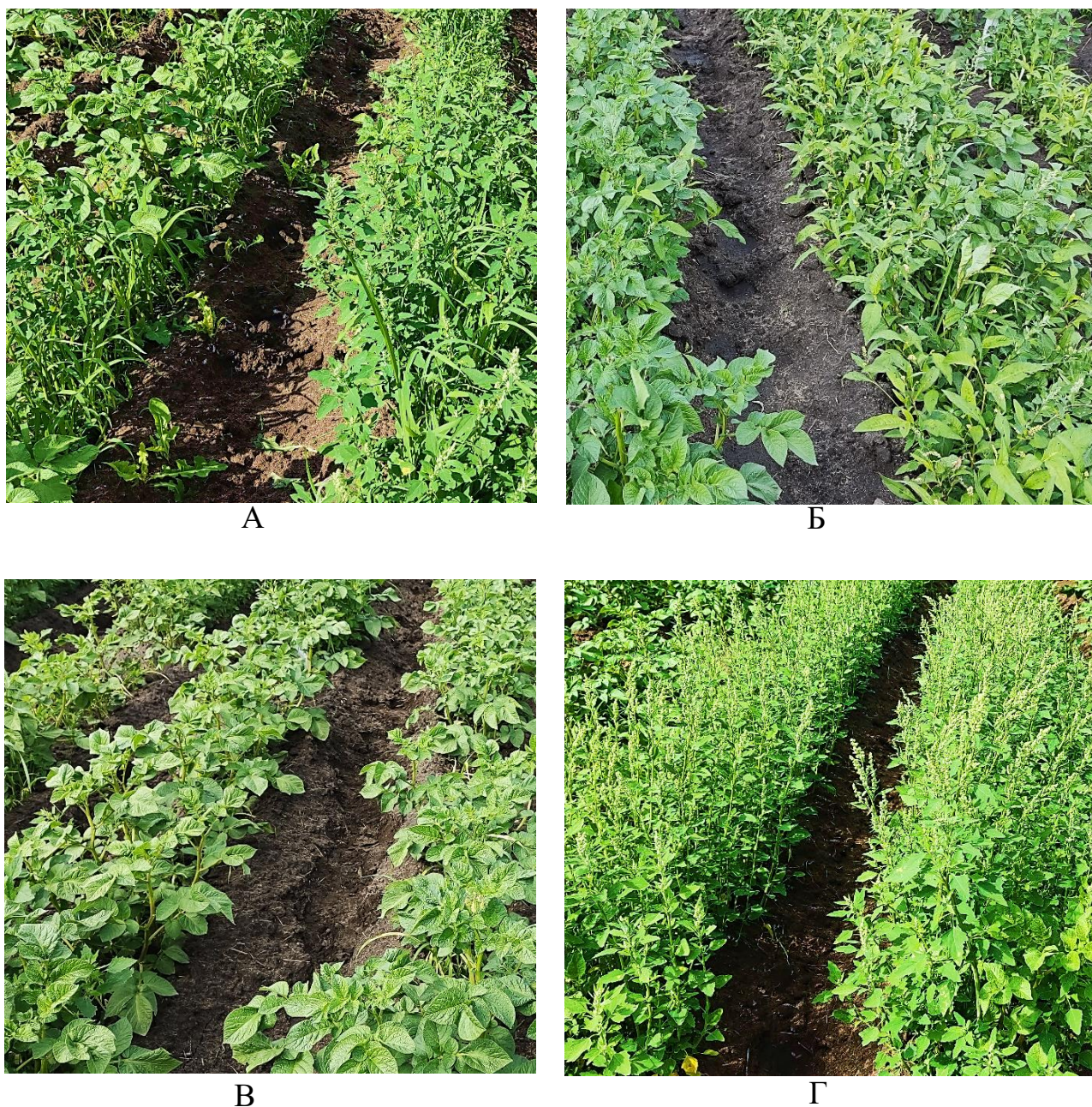


Рисунок 15 – Действие гербицидов и их баковой смеси на засоренность посадок картофеля в 2023 году: А – вариант с гербицидом Нексус, ВР (1,25 л/га); Б – вариант с гербицидом Трейсер, КЭ (0,5 л/га); В – вариант с баковой смесью гербицидов Нексус, ВР + Трейсер, КЭ (1,25 л/га + 0,5 л/га); Г – контроль (ориг.)

В таблице 15 представлены данные о влиянии гербицидов и их баковой смеси на общую засоренность посадок картофеля.

В 2022 году засоренность варианта с внесением 1,0 л/га гербицида Нексус, ВР через 30 дней после обработки составляла 659 экз./м<sup>2</sup> (против 887 экз./м<sup>2</sup> в контроле). Через 45 дней после обработки она увеличивалась до 1121 экз./м<sup>2</sup> (против 1338 экз./м<sup>2</sup> в контроле). Таким образом, снижение общего количества сорных растений в течение 1,5 месяцев после закладки опыта не превышало 25,7 %. Снижение массы однолетних двудольных сорных растений было более эффективным и составляло от 65,7 до 83,5 %.

В 2023 году эффективность 1,0 л/га гербицида Нексус, ВР по действию на общее количество сорных растений была выше значений первого года (54,3-70,2 %), но уступала значениям первого года по показателю снижения массы однолетних двудольных сорных растений (35,9-38,9 %).

Использование 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР действовало на общее количество сорных растений аналогично использованию препарата в более низкой норме применения, но более эффективно снижало массу однолетних двудольных сорных растений (особенно в 2023 году – в среднем на 27 %).

Применение 0,25 л/га гербицида Трейсер, КЭ в оба года исследований показало невысокую эффективность как по действию на общее количество сорных растений (до 65,4 %), так и по действию на массу однолетних двудольных сорных растений (до 59,1 %), но эффективно действовало против однолетних злаковых сорных растений (снижение их массы достигало 72,1 %). Двукратное повышение нормы применения существенно (в среднем на 17-20 %) увеличивало эффективность гербицида Трейсер, КЭ.



Таблица 15 – Влияние гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ и их баковой смеси на общую засоренность посадок картофеля (2022-2023 гг.)

Варианты опыта	30 дней после обработки			45 дней после обработки			перед уборкой урожая
	количество, экз./м <sup>2</sup>	масса, г/м <sup>2</sup>		количество, экз./м <sup>2</sup>	масса, г/м <sup>2</sup>		количество, экз./м <sup>2</sup>
		ОДС*	ОЗС*		ОДС*	ОЗС*	
2022 год							
1. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,0 л/га + 0,25 л/га	368 <sup>а</sup>	271 <sup>а</sup>	302 <sup>аб</sup>	227 <sup>а</sup>	1203 <sup>а</sup>	1142 <sup>абг</sup>	134 <sup>аг</sup>
2. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,0 л/га + 0,5 л/га	184 <sup>б</sup>	149 <sup>а</sup>	185 <sup>аб</sup>	132 <sup>б</sup>	873 <sup>а</sup>	1026 <sup>абг</sup>	74 <sup>б</sup>
3. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,25 л/га + 0,25 л/га	318 <sup>ав</sup>	339 <sup>ав</sup>	393 <sup>а</sup>	313 <sup>б</sup>	1799 <sup>а</sup>	2292 <sup>авг</sup>	118 <sup>ад</sup>
4. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,25 л/га + 0,5 л/га	133 <sup>г</sup>	156 <sup>а</sup>	64 <sup>б</sup>	126 <sup>б</sup>	904 <sup>а</sup>	1182 <sup>абг</sup>	73 <sup>б</sup>
5. Трейсер, КЭ - 0,25 л/га	522 <sup>д</sup>	857 <sup>б</sup>	211 <sup>аб</sup>	531 <sup>г</sup>	3931 <sup>б</sup>	565 <sup>б</sup>	269 <sup>в</sup>
6. Трейсер, КЭ - 0,5 л/га	294 <sup>в</sup>	500 <sup>в</sup>	104 <sup>б</sup>	345 <sup>в</sup>	3043 <sup>б</sup>	385 <sup>б</sup>	145 <sup>г</sup>
7. Нексус, ВР - 1,0 л/га	659 <sup>е</sup>	345 <sup>ав</sup>	1471 <sup>в</sup>	1121 <sup>д</sup>	1338 <sup>а</sup>	6158 <sup>вг</sup>	108 <sup>д</sup>
8. Нексус, ВР - 1,25 л/га	674 <sup>е</sup>	385 <sup>ав</sup>	2096 <sup>в</sup>	1193 <sup>е</sup>	824 <sup>а</sup>	5151 <sup>г</sup>	72 <sup>б</sup>
9. Контроль	887 <sup>ж</sup>	2097 <sup>б</sup>	464 <sup>а</sup>	1338 <sup>е</sup>	3900 <sup>б</sup>	2028 <sup>абвг</sup>	474 <sup>е</sup>
2023 год							
1. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,0 л/га + 0,25 л/га	173 <sup>а</sup>	573 <sup>аг</sup>	146 <sup>а</sup>	143 <sup>а</sup>	1318 <sup>аг</sup>	537 <sup>аг</sup>	47 <sup>а</sup>
2. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,0 л/га + 0,5 л/га	105 <sup>б</sup>	286 <sup>аб</sup>	141 <sup>абв</sup>	87 <sup>б</sup>	963 <sup>аб</sup>	461 <sup>абг</sup>	25 <sup>б</sup>
3. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,25 л/га + 0,25 л/га	108 <sup>б</sup>	408 <sup>аб</sup>	217 <sup>а</sup>	149 <sup>а</sup>	1019 <sup>абг</sup>	385 <sup>абг</sup>	46 <sup>а</sup>
4. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,25 л/га + 0,5 л/га	80 <sup>в</sup>	164 <sup>б</sup>	149 <sup>абв</sup>	81 <sup>б</sup>	521 <sup>б</sup>	337 <sup>абг</sup>	33 <sup>в</sup>
5. Трейсер, КЭ - 0,25 л/га	423 <sup>г</sup>	1908 <sup>вд</sup>	90 <sup>б</sup>	350 <sup>в</sup>	2768 <sup>в</sup>	220 <sup>бг</sup>	123 <sup>г</sup>
6. Трейсер, КЭ - 0,5 л/га	280 <sup>д</sup>	957 <sup>гд</sup>	59 <sup>в</sup>	186 <sup>г</sup>	1373 <sup>а</sup>	58 <sup>в</sup>	71 <sup>д</sup>
7. Нексус, ВР - 1,0 л/га	283 <sup>д</sup>	1724 <sup>де</sup>	191 <sup>абв</sup>	286 <sup>д</sup>	2998 <sup>вгд</sup>	755 <sup>г</sup>	106 <sup>г</sup>
8. Нексус, ВР - 1,25 л/га	262 <sup>д</sup>	1061 <sup>гд</sup>	323 <sup>а</sup>	217 <sup>е</sup>	1624 <sup>г</sup>	719 <sup>г</sup>	86 <sup>е</sup>
9. Контроль	719 <sup>е</sup>	3124 <sup>е</sup>	167 <sup>а</sup>	626 <sup>ж</sup>	4316 <sup>д</sup>	450 <sup>г</sup>	356 <sup>ж</sup>

\*ОДС – однолетних двудольных сорных растений; ОЗС – однолетних злаковых сорных растений; разные строчные

буквы указывают на статистически значимые различия между вариантами опыта

Наиболее сильное (на уровне 84,6-90,7 %) снижение общей засоренности посадок картофеля среди всех вариантов опыта с использованием гербицидов в оба года исследований было отмечено при внесении баковой смеси 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР и 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ. При этом масса однолетних двудольных сорных растений снижалась на 76,8-94,8 %. Кроме того, в этом варианте в 2022 году снижение массы однолетних злаковых сорных растений достигало 86,2 % (Ткач и др., 2023). Достоверно судить об эффективности гербицидов против однолетних злаковых сорных растений в 2023 году было затруднительно в связи со слабым развитием сорных растений этой группы и их неравномерным распространением по территории опытного участка.

Эффективность варианта с баковой смесью с меньшей нормой применения гербицида Нексус, ВР (1,0 л/га) и такой же нормой применения гербицида Трейсер, КЭ (0,5 л/га) уступала эффективности предыдущего варианта в среднем на 3 %, а остальные варианты с баковой смесью гербицидов – более, чем на 8 % (таблица 15).

Преимущество применения баковой смеси над внесением препарата Трейсер, КЭ в чистом виде было достигнуто за счет подавления растений горца щавелелистного (препарат Трейсер, КЭ практически не действовал на данный вид), а также более эффективного влияния обработки на растения мари белой и фаллопии вьюнковой (таблицы 16 и 17).

Преимущество использования баковой смеси над внесением гербицида Нексус, ВР в чистом виде достигалось за счет более сильного влияния на преобладавшую на опытном участке марь белую и ежовник обыкновенный. В первый год исследований преимущество баковой смеси наблюдалось также и по действию на растения фаллопии вьюнковой (таблицы 16 и 17).

Очищение посадок картофеля от сорных растений с использованием гербицидов как в чистом виде, так и в баковой смеси способствовало значительному повышению урожайности культуры. Наибольшая урожайность картофеля была получена в варианте с баковой смесью 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР с 0,5 л/га препарата Трейсер, КЭ: 20,3 т/га в 2022 году и 35,8 т/га в 2023 году.

На втором месте находился вариант с баковой смесью гербицидов Нексус, ВР + Трейсер, КЭ (1,0 л/га + 0,5 л/га), в котором данные показатели составили соответственно 16,6 и 34,5 т/га. Использование 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР в чистом виде в 2022 году не обеспечивало достоверную прибавку урожая культуры в связи с зарастанием данного варианта однолетними злаковыми сорными растениями (рисунок 16).

Таблица 16 – Влияние гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ и их баковой смеси на отдельные виды сорных растений в посадках картофеля (2022 г.)

Варианты опыта	Даты учетов	Снижение количества сорных растений, % к контролю							
		<i>Echinochloa crusgalli</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Polygonum lapathifolium</i>	<i>Fallopia convolvulus</i>	<i>Stellaria media</i>	<i>Erysimum cheiranthoides</i>	<i>Galinsoga parviflora</i>	<i>Spergula arvensis</i>
1. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,0 л/га + 0,25 л/га	05.07	14,2	68,4	91,3	95,2	100	100	100	43,8
	20.07	81,8	82,0	90,4	100	100	100	-	0
	24.08	69,9	66,5	81,3	81,8	100	100	87,0	-
2. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,0 л/га + 0,5 л/га	05.07	60,4	84,7	89,7	95,2	100	100	83,3	87,5
	20.07	88,3	94,4	80,1	97,2	100	100	-	100
	24.08	78,3	90,5	72,0	86,4	100	100	69,6	-
3. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,25 л/га + 0,25 л/га	05.07	28,4	70,6	92,9	90,5	100	100	91,7	62,5
	20.07	70,8	80,4	83,3	88,9	100	100	-	0
	24.08	78,3	71,5	81,3	86,4	100	100	69,6	-
4. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,25 л/га + 0,5 л/га	05.07	75,0	89,0	88,6	100	100	100	91,7	68,8
	20.07	87,0	94,9	85,9	97,2	100	100	-	100
	24.08	80,7	89,0	85,3	90,9	100	100	73,9	-
5. Трейсер, КЭ - 0,25 л/га	05.07	67,9	36,2	1,6	81,0	100	91,7	75,0	0
	20.07	88,1	60,5	0	86,1	100	54,5	-	0
	24.08	86,7	55,5	0	68,2	100	100	56,5	-
6. Трейсер, КЭ - 0,5 л/га	05.07	87,7	78,2	6,5	100	100	83,3	100	37,5
	20.07	94,2	89,0	0	80,6	100	72,7	-	0
	24.08	94,0	88,6	0	90,9	100	33,3	78,3	-
7. Нексус, ВР - 1,0 л/га	05.07	0	62,4	97,8	66,7	10,0	100	83,3	81,3
	20.07	0	85,0	97,4	77,8	0	100	-	100
	24.08	68,7	79,1	82,7	68,2	40,0	100	82,6	-
8. Нексус, ВР - 1,25 л/га	05.07	0	79,1	96,2	81,0	90,0	100	83,3	81,3
	20.07	0	91,2	99,4	91,7	75,0	100	-	100
	24.08	78,3	83,7	94,7	86,4	60,0	100	91,3	-
9. Контроль*	05.07	268	354	184	21	20	12	12	16
	20.07	537	593	156	36	4	11	0	1
	24.08	83	263	75	22	5	3	23	0

\*В контроле представлены данные о количестве сорных растений, экз./м<sup>2</sup>

Таблица 17 – Влияние гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ и их баковой смеси на отдельные виды сорных растений в посадках картофеля (2023 г.)

Варианты опыта	Даты учетов	Снижение количества сорных растений, % к контролю					
		<i>Chenopodium album</i>	<i>Polygonum lapathifolium</i>	<i>Fallopia convolvulus</i>	<i>Spergula arvensis</i>	<i>Erysimum cheiranthoides</i>	<i>Echinochloa crusgalli</i>
1. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,0 л/га + 0,25 л/га	05.07	82,4	100	87,5	91,7	100	0
	20.07	82,0	95,6	93,8	100	100	24,6
	08.08	89,3	91,9	100	100	-	64,2
2. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,0 л/га + 0,5 л/га	05.07	90,4	97,8	100	100	0	30,9
	20.07	90,2	100	93,8	100	100	44,9
	08.08	93,2	100	100	100	-	83,0
3. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,25 л/га + 0,25 л/га	05.07	90,6	91,3	100	100	100	27,9
	20.07	81,4	77,8	87,5	75,0	100	34,8
	08.08	89,3	100	94,4	100	-	62,3
4. Нексус, ВР + Трейсер, КЭ - 1,25 л/га + 0,5 л/га	05.07	93,5	87,0	100	100	100	47,1
	20.07	93,3	95,6	81,3	100	100	37,7
	08.08	91,5	100	100	100	-	75,5
5. Трейсер, КЭ - 0,25 л/га	05.07	42,6	21,7	75,0	100	100	26,5
	20.07	47,9	0	50,0	75,0	100	42,0
	08.08	65,4	51,4	72,2	100	-	64,2
6. Трейсер, КЭ - 0,5 л/га	05.07	66,8	0	50,0	91,7	0	52,9
	20.07	69,3	57,8	75,0	75,0	100	82,6
	08.08	84,2	59,5	83,3	100	-	69,8
7. Нексус, ВР - 1,0 л/га	05.07	65,6	95,7	100	100	100	0
	20.07	57,1	93,3	100	100	100	0
	08.08	73,1	91,9	88,9	100	-	28,3
8. Нексус, ВР - 1,25 л/га	05.07	76,4	80,4	100	83,3	100	0
	20.07	77,1	80,0	93,8	100	100	0
	08.08	81,2	97,3	100	100	-	22,6
9. Контроль*	05.07	584	46	8	12	1	68
	20.07	489	45	16	4	3	69
	08.08	234	37	18	14	0	53

\*В контроле представлены данные о количестве сорных растений, экз./м<sup>2</sup>

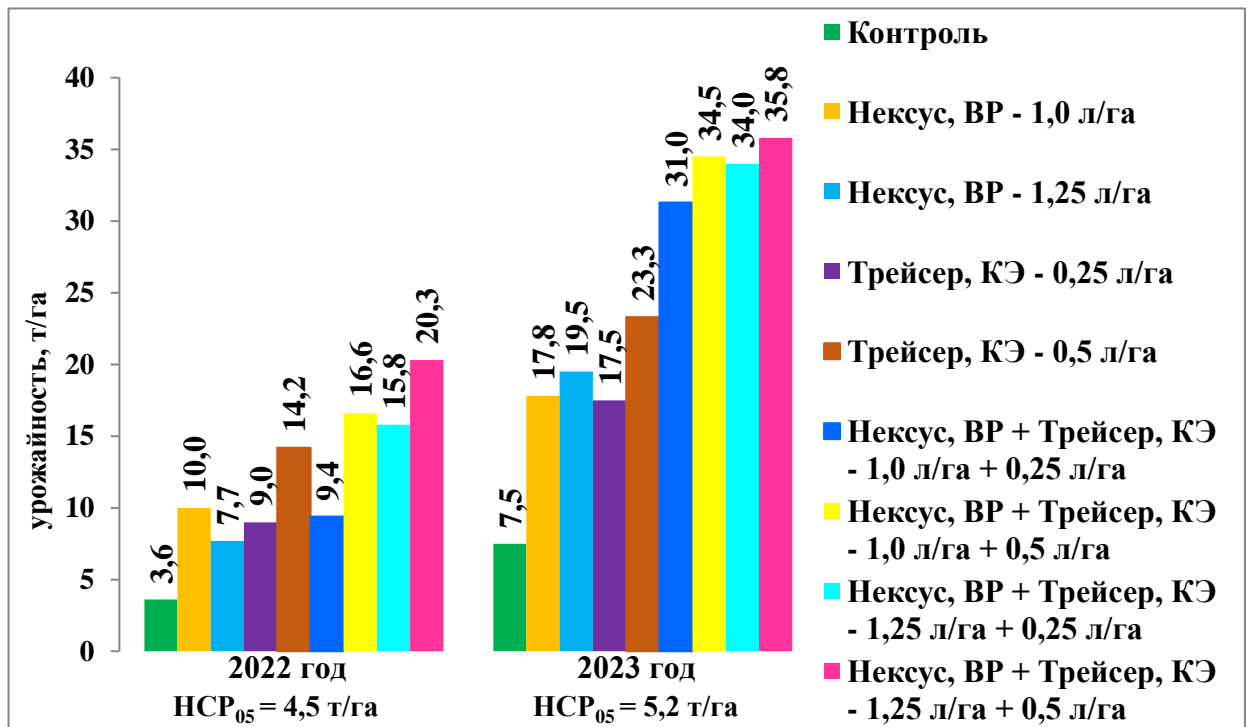


Рисунок 16 – Урожайность картофеля сорта Лига после применения гербицидов в чистом виде и их баковой смеси, т/га (2022-2023 гг.)

Таким образом по результатам опыта по оценке эффективности баковой смеси гербицидов Нексус, ВР + Трейсер, КЭ можно сделать следующие выводы:

Наиболее эффективными вариантами опыта были варианты с внесением баковой смеси гербицидов Нексус, ВР + Трейсер, КЭ (1,0-1,25 л/га + 0,5 л/га). В этих вариантах отмечалось существенное снижение общего количества сорных растений (79,3-90,7 %), а также снижение массы обеих групп сорных растений: однолетних двудольных сорных растений – выше 75,0 %; однолетних злаковых сорных растений – до 86,2 %.

Использование гербицида Нексус, ВР в чистом виде наиболее заметно уступало внесению баковой смеси гербицидов Нексус, ВР + Трейсер, КЭ (1,0-1,25 л/га + 0,5 л/га) по действию на растения ежовника обыкновенного и мари белой. Основное преимущество баковой смеси над гербицидом Трейсер, КЭ реализовывалось в отношении действия на растения горца щавелелистного.

Вариант с внесением баковой смеси 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР и 0,5 л/га препарата Трейсер, КЭ обеспечил наибольшую прибавку урожая картофеля – 16,7

т/га в 2022 году и 28,3 т/га в 2023 году, которая существенно превышала контрольный показатель (3,6 и 7,5 т/га). При этом в 2023 году все варианты с баковой смесью гербицидов существенно превосходили варианты с внесением препаратов в чистом виде.



## ГЛАВА 4. БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕРБИЦИДОВ ДЛЯ КАРТОФЕЛЯ

До настоящего времени в нашей стране гербициды на основе фомесафена никогда не использовались для обработок посадок картофеля. Между тем, новые препараты всегда нуждаются в оценке безопасности для растений культуры. Как было указано выше, сорта картофеля, различающиеся по степени созревания могут по-разному реагировать на внесение гербицидов. Например, такими препаратами являются гербициды на основе метрибузина, который в этой связи был выбран нами в качестве эталона для оценки безопасности использования фомесафена для разных по степени созревания сортов картофеля, возделываемых в Северо-Западном регионе. Опыты проводили в течение двух вегетационных сезонов 2020 и 2021 годов на опытном поле ФГБНУ ВИЗР в Ленинградской области.

Визуальные признаки фитотоксичности фомесафена и метрибузина проявлялись на растениях картофеля в оба года проведения исследований. Использование фомесафена приводило к пожелтению краев листьев культурных растений. Использование метрибузина, кроме слабого пожелтения, обеспечивало «мраморность» листьев растений картофеля. На рисунках 17 и 18 продемонстрировано наиболее яркое проявление фитотоксичности на растениях картофеля ранних сортов Удача и Невский в вариантах с применением фомесафена и метрибузина.

В 2020 году признаки фитотоксичности присутствовали у растений всех трех сортов картофеля. При этом количество всходов растений картофеля, на которых проявлялись эти признаки, было разным. На растениях сорта Удача через 2 дня после появления массовых всходов (ДППВ) в вариантах с внесением обоих гербицидов в среднем было обнаружено 1,7 растение с признаками фитотоксичности (таблица 18).



А



Б



В



Г



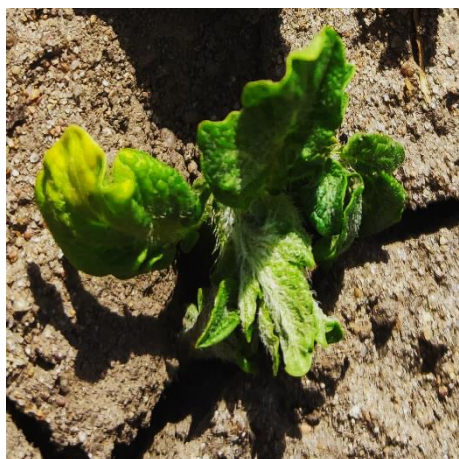
Д



Е

Рисунок 17 – Визуальное проявление фитотоксического действия гербицидов на растениях картофеля сорта Удача в 2020 году на второй день после появления всходов: А, Б – варианты с применением фомесафена; В, Г – варианты с применением метрибузина; Д, Е – контроль (ориг.)





А



Б



В

Рисунок 18 – Визуальное проявление фитотоксического действия гербицидов на растениях картофеля сорта Невский в 2020 году на второй день после появления всходов: А – вариант с применением фомесафена; Б – вариант с применением метрибузина; В – контроль (ориг.)

В это время количество поврежденных гербицидами растений сорта Невский было ниже: 1 экземпляр – в варианте с фомесафеном и 1,3 экземпляра – в варианте с метрибузином. На посадках картофеля сорта Аврора значения были самыми минимальными – в среднем 0,3 и 0,7 растения на делянке. Симптомы фитотоксичности гербицидов сохранялись в течение недели, а в дальнейшем растения картофеля всех трех сортов восстанавливались и через две недели после массового появления всходов на всех растениях картофеля повреждения не обнаруживались.

Отмечено, что количество взошедших растений картофеля по всем вариантам опыта во время проведения учетов значительно варьировало, однако статистически эти различия были несущественными в оба года проведения исследований (Ткач, Golubev, 2022).

В 2021 году статистически значимые проявления фитотоксичности были отмечены на 2 день после появления массовых всходов растений картофеля сорта Удача в варианте с внесением фомесафена – было повреждено в среднем 2 растения на делянке. При следующем учете проявления фитотоксичности были отмечены как в варианте с применением фомесафена, так и в варианте с внесением метрибузина на двух сортах картофеля: на делянках с сортом Удача таких растений насчитывалось в среднем 1,0 и 0,7; на делянках с сортом Невский – 0,3 и 0,7 соответственно. Как и в первый год исследования, через 2 недели после появления всходов все поврежденные растения картофеля восстанавливались (таблица 18).

В 2020 году высота растений картофеля всех трех сортов в вариантах с внесением гербицидов в целом не уступала высоте растений на контрольных делянках (рисунок 19).

Растения картофеля сорта Удача после использования фомесафена развивались быстрее контроля: в течение первого учета превышение контрольных значений составляло 39 %. При внесении метрибузина высота растений картофеля была на уровне контроля, а диапазон колебаний составлял от 2 до 5 %.

Высота растений картофеля сорта Невский не зависела от внесения гербицидов: диапазон изменений высоты растений относительно контроля находился в промежутке от 1 до 15 %.

На посадках картофеля сорта Аврора внесение метрибузина приводило к существенному (23 %) отставанию высоты растений по сравнению с контролем при первом учете. Остальные значения находились в интервале от 1 до 10 % (рисунок 19).

Таблица 18 – Фитотоксичность гербицидов (общее количество растений картофеля на делянке / количество поврежденных растений на делянке) (2020-2021 гг.)

Варианты опыта	2020 год								2021 год							
	2 ДППВ		7 ДППВ		14 ДППВ		28 ДППВ		2 ДППВ		7 ДППВ		14 ДППВ		28 ДППВ	
	ОКР	РСФ	ОКР	РСФ	ОКР	РСФ	ОКР	РСФ	ОКР	РСФ	ОКР	РСФ	ОКР	РСФ	ОКР	РСФ
сорт Удача																
1. Фомесафен - 300 г/га д.в.	10,5**	1,7 <sup>б</sup>	15,0**	0,7 <sup>б</sup>	15,0**	0 <sup>а</sup>	15,0**	0 <sup>а</sup>	16,3**	2,0 <sup>б</sup>	21,3**	1,0 <sup>а</sup>	21,3**	0 <sup>а</sup>	21,3**	0 <sup>а</sup>
2. Метрибузин - 980 г/га д.в.	8,6**	1,7 <sup>б</sup>	14,7**	1,3 <sup>б</sup>	14,7**	0 <sup>а</sup>	14,7**	0 <sup>а</sup>	17,0**	0 <sup>а</sup>	20,0**	0,7 <sup>а</sup>	20,7**	0 <sup>а</sup>	20,7**	0 <sup>а</sup>
3. Контроль	8,0**	0 <sup>а</sup>	14,3**	0 <sup>а</sup>	14,3**	0 <sup>а</sup>	14,3**	0 <sup>а</sup>	15,7**	0 <sup>а</sup>	19,0**	0 <sup>а</sup>	21,0**	0 <sup>а</sup>	21,0**	0 <sup>а</sup>
сорт Невский																
1. Фомесафен - 300 г/га д.в.	11,1**	1,0 <sup>б</sup>	16,7**	2,0 <sup>б</sup>	16,7**	0 <sup>а</sup>	16,7**	0 <sup>а</sup>	13,3**	0 <sup>а</sup>	18,7**	0,3 <sup>а</sup>	19,3**	0 <sup>а</sup>	19,3**	0 <sup>а</sup>
2. Метрибузин - 980 г/га д.в.	11,7**	1,3 <sup>б</sup>	16,7**	0,3 <sup>б</sup>	16,7**	0 <sup>а</sup>	16,7**	0 <sup>а</sup>	15,7**	0 <sup>а</sup>	17,0**	0,7 <sup>а</sup>	19,3**	0 <sup>а</sup>	19,3**	0 <sup>а</sup>
3. Контроль	10,1**	0 <sup>а</sup>	16,0**	0 <sup>а</sup>	16,0**	0 <sup>а</sup>	16,0**	0 <sup>а</sup>	14,7**	0 <sup>а</sup>	18,3**	0 <sup>а</sup>	18,7**	0 <sup>а</sup>	18,7**	0 <sup>а</sup>
сорт Аврора																
1. Фомесафен - 300 г/га д.в.	7,1**	0,3 <sup>б</sup>	16,3**	0,3 <sup>б</sup>	16,3**	0 <sup>а</sup>	16,3**	0 <sup>а</sup>	6,3*	0 <sup>а</sup>	14,7**	0 <sup>а</sup>	19,0**	0 <sup>а</sup>	19,0**	0 <sup>а</sup>
2. Метрибузин - 980 г/га д.в.	11,4**	0,7 <sup>б</sup>	18,0**	0,7 <sup>б</sup>	18,0**	0 <sup>а</sup>	18,0**	0 <sup>а</sup>	11,3**	0 <sup>а</sup>	16,7**	0 <sup>а</sup>	20,7**	0 <sup>а</sup>	20,7**	0 <sup>а</sup>
3. Контроль	9,2**	0 <sup>а</sup>	15,3**	0 <sup>а</sup>	15,3**	0 <sup>а</sup>	15,3**	0 <sup>а</sup>	10,3**	0 <sup>а</sup>	16,3**	0 <sup>а</sup>	20,7**	0 <sup>а</sup>	20,7**	0 <sup>а</sup>

ДППВ – дни после появления всходов; ОКР – общее количество растений; РСФ – растения с признаками фитотоксичности;

\*\* – недостоверные различия на уровне  $p=0,05$ ; <sup>а, б</sup> – варианты, различающиеся между собой

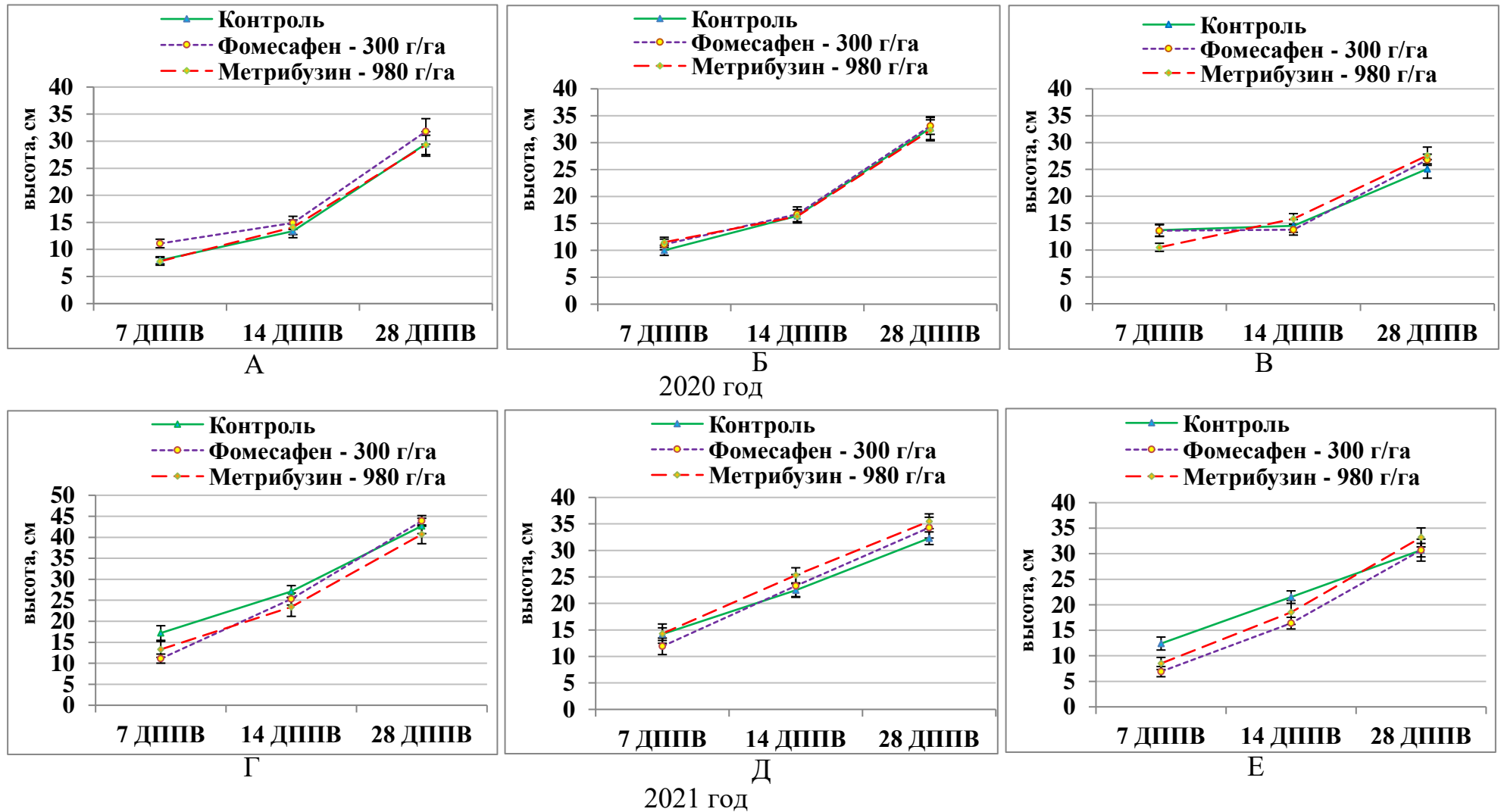


Рисунок 19 – Высота растений картофеля после проведения обработки гербицидами, см: А, Г – сорт Удача; Б, Д – сорт Невский; В, Е – сорт Аврора

В 2021 году проявление фитотоксичности гербицидов проявилось более выражено. Наблюдалось отставание высоты растений картофеля сорта Удача в вариантах с внесением обоих гербицидов. Через 7 дней после появления всходов этот показатель составлял 35 % (в варианте с внесением фомесафена) и 23 % (в варианте с применением метрибузина). В дальнейшем различия нивелировались и при учете на 14 день после появления всходов значимым было отставание по высоте растений картофеля лишь в варианте с метрибузином (14 %) (рисунок 19).

На посадках картофеля сорта Невский на 7 день после появления всходов было отмечено отставание по высоте растений в варианте с внесением фомесафена (на 16 %). После 14 дня, ситуация изменилась – высота растений картофеля в вариантах с гербицидами была выше, а диапазон колебаний составлял от 1 до 12 %.

На посадках картофеля сорта Аврора отставание по высоте обработанных гербицидами растений проявлялось наиболее сильно. В варианте с внесением фомесафена данный показатель составлял 44 % (7 день после появления всходов) и 24 % (14 день после появления всходов). При использовании метрибузина: 31 % и 14 % соответственно.

Таким образом, выравнивание высоты растений картофеля сорта Аврора по вариантам опыта происходило к 28 дню после появления всходов (рисунок 19).

В 2020 году урожайность всех трех сортов картофеля находилась на одном уровне – от 24,1 т/га (сорт Аврора) до 25,5 т/га (сорт Удача). В 2021 году урожайность картофеля сортов Удача и Невский была заметно выше – 28,0 и 30,2 т/га, соответственно. При этом, у картофеля сорта Аврора урожайность не повысилась и составила 22,8 т/га. Несмотря на высокую изменчивость полученных данных ни в одном из вариантов опыта с внесением гербицидов не было выявлено достоверного снижения урожайности культуры (таблица 19). Единственное существенное различие было зафиксировано в 2020 году – в варианте с применением метрибузина урожайность была существенно выше контроля, однако, эта тенденция не подтвердилась на следующий год (Ткач, Голубев, 2021а).

Таблица 19 – Влияние гербицидов на общую урожайность картофеля, т/га, при обработке до всходов культуры (2020-2021 гг.)

Варианты опыта	Урожайность сортов картофеля, т/га					
	Удача		Невский		Аврора	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
1. Фомесафен - 300 г/га д.в.	24,0	34,9	25,4	36,7	21,2	25,9
2. Метрибузин - 980 г/га д.в.	30,7	29,8	24,7	37,0	19,4	21,4
3. Контроль	25,5	28,0	24,8	30,2	24,1	22,8
НСР <sub>05</sub>	2,1	9,4	4,0	14,2	7,3	10,7

Полученные нами в результате проведенных исследований данные позволяют констатировать, что внесение фомесафена и метрибузина способно вызывать осветление и пожелтение кончиков листьев растений всех исследованных сортов картофеля. При этом, степень этого воздействия различалась в зависимости от сорта: наиболее отчетливо оно наблюдалось у раннеспелого и среднеспелого сортов картофеля.

Несмотря на то, что в 2020 году признаки фитотоксичности наблюдались у растений всех трех сортов, количество растений с признаками фитотоксичности сортов Удача и Невский было больше по сравнению с сортом Аврора. В 2021 году признаки фитотоксичности были отмечены преимущественно на растениях сорта Удача и только при втором учете их незначительное количество наблюдалось на сорте Невский.

Выявлено, что визуальные признаки фитотоксичности в оба года исследований проявлялись в течение короткого периода времени, не превышающего одну неделю. Это согласуется с данными других авторов, изучавших фитотоксичность при использовании гербицидов. Было показано, что признаки фитотоксичности при внесении почвенных гербицидов проявлялись через 10 дней после появления всходов и полное восстановление растений отмечалось к 30 дню после появления всходов (Luz et al., 2018; Abdallah et al., 2021). То, что культура восстанавливается после повреждений, вызываемых применением гербицидов, отмечает и другой автор в отношении использования фомесафена: слабые признаки



повреждения культуры наблюдались на 7 и 14 день после обработки и полностью исчезали на 42 день после обработки (Mohseni-Moghadam et al., 2017).

В 2020 году высота растений картофеля всех трех сортов в вариантах с внесением гербицидов в целом не уступала высоте растений на контрольных делянках. Между тем, отрицательное влияние применения гербицидов наиболее четко проявилось в 2021 году, когда после внесения как метрибузина, так и фомесафена наблюдалось существенное отставание растений двух сортов (Удачи и Авроры) на 7 и 14 сутки после появления всходов.

Погодные условия периодов проведения опытов в 2020 и 2021 годах отличались от среднемноголетних более сухой и жаркой погодой. При этом, погода, наблюдавшаяся непосредственно во время закладки опытов, проведения обработок и первых учетов (4 декады, начиная со второй декады июня) была еще более экстремальной. Так, превышение средней температуры в этот период над среднемноголетними данными составляло в 2020 году – 10 %, а в 2021 году – 36 %; сумма осадков в оба года была вдвое ниже среднемноголетнего значения; влажность воздуха в 2020 году была ниже на 11 %, а в 2021 году – на 22 %.

В связи с этим можно предположить, что более ярко проявившиеся в 2021 году симптомы фитотоксичности (отставание в росте) были обусловлены именно жаркими и засушливыми погодными условиями. Это согласуется с результатами, полученных в работах других авторов. В общих случаях толерантность или восприимчивость растений к гербицидам варьируется в зависимости от препарата (действующего вещества), сроков внесения (до или после появления всходов), нормы применения препарата, характеристик почвы и самого растения (связанных с поглощением, транслокацией и метаболизацией гербицида) и условий окружающей среды (Correia, Carvalho 2019; Colquhoun et al., 2021). В частности, показано, что условия окружающей среды, оказывающие непосредственное влияние на растения культуры (дождь, засуха), способствуют более сильному проявлению признаков фитотоксичности при использовании фомесафена (Main et al., 2012; Cieslik et al., 2014).

В результате диапазон изменчивости высоты растений всех трех сортов картофеля в вариантах с внесением обоих гербицидов и в контроле к 28 дню после появления всходов не превышал 10 % (все значения статистически находились на одном уровне). Этот факт, наряду с отсутствием значимого влияния гербицидов на количество стеблей и листьев растений картофеля, что также подтверждается данными Fonseca с соавторами (2018), говорит о большой восстановительной способности картофеля, вне зависимости от его сортовых особенностей.

Визуальные наблюдения за прохождением фенофаз развития растений картофеля не выявили значимых признаков отставания культурных растений в опытных вариантах от растений в контроле. Развитие растений картофеля всех трех сортов в оба года проведения опытов в вариантах с применением гербицидов происходило в соответствии с их биологическими особенностями.

Восстановительные способности растений картофеля, выявленные нами в опытах, находят свое отражение и при анализе такого интегрального показателя, как урожайность культуры. Несмотря на наблюдавшиеся на ранних этапах развития повреждения листьев у всходов картофеля в виде желтых пятен и на зафиксированное снижение высоты культурных растений, ни в одном из вариантов с использованием гербицидов в оба года проведения исследований статистически значимого отрицательного влияния гербицидов на развитие и урожайность картофеля не выявлено. Эти результаты коррелируют с данными, полученными учеными в опытах с метрибузином и фомесафеном на сое. Также, как и в наших опытах, повреждения растений сои, вызванные обработкой фомесафеном и метрибузином, наблюдались в начальный период, но это не оказывало отрицательного влияния на урожайность культуры (Priess et al., 2020; Arsenijevic et al., 2021).

Выявленная нами высокая устойчивость картофеля к действию гербицидов, применяющихся до всходов культурных растений, заставила нас задуматься об оценке возможного негативного влияния этих препаратов при их внесении по вегетирующим растениям картофеля. Такая ситуация может возникнуть в производстве, когда внести препараты в нужную фазу оказывается невозможным

(например, в силу погодных условий) и под обработку попадет часть всходов растений картофеля.

В связи с этим в 2021 году мы осуществили внесение фомесафена и метрибузина по появившимся всходам растений картофеля по той же схеме и на тех же сортах, которые обрабатывали до всходов культуры.

Через 7 дней после проведения этой обработки (ДППО) в варианте с внесением фомесафена наблюдались сильные ожоги как листьев, так и стеблей растений картофеля сортов Удача, Невский и Аврора. В варианте с применением метрибузина также на всех сортах наблюдались признаки фитотоксичности в виде очень слабого пожелтения краев листьев. При этом наибольшую чувствительность к применению гербицидов проявили растения картофеля сорта Удача. Количество этих растений с признаками фитотоксичности было наибольшим в опыте и составляло от 3,3 экз./делянке (вариант с внесением метрибузина) до 10,7 экз./делянке (вариант с внесением фомесафена). Высокую чувствительность к внесению гербицидов проявили и растения картофеля сорта Невский – от 4,7 до 6,3 экз./делянке с повреждениями соответственно. Количество поврежденных растений картофеля сорта Аврора было минимальным (до 4,7 экз./делянке). На рисунках 20, 21 и 22 представлены визуальные симптомы фитотоксического действия применения фомесафена на растениях трех сортов картофеля (Ткач, Голубев, 2022).



А



Б

Рисунок 20 – Проявление фитотоксичности на картофеле сорта Удача на 7 день после обработки: А – вариант с внесением фомесафена; Б – контроль (ориг.)



А



Б

Рисунок 21 – Проявление фитотоксичности на картофеле сорта Невский на 7 день после обработки: А – вариант с применением фомесафена; Б – контроль (ориг.)



А



Б

Рисунок 22 – Проявление фитотоксичности на картофеле сорта Аврора на 7 день после обработки: А – вариант с применением фомесафена; Б – контроль (ориг.)

Через 14 дней после обработки количество растений с признаками фитотоксичности в варианте с внесением фомесафена начало уменьшаться на посадках картофеля сортов Удача и Невский (8,7 и 5,7 экз./делянке соответственно), а на посадках картофеля сорта Аврора их количество осталось на прежнем уровне. В варианте с использованием метрибузина в момент этого учета признаки фитотоксичности не обнаруживались

При проведении первых двух учетов (на 7 и 14 день после обработки) на посадках картофеля сорта Удача в вариантах с внесением гербицидов наблюдалось

значительное отставание по высоте растений в сравнении с контролем (в варианте с применением фомесафена этот показатель был ниже контрольного показателя практически в два раза). В дальнейшем высота растений, обработанных метрибузином, начала выравниваться с контролем, тогда как при использовании фомесафена она достигала уровня контрольного показателя только к моменту последнего учета (рисунок 23).

На посадках картофеля сортов Невский и Аврора наблюдалась аналогичная тенденция действия фомесафена на высоту растений. Высота растений картофеля в контроле и при внесении метрибузина была на одном уровне.

Количество листьев растений картофеля сорта Удача в течение двух первых учетов в вариантах с внесением препаратов уступало контрольному показателю. К моменту последнего учета данный показатель в контроле значительно превышал остальные варианты (рисунок 24).

На посадках картофеля сорта Невский количество листьев растений картофеля в контроле и в вариантах с внесением гербицидов было на сходном уровне (в варианте с внесением метрибузина отмечалось незначительное превышение данного показателя по сравнению с вариантом с внесением фомесафена).

На посадках картофеля сорта Аврора при первом учете количество листьев растений картофеля в вариантах с внесением гербицидов было на уровне контроля. В дальнейшем наблюдалось отставание обработанных вариантов от контрольного показателя (рисунок 24).

Применение препаратов по вегетации также, как и при внесении их до всходов культуры не оказывало значительного влияния на количество стеблей растений картофеля сортов Удача, Невский и Аврора.



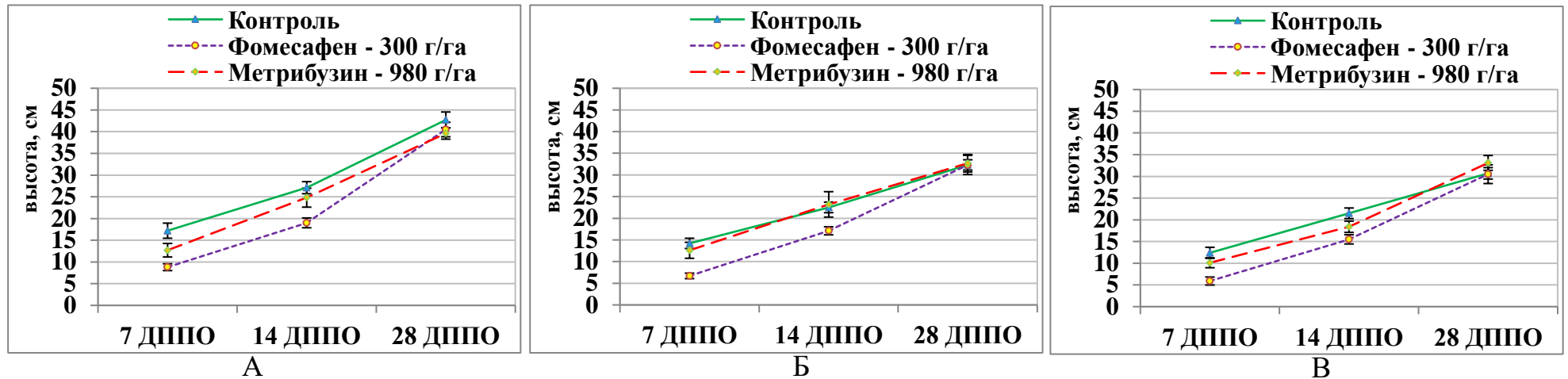


Рисунок 23 – Высота растений картофеля после проведения обработки гербицидами по всходам культуры, см:

А – сорт Удача; Б – сорт Невский; В – сорт Аврора

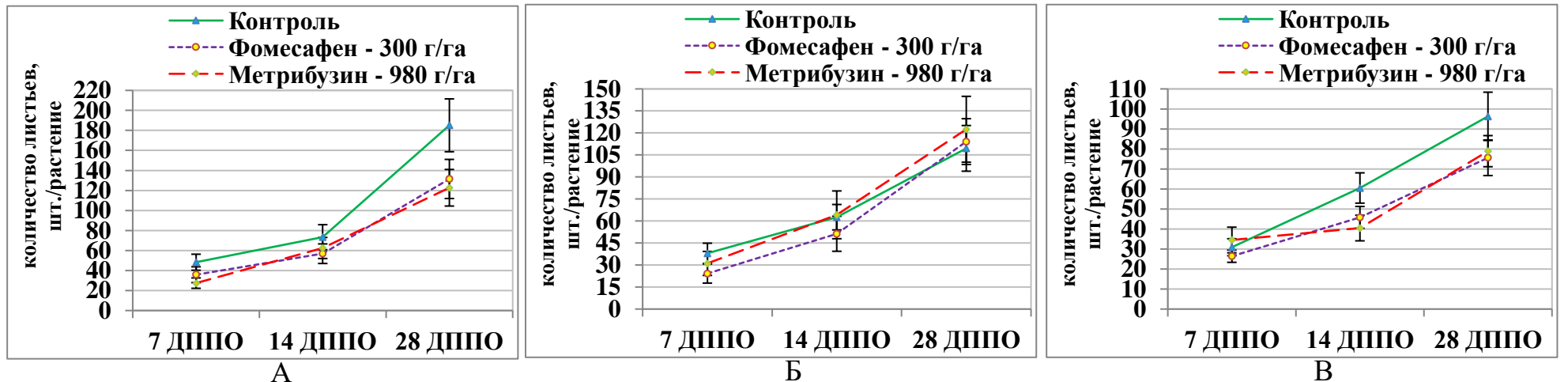


Рисунок 24 – Количество листьев у растений картофеля после проведения обработки гербицидами по всходам

культуры, шт./растение: А – сорт Удача; Б – сорт Невский; В – сорт Аврора

В целом, использование фомесафена по всходам культуры вызывало значительные ожоги растений картофеля. Это привело к замедленному прохождению фаз развития растений в вариантах с его внесением. Разница была особенно заметной при учете на 28 день после проведения обработки у растений сортов Удача и Невский. В момент данного учета растения картофеля сорта Удача в контроле и в варианте с применением метрибузина находились в фазе цветения, а в варианте с внесением фомесафена культурные растения находились в фазе бутонизации-начала цветения. На посадках картофеля сорта Невский в варианте с использованием фомесафена культурные растения находились в фазе бутонизации, тогда как в остальных вариантах уже отмечалась фаза начала цветения (приложение 3).

Применение как фомесафена, так и метрибузина не оказывало существенного влияния на урожайность картофеля. У картофеля сорта Удача наблюдалось незначительное снижение урожайности в обработанных гербицидами вариантах по сравнению с контрольным показателем, тогда как на сортах Невский и Аврора – обработанные варианты превышали контрольный показатель (таблица 20).

Таблица 20 – Влияние гербицидов на общую урожайность картофеля, т/га, при обработке по всходам культуры (2021 г.)

Варианты опыта	Урожайность сортов картофеля, т/га		
	Удача	Невский	Аврора
1. Фомесафен - 300 г/га д.в.	24,8	33,8	26,1
2. Метрибузин - 980 г/га д.в.	26,4	34,3	25,0
3. Контроль	28,0	30,2	22,8
НСР <sub>05</sub>	8,6	10,1	6,4

Полученные нами результаты позволяют констатировать следующее.

Применение фомесафена и метрибузина до всходов культуры способно вызывать симптомы фитотоксичности в виде пожелтения кончиков листьев растений у всех трех изученных нами сортов картофеля (наиболее чувствительными были растения ранних сортов Удача и Невский). Негативное

влияние довсходового применения гербицидов на высоту растений наиболее четко проявилось в засушливых условиях (в 2021 году), когда после внесения обоих гербицидов наблюдалось существенное отставание по высоте растений двух сортов (Удача и Аврора) на 7 и 14 сутки после появления всходов. При последнем учете (28 день после появления всходов) высота растений всех трех сортов картофеля в вариантах с внесением гербицидов и в контроле была на одном уровне (различия не превышали 10 %).

Использование фомесафена по всходам картофеля в течение 14 суток после обработки вызывало обширные ожоги как листьев, так и стеблей растений картофеля сортов Удача, Невский и Аврора. Растения раннего сорта Удача были наиболее чувствительными к внесению фомесафена. В варианте с применением метрибузина у растений всех сортов лишь при первом учете (на 7 день после проведения обработки) наблюдалось слабое пожелтение листьев. У растений всех сортов картофеля в варианте с внесением фомесафена по всходам культуры было отмечено существенное снижение высоты и количества листьев растений картофеля (особенно у растений сортов Удача и Невский). Применение метрибузина аналогично влияло на растения сорта Удача, а на растения остальных сортов действовало менее токсично.

Несмотря на наблюдавшиеся симптомы фитотоксичности, ни в одном из вариантов с внесением гербицидов в оба года проведения исследований статистически значимого отрицательного влияния гербицидов на урожайность культуры не выявлено, что свидетельствует о высокой восстановительной способности растений картофеля.

Полученные в опытах результаты о чувствительности ранних сортов картофеля к гербицидам были использованы для составления базы данных «Регламенты применения гербицидов на различных сортах картофеля» (Свидетельство о регистрации базы данных №2023623208 от 25.09.2023 г.) для выбора безопасных средств химической защиты посадок картофеля от сорных растений.



## ГЛАВА 5. ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В БОРЬБЕ С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ НА ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ

Согласно современной концепции защиты растений от вредных организмов, следует стремиться к использованию всей совокупности имеющихся методов борьбы (интегрированная защита). При этом пестициды, являясь в целом токсичными для живых организмов веществами, способны оказывать неблагоприятное действие не только на целевые, но и на нецелевые объекты. Поэтому крайне важно оценить возможное негативное воздействие гербицидов на организмы, составляющие основу биопрепаратов, и выбрать из всего ассортимента те из них, воздействие которых менее значимо.

Для изучения возможности совместного использования химического и биологического методов были проведены лабораторные опыты с целью подбора гербицида для возможного совместного использования с грибом *S. cirsii* S-47, представляющим собой основу для разработки будущего микогербицида, предназначенного для борьбы с такими многолетними двудольными сорными растениями, как осот полевой и бодяк полевой.

Этапы исследования:

- определение перечня гербицидов (и нормы их применения), разрешенных для использования на посадках картофеля в Российской Федерации;
- определение влияния гербицидов из этого перечня на рост колоний и прорастание конидий гриба *S. cirsii* S-47 в максимально рекомендуемых концентрациях;
- определение влияния разных концентраций наименее фунгитоксичных из выбранных на предыдущем этапе гербицидов на рост колоний и прорастание конидий гриба *S. cirsii* S-47.

Таблица 21 – Ассортимент однокомпонентных препаратов для применения на посадках картофеля

№	Препарат	Действующее вещество	Срок применения	Норма применения (max)	Норма расхода воды (min), л/га	Концентрация на 1 л
1	Зенкор Ультра, КС	600 г/л метрибузина	до всходов и по вегетации	1,6 л/га	200	8 мл
2	Гезагард, КС	500 г/л прометрина	до всходов	3,5 л/га	200	17,5 мл
3	Титус, СТС	250 г/кг римсульфурина	по вегетации	0,05 кг/га	200	0,25 г
4	Рейсер, КЭ	250 г/л флуорохлорида	до всходов	3,0 л/га	200	15 мл
5	Агритокс, ВК	500 г/л МЦПА к-ты	до всходов и по вегетации	1,2 л/га	200	6 мл
6	Боксер, КЭ	800 г/л просульфокарба	до всходов	5 л/га	200	25 мл
7	Буцефал, КЭ	480 г/л карфентразон-этила	по вегетации	0,125 л/га	50(А)	2,5 мл
8	Форвард, МКЭ	60 г/л хизалофоп-П-этила	по вегетации	2,0 л/га	25(А)	80 мл
9	Трейсер, КЭ	480 г/л кломазона	до всходов	0,5 л/га	100	5 мл
10	Нексус, ВР	240 г/л фомесафена	до всходов	1,25 л/га	100	12,5 мл

Из всего ассортимента пестицидов для защиты картофеля от сорных растений для изучения совместимости с грибом *S. cirsi* S-47 были отобраны 10 однокомпонентных препаратов, один из которых (Буцефал, КЭ) используется в качестве гербицида на других культурах и в качестве десиканта на картофеле (таблица 21).

В таблице 22 продемонстрировано влияние гербицидов в максимально рекомендованных нормах применения на рост колоний и прорастание конидий гриба *S. cirsi* S-47. Из десяти вариантов с отобранными препаратами рост колоний гриба *S. cirsi* S-47 на картофельно-глюкозном агаре (КГА) был отмечен в четырех вариантах. При использовании гербицида Титус, СТС наблюдали стимуляцию роста колоний гриба. На среде с препаратами Гезагард, КС; Буцефал, КЭ и Нексус, ВР наблюдалось слабое подавление его роста по сравнению с контролем.

Таблица 22 – Влияние гербицидов на рост колоний и прорастание конидий гриба *S. cirsi* S-47

	Наименование, препаративная форма	Концентрация на 100 мл среды/суспензии*	Рост колоний на КГА**	Прорастание конидий на водном агаре**
1	Зенкор Ультра, КС	0,8 мл	-	-
2	Гезагард, КС	1,75 мл	+	-
3	Титус, СТС	0,025 г	++	++
4	Рейсер, КЭ	1,5 мл	-	-
5	Агритокс, ВК	0,6 мл	-	-
6	Боксер, КЭ	2,5 мл	-	-
7	Буцефал, КЭ	0,25 мл	+	-
8	Форвард, МКЭ	8 мл	-	-
9	Трейсер, КЭ	0,5 мл	-	-
10	Нексус, ВР	1,25 мл	+	+

\* – максимальная рекомендованная концентрация

\*\* – - рост отсутствует, + рост/всхожесть существенно хуже контроля,

++ – рост/всхожесть на уровне контроля или выше

Среди испытанных гербицидов лишь препарат Титус, СТС не подавлял прорастание конидий гриба *S. cirsii* S-47. В варианте с гербицидом Нексус, ВР отмечался высокий уровень прорастания конидий гриба на водном агаре (ВА).

В целом, результаты показывают, что за исключением препарата Титус, СТС при указанных нормах применения препарата и рабочей жидкости, гербициды были токсичны для гриба *S. cirsii* S-47. Из них наиболее токсичными оказались препараты в виде концентрата эмульсии, содержащие органический растворитель, в котором растворено действующее вещество. Растворитель может отрицательно влиять на рост и прорастание конидий грибов (Caulder, Stowell, 1988).

Поскольку среди 10 исследуемых препаратов лишь гербицид Титус, СТС не оказывал отрицательного влияния в максимально рекомендованной норме применения на гриб *S. cirsii* S-47, мы провели анализ влияния повышенных концентраций этого пестицида на рост колоний, прорастание конидий и длину ростковых трубок гриба *S. cirsii* S-47.

Во всех изучаемых концентрациях препарата Титус, СТС прорастание конидий находилось на высоком уровне (90,5-100 %) (рисунки 25, 28). Сходная тенденция наблюдалась и по действию данного препарата на длину ростковых трубок гриба (рисунок 26). Даже в повышенной (250 %) концентрации препарата длина ростковых трубок достигала порядка 80 % от контрольного показателя.

На рисунках 27 и 29 продемонстрировано влияние гербицида Титус, СТС на рост колоний гриба *S. cirsii* S-47. При добавлении гербицида в среду ингибирование роста гриба *S. cirsii* S-47 отметили лишь при концентрации 200 % от максимальной нормы применения, что составляло 85 % по сравнению с контролем. При этом даже в 250 % концентрации от максимальной нормы применения препарата в среде, рост гриба понизился лишь на 18 % по сравнению с контрольным показателем.

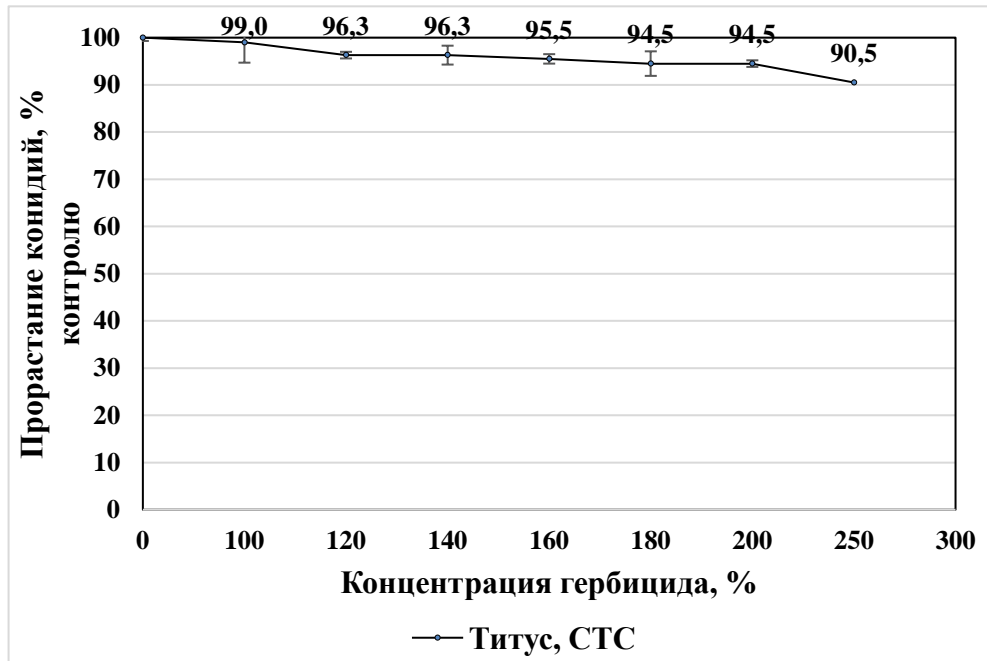


Рисунок 25 – Влияние различных концентраций гербицида Титус, СТС на прорастание конидий гриба *S. cirsi* S-47 на ВА при 20°C (через 15 часов)

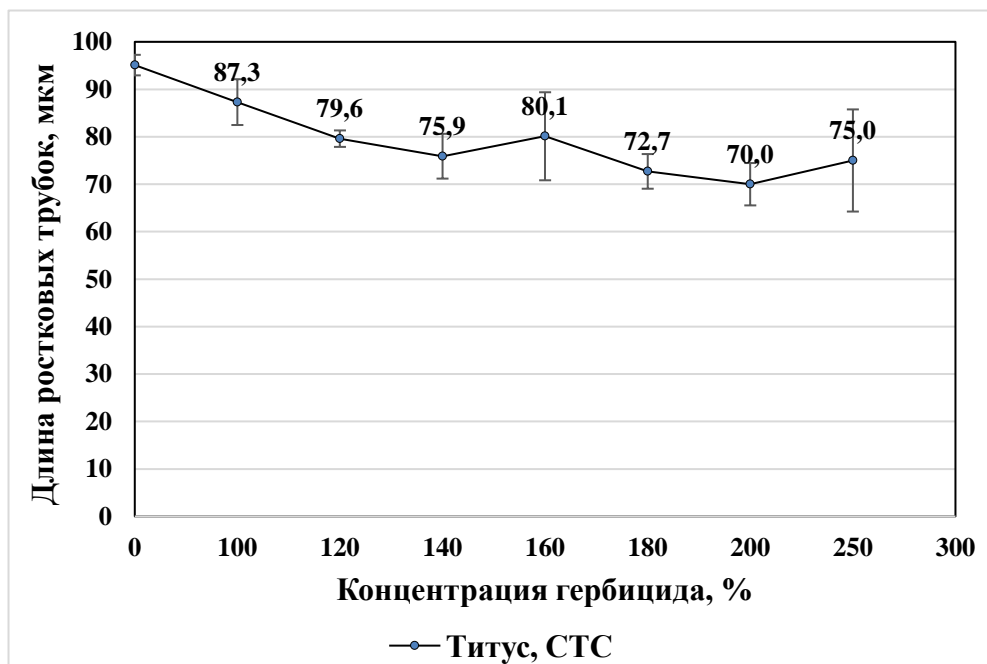


Рисунок 26 – Влияние различных концентраций гербицида Титус, СТС на длину ростковых трубок гриба *S. cirsi* S-47 на ВА при 20°C (через 15 часов)

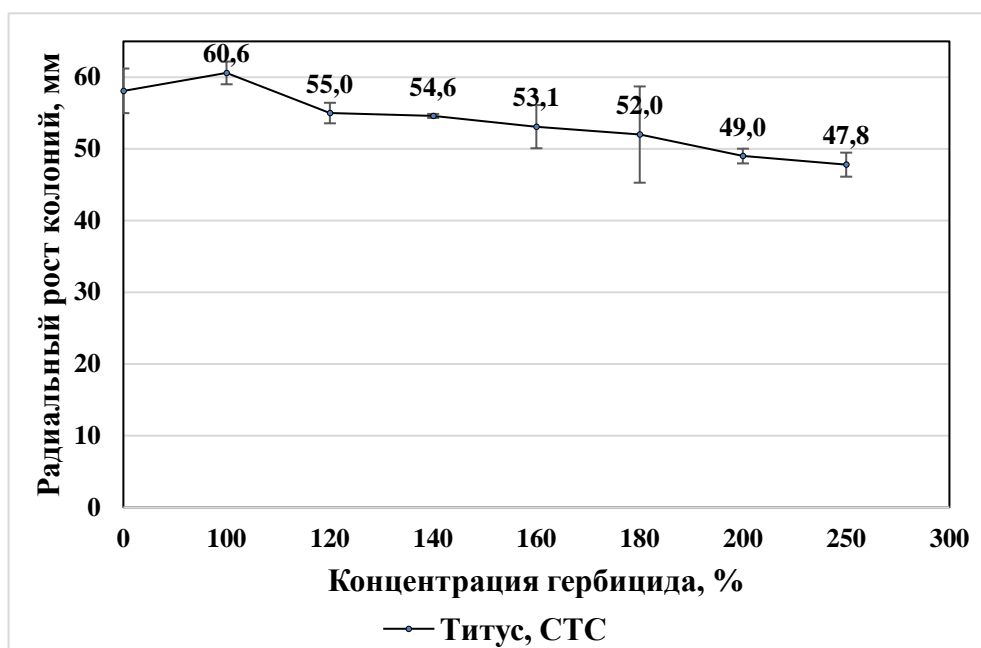


Рисунок 27 – Радиальный рост колоний гриба *S. cirsii* S-47 при 24°C на КГА с гербицидом Титус, СТС (7-е сутки)

Также из числа исследуемых пестицидов можно выделить препараты Нексус, ВР; Гезагард, КС и Буцефал, КЭ. В вариантах с этими препаратами наблюдался рост колоний гриба, а в варианте с гербицидом Нексус, ВР также отмечался и высокий процент прорастания конидий. Исходя из этого, мы провели анализ пониженных норм применения вышеперечисленных гербицидов на прорастание конидий и рост колоний гриба *S. cirsii* S-47.

На рисунке 30 показано влияние концентраций (% от нормы) гербицидов на прорастание конидий гриба *S. cirsii* S-47 через 15 часов. Наибольшее прорастание конидий было отмечено в варианте с гербицидом Нексус, ВР (99-100 %) (рисунки 30, 35). В варианте с препаратом Буцефал, КЭ прорастание конидий находилось в пределах 82-96 % (рисунки 30, 34). В варианте с гербицидом Гезагард, КС прорастание конидий было наименьшим и только в 20-10 % концентрации от максимальной нормы применения оно достигало более 75 % (рисунки 30, 33).

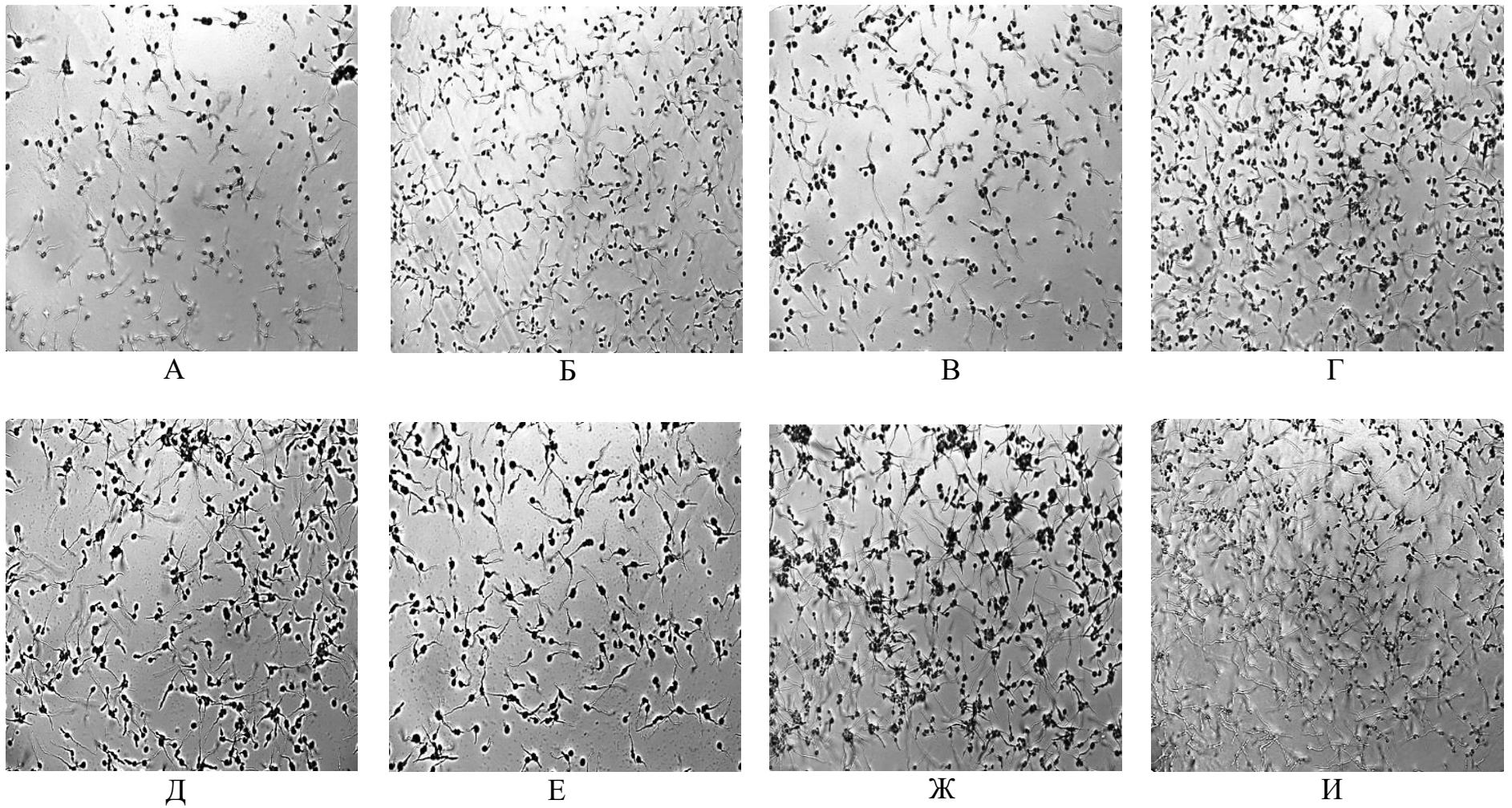


Рисунок 28 – Влияние концентраций (% от нормы) препарата Титус, СТС на прорастание конидий гриба *S. cirsi* S-47 (через 15 часов): А – 100 %; Б – 120 %; В – 140 %; Г – 160 %; Д – 180 %; Е – 200 %; Ж – 250 %; И – контроль (ориг.)

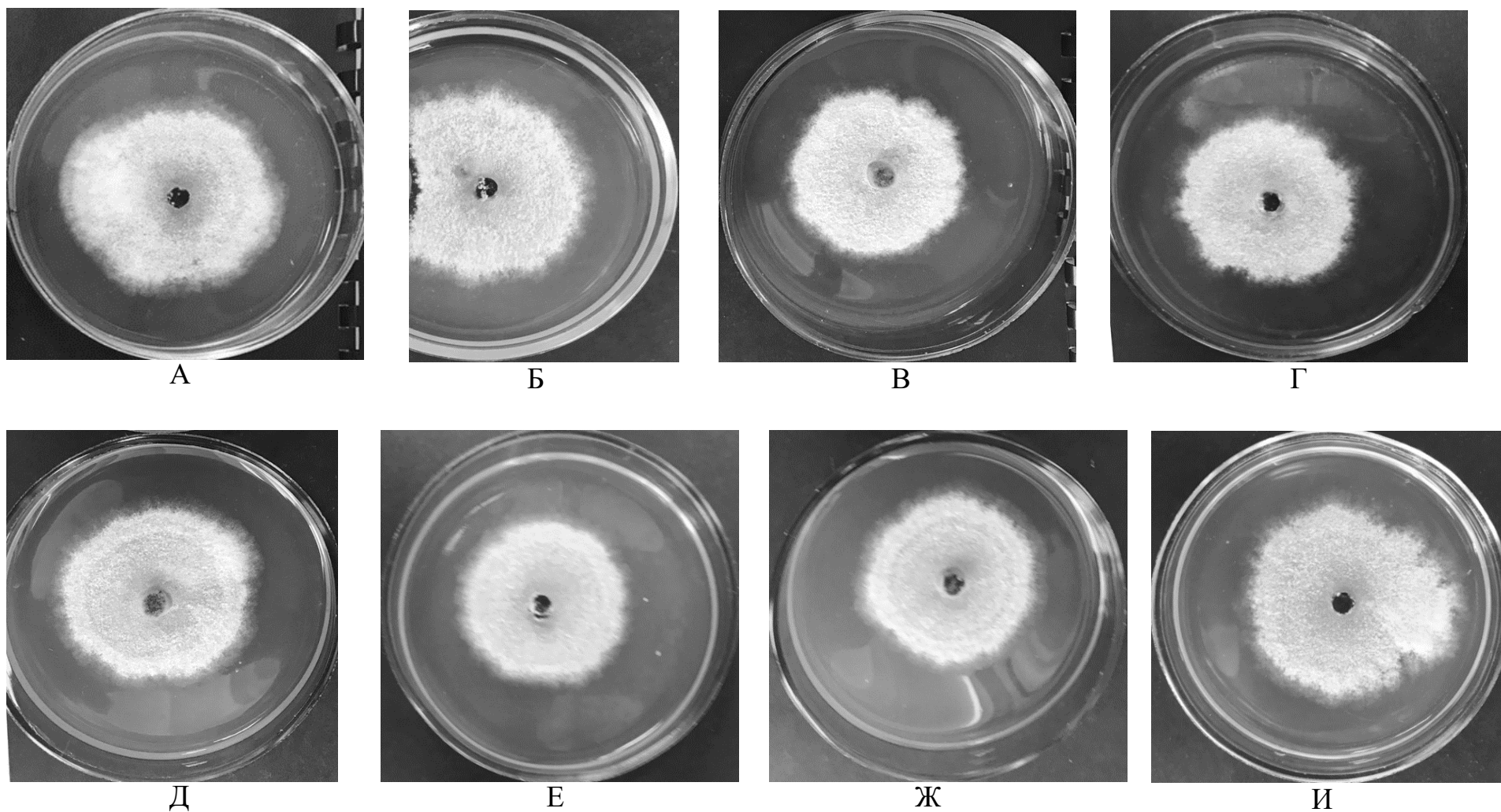


Рисунок 29 – Оценка влияния концентраций (% от нормы) препарата Титус, СТС на рост колоний гриба *S. cirsi* S-47 (7-й день роста): А – 100 %; Б – 120 %; В – 140 %; Г – 160 %; Д – 180 %; Е – 200 %; Ж – 250 %; И – контроль (ориг.)



Все три гербицида приводили к уменьшению длины ростковых трубок по сравнению с контролем. При 10 %-ной концентрации препарата Нексус, ВР длина ростковых трубок конидий (121,4 мкм) приближалась к контрольному значению (124,0 мкм). При 40 %-ной концентрации гербицидов Гезагард, КС; Буцефал, КЭ и Нексус, ВР длина ростковых трубок гриба *S. cirsii* S-47 в варианте с препаратом Нексус, ВР в 2,3 раза превышала изучаемый показатель по сравнению с остальными препаратами, которые не превышали 75,9 мкм (рисунок 31).

Сходная тенденция наблюдалась и по влиянию гербицидов на рост колоний гриба (рисунки 32, 36, 37 и 38). Наибольший рост колоний гриба *S. cirsii* S-47 был отмечен в варианте с гербицидом Нексус, ВР, который в свою очередь уступал контрольному показателю (61,3 мм) на 23-38 %.

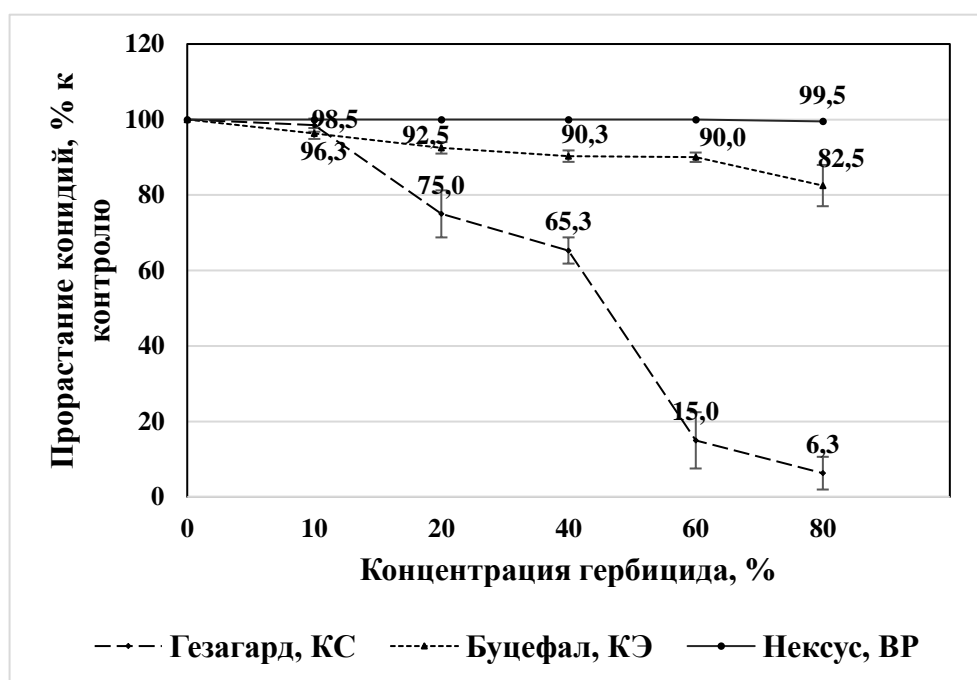


Рисунок 30 – Влияние различных концентраций гербицидов на прорастание конидий гриба *S. cirsii* S-47 на ВА при 20°C (через 15 часов)

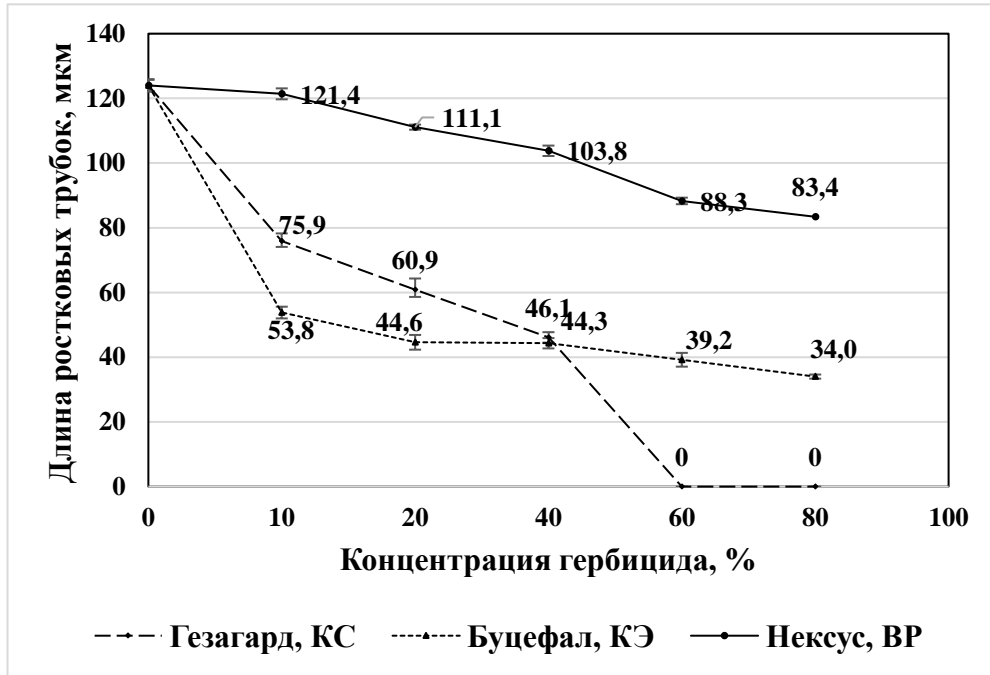


Рисунок 31 – Влияние различных концентраций гербицидов на длину ростковых трубок гриба *S. cirsi* S-47 на ВА при 20°C

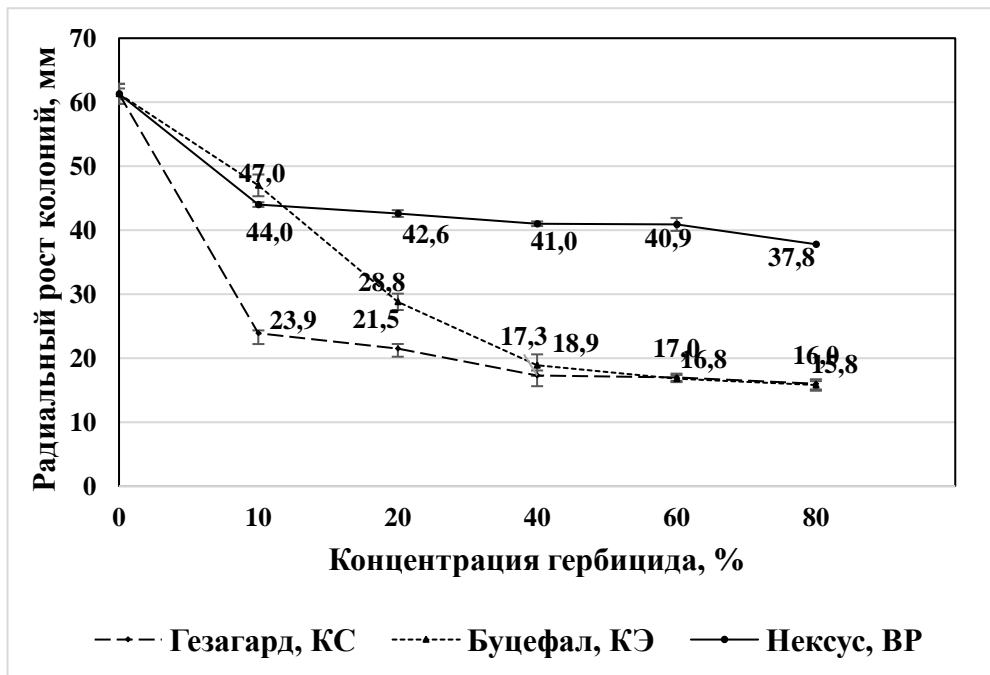


Рисунок 32 – Радиальный рост колоний гриба *S. cirsi* S-47 при 24°C на КГА с гербицидами (7-е сутки)

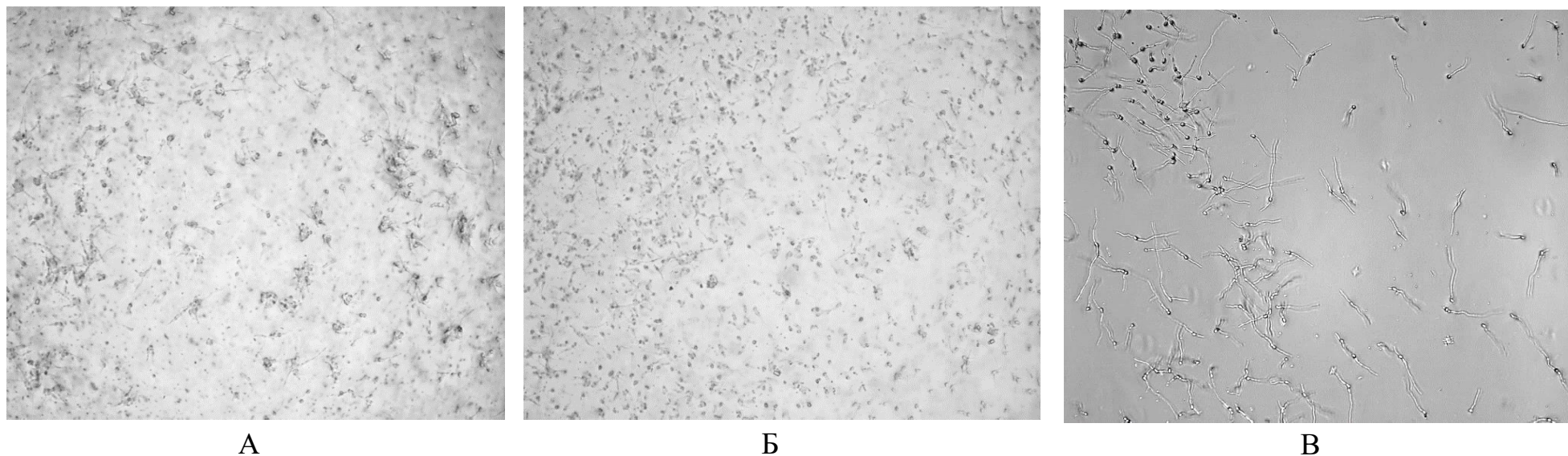


Рисунок 33 – Влияние концентраций (% от нормы) препарата Гезагард, КС на прорастание конидий гриба *S. cirsi* S-47 (через 15 часов): А – 20 %; Б – 10 %; В – контроль (ориг.)

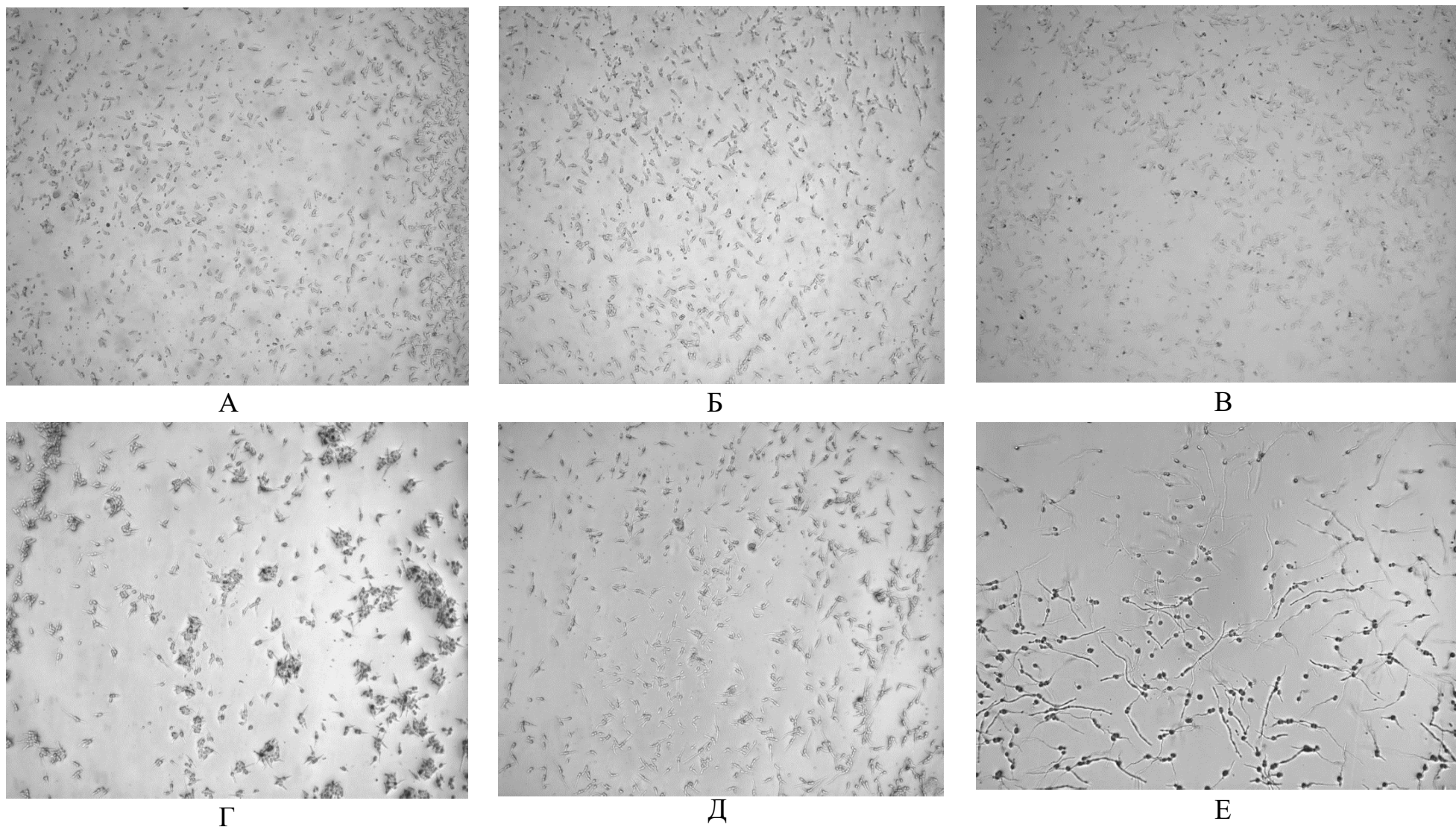
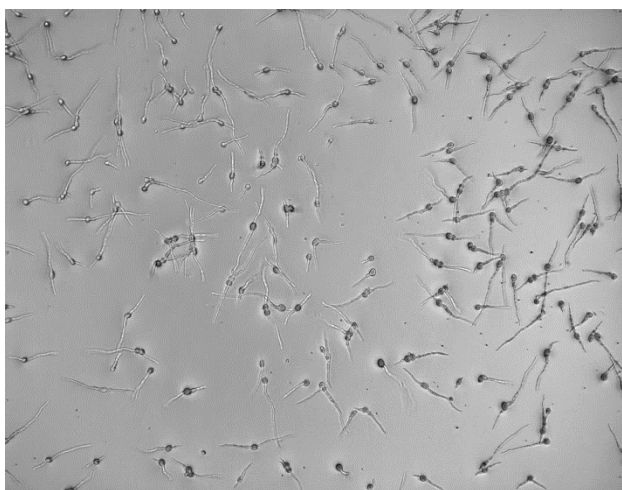


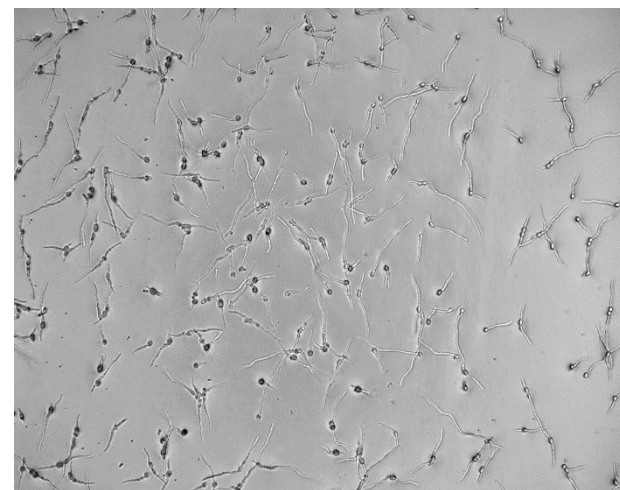
Рисунок 34 – Влияние концентраций (% от нормы) препарата Буцефал, КЭ на прорастание конидий гриба *S. cirsi* S-47 (через 15 часов): А – 80 %; Б – 60 %; В – 40 %; Г – 20 %; Д – 10 %; Е – контроль (ориг.)



А



Б



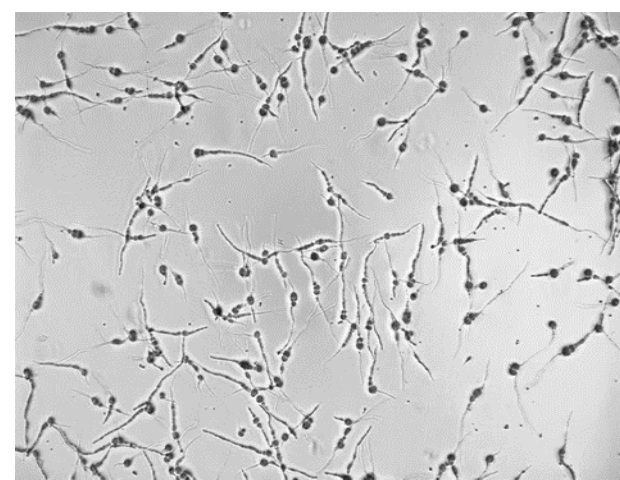
В



Г



Д



Е

Рисунок 35 – Влияние концентраций (% от нормы) препарата Нексус, ВР на прорастание конидий гриба *S. cirsi* S-47 (через 15 часов): А – 80 %; Б – 60 %; В – 40 %; Г – 20 %; Д – 10 %; Е – контроль (ориг.)



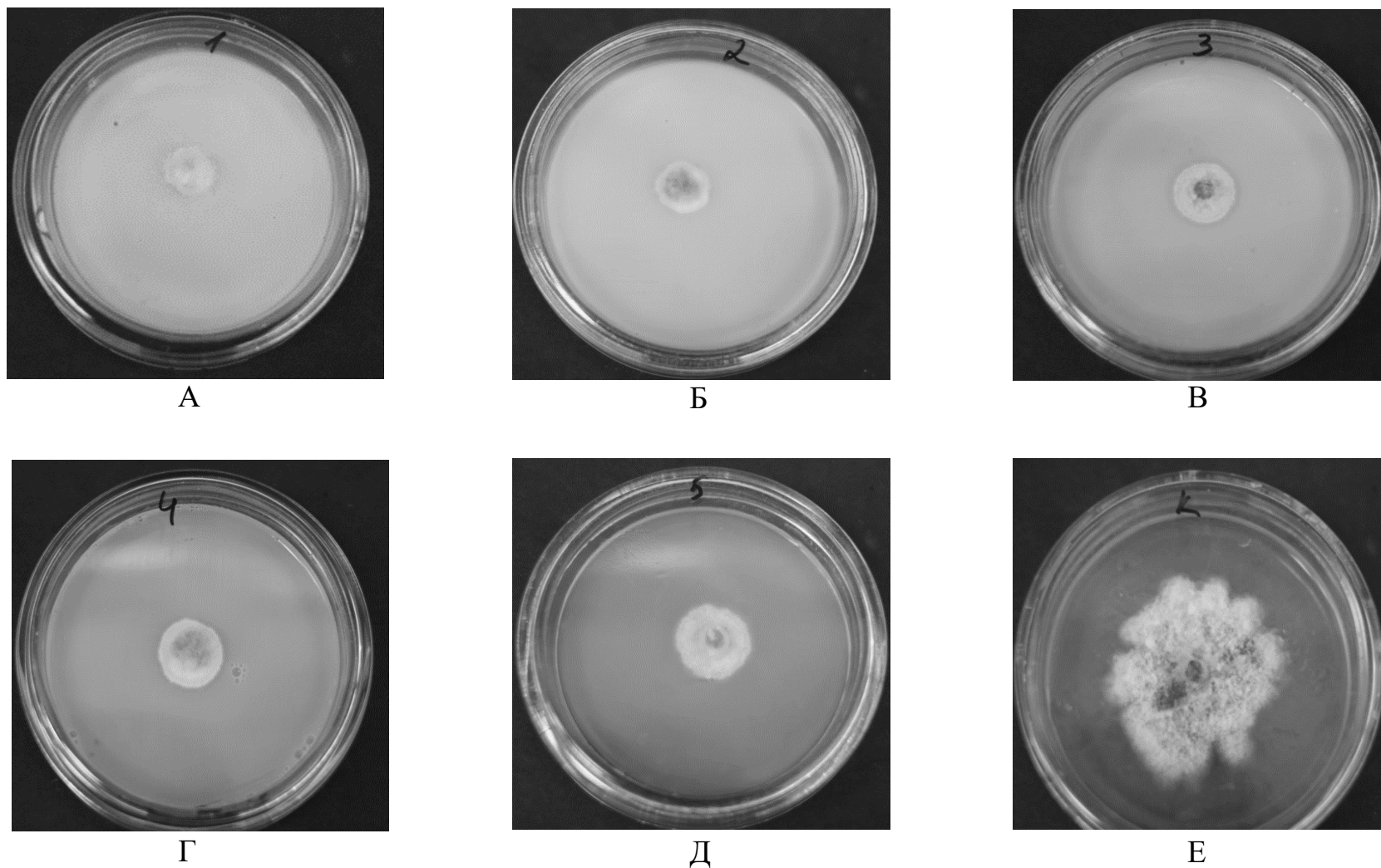


Рисунок 36 – Оценка влияния концентраций (% от нормы) препарата Гезагард, КС на рост колоний гриба *S. cirsii* S-47 (7-й день роста): А – 80 %; Б – 60 %; В – 40 %; Г – 20 %; Д – 10 %; Е – контроль (ориг.)

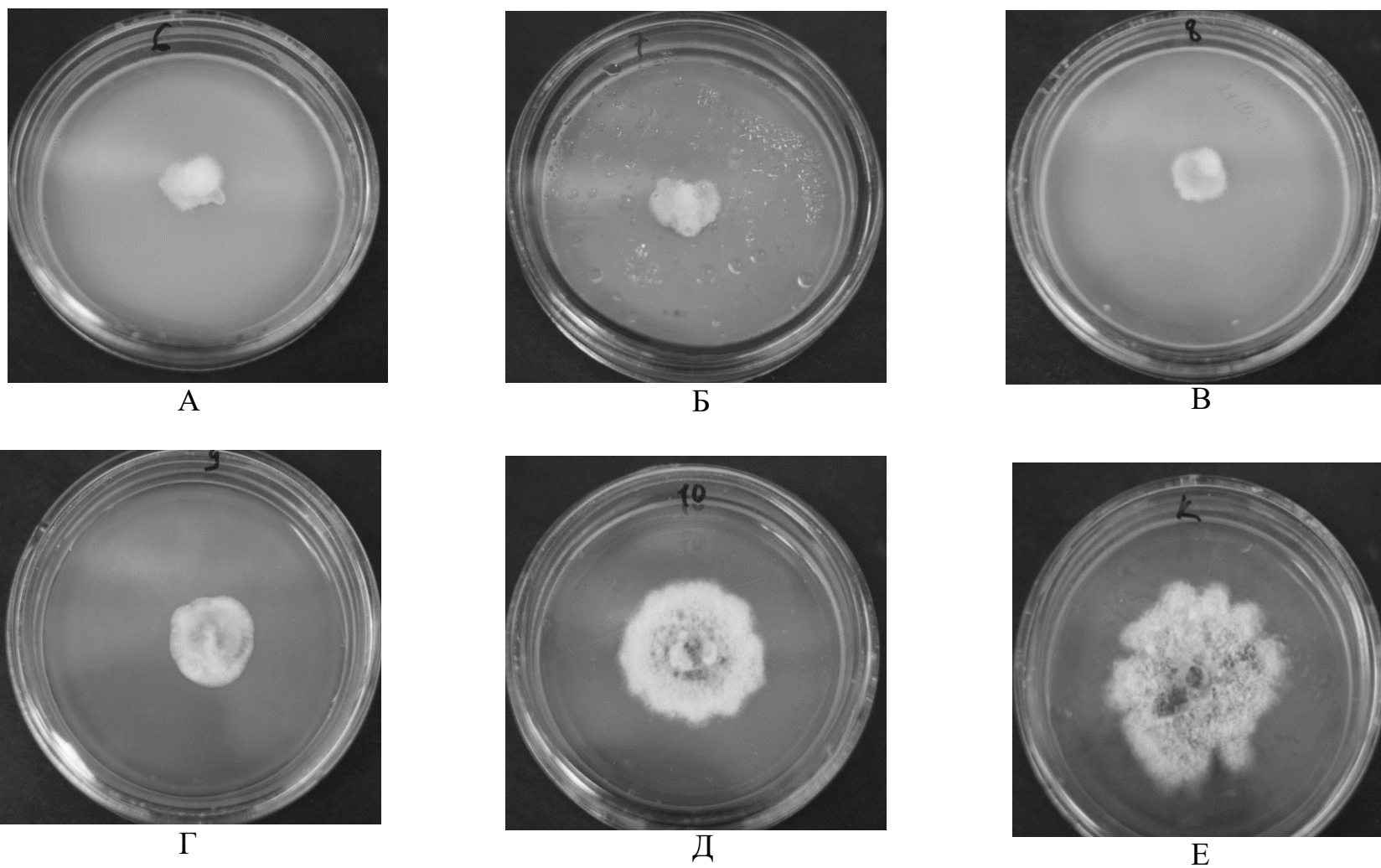
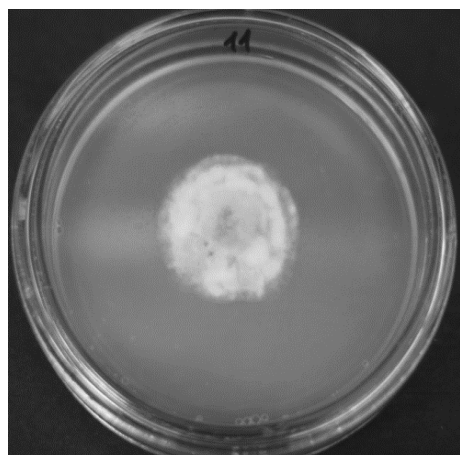
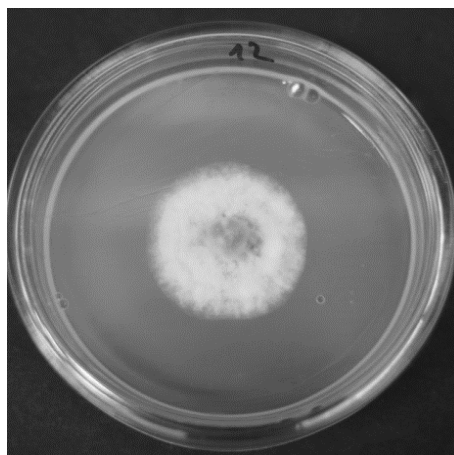


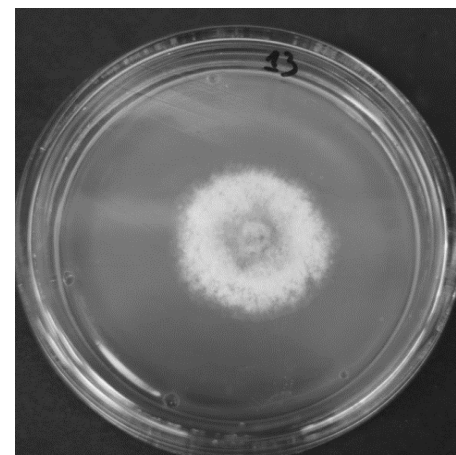
Рисунок 37 – Оценка влияния концентраций (% от нормы) препарата Буцефал, КЭ на рост колоний гриба *S. cirsi S-47* (7-й день роста): А – 80 %; Б – 60 %; В – 40 %; Г – 20 %; Д – 10 %; Е – контроль (ориг.)



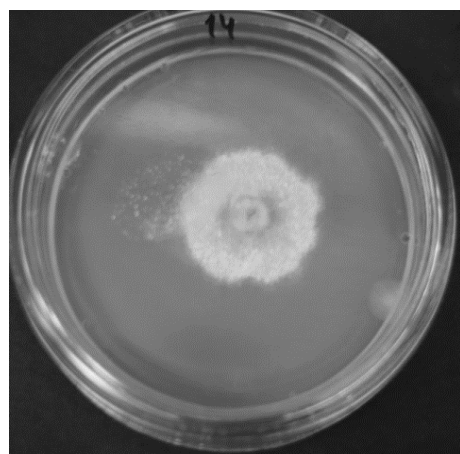
А



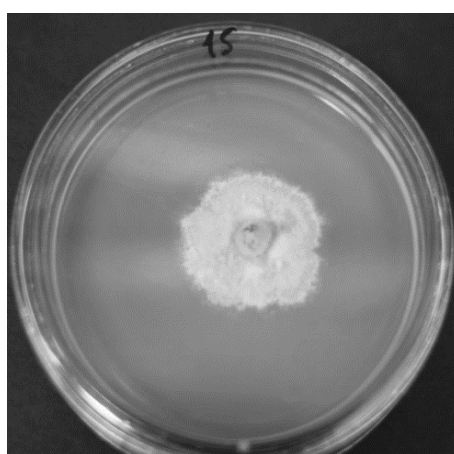
Б



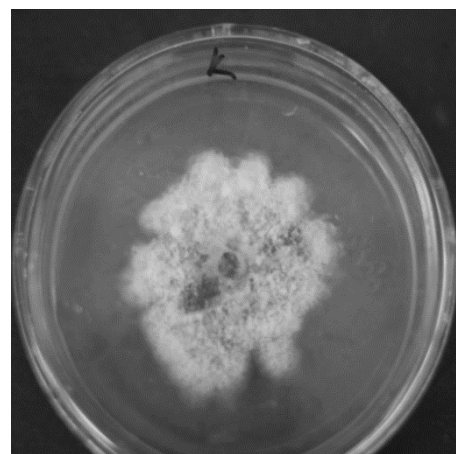
В



Г



Д



Е

Рисунок 38 – Оценка влияния концентраций (% от нормы) препарата Нексус, ВР на рост колоний гриба *S. cirsi* S-47 (7-й день роста): А – 80 %; Б – 60 %; В – 40 %; Г – 20 %; Д – 10 %; Е – контроль (ориг.)



Подводя итог проведённым исследованиям, можно сделать следующие выводы.

При использовании максимально рекомендованной нормы применения большинство гербицидов проявило фунгицидную активность в отношении гриба, за исключением варианта с гербицидом Титус, СТС, в котором не отмечалось ни подавления роста, ни уменьшения прорастания конидий гриба *S. cirsii* S-47 даже в двукратно повышенной концентрации. Именно этот гербицид может быть рекомендован нами в качестве основного компонента для дальнейших исследований по возможному совершенствованию интегрированной системы защиты картофеля, в которой химический способ будет сочетаться с биологическим. Следующим этапом работ в этом направлении может стать проверка эффективности смеси гербицида Титус, СТС и гриба *S. cirsii* S-47 в лабораторных, а затем и в полевых условиях (Голубев и др., 2023).

Препараты Гезагард, КС; Буцефал, КЭ и Нексус, ВР, в свою очередь, существенно ингибировали рост колоний и прорастание конидий гриба, тогда как остальные изученные препараты (Зенкор Ультра, КС; Рейсер, КЭ; Агритокс, ВК; Боксер, КЭ; Форвард, МКЭ и Трейсер, КЭ) полностью подавляли его развитие.

Влияние концентрации (10-80 % от максимальной нормы) гербицидов Гезагард, КС; Буцефал, КЭ и Нексус, ВР на рост колоний и прорастание конидий гриба *S. cirsii* S-47 выявило 100 % прорастание конидий и 70 % рост колоний по сравнению с контролем при использовании гербицида Нексус, ВР в 60 % концентрации. В той же концентрации гербицида Нексус, ВР длина ростковых трубок гриба *S. cirsii* S-47 достигала 70 % от контроля. Следовательно, препарат Нексус, ВР может служить резервным гербицидом в качестве компонента для совместного использования с грибом *S. cirsii* S-47.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что использование 1,0 и 1,25 л/га гербицида Нексус, ВР до всходов картофеля в условиях нормального увлажнения обеспечивало снижение общего количества сорных растений на 85,0-95,9 %, что превышало эффективность 1,2 л/га эталона Агритокс, ВК. Препарат Нексус, ВР (особенно в норме применения 1,25 л/га) имел преимущество перед эталоном по влиянию на растения горца щавелелистного и галинзоги мелкоцветковой.

2. Выявлено, что внесение 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ позволяло полностью очистить посадки картофеля от злаковых сорных растений (ежовника обыкновенного). Эффективность 0,5 л/га гербицида Трейсер, КЭ против двудольных сорных растений достигала 89,0 % – по снижению их количества и 88,4 % – по снижению их массы. Использование 0,25 л/га гербицида Трейсер, КЭ по сравнению с эталоном слабее действовало на растения мари белой, горца щавелелистного и торицы полевой.

3. Показано, что использование почвенных гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ в условиях экстремальной засухи было малоэффективным, что не позволяет рекомендовать их использование в условиях недостаточной влажности.

4. Установлено, что применение баковой смеси гербицидов Нексус, ВР + Трейсер, КЭ устраняло пробелы в спектре применения препаратов в чистом виде и позволяло наиболее полно контролировать смешанный тип засоренности, характерный для Северо-Западного региона. При применении баковой смеси в регламентах 1,0-1,25 л/га + 0,5 л/га снижение массы однолетних двудольных сорных растений превышало 75,0 %; снижение массы однолетних злаковых сорных растений достигало 86,2 %. Использование гербицида Нексус, ВР в чистом виде наиболее заметно уступало внесению баковой смеси гербицидов Нексус, ВР + Трейсер, КЭ (1,0-1,25 л/га + 0,5 л/га) по действию на растения ежовника обыкновенного и мари белой. Основное преимущество баковой смеси над гербицидом Трейсер, КЭ реализовывалось в отношении действия на растения горца щавелелистного.

5. Снижение конкуренции со стороны сорных растений способствовало сохранению урожая картофеля районированных в Северо-Западном регионе сортов. Использование препарата Нексус, ВР (1,0 и 1,25 л/га) позволило сохранить от 7,0 до 16,5 т/га урожая картофеля сорта Лига. Применение гербицида Трейсер, КЭ (0,25 и 0,5 л/га) позволило сохранить от 10,7 до 12,6 т/га картофеля сорта Удача. В отсутствии засухи урожай картофеля после использования баковой смеси гербицидов Нексус, ВР и Трейсер, КЭ существенно превосходил урожай культуры после применения этих препаратов в чистом виде.

6. Выявлено, что применение гербицидов на основе фомесафена и метрибузина до всходов культуры способно вызывать пожелтение кончиков листьев у трех разных по степени созревания сортов картофеля Удача, Невский и Аврора (наиболее чувствительными были первые два сорта). Негативное влияние гербицидов на высоту растений наиболее четко проявилось в засушливых условиях.

Использование фомесафена по всходам картофеля вызывало обширные ожоги листьев и стеблей картофеля у растений всех 3 сортов (растения раннего сорта Удача были наиболее чувствительными). Несмотря на это, статистически значимого отрицательного влияния гербицидов на урожайность культуры не выявлено, что свидетельствует о высокой восстановительной способности растений картофеля.

7. Установлено, что гербициды Зенкор Ультра, КС; Гезагард, КС; Рейсер, КЭ; Агритокс, ВК; Боксер, КЭ; Буцефал, КЭ; Форвард, МКЭ; Трейсер, КЭ и Нексус, ВР проявляют фунгицидную активность в отношении гриба *S. cirsii* S-47. Гербицид Титус, СТС не оказывал отрицательного влияния на рост колоний и прорастание конидий гриба *S. cirsii* S-47 даже в повышенной концентрации, и может быть рекомендован для дальнейших исследований по совместному внесению с этим грибом. Резервным компонентом может быть препарат Нексус, ВР.

### Практические рекомендации

Для обеспечения эффективной и безопасной защиты картофеля от однолетних двудольных и злаковых сорных растений в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации рекомендуется использование гербицида Трейсер, КЭ (480 г/л) в нормах применения 0,25 и 0,5 л/га способом опрыскивания поверхности почвы до всходов культуры. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га.

Для государственной регистрации рекомендуются установленные в процессе проведения опытов регламенты эффективного и безопасного применения гербицида Нексус, ВР (240 г/л): обработку поверхности почвы этим препаратом следует проводить до всходов картофеля в нормах применения 1,0 и 1,25 л/га.

Для выбора безопасных средств химической защиты картофеля от сорных растений следует использовать разработанную базу данных «Регламенты применения гербицидов на различных сортах картофеля» №2023623208 от 25.09.2023 г.

## Список публикаций по теме диссертации

### Публикации в изданиях, индексируемых Scopus и рекомендованных ВАК

#### РФ:

1. **Ткач, А.С.** Борьба со злаковыми сорными растениями в посадках картофеля / **А.С. Ткач, А.С. Голубев, Н.В. Свирина** // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – №2(63). – 2021. – С. 62-68.
2. Голубев, А.С. Чувствительность сорных растений к внесению фомесафена до всходов картофеля / А.С. Голубев, **А.С. Ткач**, Т.А. Маханькова // Защита и карантин растений. – №7. – 2022. – С. 26-28.
3. **Tkach, A.S.** Sensitivity of potato cultivars to fomesafen and metribuzin / **A.S. Tkach, A.S. Golubev** // Potato Journal. – Vol. 49(1). – 2022. – P. 17-26.
4. Голубев, А.С. Эффективность использования *Stagonospora cirsii* S-47 против осота полевого на посадках картофеля / А.С. Голубев, Т.А. Маханькова, В.Г. Чернуха, С.И. Редюк, П.И. Борушко, **А.С. Ткач**, Н.А. Павлова, А.О. Берестецкий // Сельскохозяйственная биология. – 2023. – №3(58). – С. 447-457.

#### Публикации в других научных изданиях:

1. **Ткач, А.С.** Эффективность гербицида Агритокс в посадках картофеля / **А.С. Ткач, А.С. Голубев** // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся. – Санкт-Петербург. – СПбГАУ, 2021. – С. 77-79.
2. **Ткач, А.С.** Оценка устойчивости сортов картофеля к метрибузину / **А.С. Ткач, А.С. Голубев** // Аграрная наука - сельскому хозяйству: сборник материалов XVI международной научно-практической конференции. – Барнаул, 2021. – С. 215-216.
3. **Ткач, А.С.** Влияние фомесафена на всходы картофеля / **А.С. Ткач, А.С. Голубев** // Аграрная наука - 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. – Москва, 2022. – С. 40-43.
4. Голубев, А.С. Эффективность использования кломазона для защиты картофеля от сорной растительности / А.С. Голубев, **А.С. Ткач** // Стратегия, приоритеты и

достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2022. – С. 40-42.

5. **Ткач, А.С.** Эффективность применения баковых смесей гербицидов на посадках картофеля в Ленинградской области / **А.С. Ткач**, А.С. Голубев, С.И. Редюк, В.Г. Чернуха, П.И. Борушко // Защита растений от вредных организмов: материалы XI международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 373-376.

**Патенты и другая интеллектуальная собственность, имеющая  
государственную регистрацию**

1. Долженко, В.И. Регламенты применения гербицидов на различных сортах картофеля / В.И. Долженко, А.Б. Лаптиев, А.С. Голубев, **А.С. Ткач**, Н.Р. Гончаров // Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2023622919, 25.09.2023.

## Список литературы

Абилдаева, Ж.А. Борьба с сорняками картофеля в Кызыл-Ординской области / Ж.А. Абилдаева, Л.А. Котлярова, Г.В. Кузьмина // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1991. – №5. – С. 40-42.

Агаев, Ф.А. Гербициды на посевах картофеля / Ф.А. Агаев // Материалы XIII сессии Закавказского совета по координации научно-исследовательских работ по защите растений. – Кировабад, 1988. – С. 11-12.

Агрэкологический атлас России и сопредельных государств: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения / А.Н. Афонин, С.Л. Грин, Н.И. Дзюбенко, А.Н. Фролов (ред.). – 2008. – URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения 05.07.2021).

Адрушко, Н.Г. Совместное применение прометрина и минеральных удобрений / Н.Г. Адрушко, А.А. Малявко // Защита растений. – 1973. – №12. – С. 27.

Алехин, В.В. География растений с основами ботаники / В.В. Алехин, Л.В. Кудряшов, В.С. Говорухин. – Москва: Учпедгиз, 1961. – 532 с.

Алиев, А.М. Применение гербицидов для борьбы с сорняками на картофеле / А.М. Алиев // Гербициды и эффективность их применения в посевах сельскохозяйственных культур: труды ВИУА. – Москва, 1971. – Вып. 51. – С. 112-119.

Артюшин, А.М. Испытание различных гербицидов в борьбе с сорняками в посевах картофеля / А.М. Артюшин, П.Х. Пекеньо // Применение гербицидов и стимуляторов роста растений. – Минск: издательство Академии Наук БССР, 1961. – С. 161-166.

Аспидова, Ж.В. Ассортимент гербицидов для сахарной свеклы и картофеля / Ж.В. Аспидова, Я.И. Монствилайте, А.П. Алейнова, П.М. Подлиняев // Создание ассортимента гербицидов для главнейших сельскохозяйственных культур. Совершенствование ассортимента средств защиты растений и способов их применения на важнейших сельскохозяйственных культурах (по итогам

госиспытаний пестицидов и способов их применения за 1961-1981 гг.): сборник научных трудов – Ленинград: ВИЗР, 1983. – С. 73-78.

Аспидова, Ж.В. Гербициды для овощных культур / Ж.В. Аспидова // Защита растений. – 1973. – №7. – С. 24-27.

Аспидова, Ж.В. Гербициды на посадках картофеля как элемент интенсивной технологии возделывания / Ж.В. Аспидова, М.С. Галиев // Совершенствование химического метода борьбы с сорняками: сборник научных трудов – Ленинград: ВИЗР, 1987б. – С. 84-88.

Аспидова, Ж.В. Зависимость урожая клубней картофеля от длительности засорения посадок малолетними сорняками / Ж.В. Аспидова, М.С. Галиев // Бюллетень ВИЗР. – 1987а. – №67. – С. 69-72.

Афонин, А.Н. Эколого-географический анализ распространения и встречаемости борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) в связи со степенью аридности территорий и его картирование для европейской территории России / А.Н. Афонин, Н.Н. Лунева, Ю.С. Лис, Н.В. Коцарева // Экология. – 2017. – №1. – С. 66-69.

Ахметелашвили, Л.Г. Результаты испытания гербицидов против сорняков картофеля / Л.Г. Ахметелашвили, Р.Г. Хубутия // Труды Института защиты растений Грузинской ССР, т. XXVI. – Тбилиси, 1974. – С. 198-203.

Банадысев, С. Гербициды и качество семенного картофеля. / С. Банадысев. Картофельная система. 2020. – URL: <https://potatosystem.ru/gerbiczidy-i/> (дата обращения 03.06.2021).

Бертельс, А.О. Опыты уничтожения растительности путем ее отравления. Защита растений от вредителей / А.О. Бертельс // Бюллетень постоянного Бюро Всероссийских Энтомо-Фитопатологических съездов, т. IV. – Ленинград, 1927. – №2. – С. 329-343.

Бешанов, А.В. Применение гербицидов на посевах картофеля / А.В. Бешанов // Тезисы докладов XI планово-методического совещания по научно-исследовательской работе по защите растений в Северо-Западной Зоне СССР (25-



29 ноября 1958 года). – Рига: Министерство сельского хозяйства Латвийской ССР, 1958. – С. 165-167.

Бешанов, А.В. Эффективность предвсходового применения гербицидов на посадках картофеля / А.В. Бешанов, А.В. Воеводин // Краткие итоги научных исследований по защите растений в Северо-Западной зоне СССР: тезисы докладов XII планово-методического совещания по защите растений в Северо-Западной зоне СССР. – Рига: Министерство сельского хозяйства Латвийской ССР, 1959. – С. 208-209.

Борисова, Е.Е. Значение севооборота и предшественников в снижении засоренности сельскохозяйственных культур / Е.Е. Борисова // Вестник НГИЭИ. – 2014. – №6. – С. 13-21.

Брюсов, В.Н. Гербициды при промышленном выращивании картофеля / В.Н. Брюсов, Т.В. Абрамов, В.П. Ненахов // Защита растений. – 1981. – №3. – С. 52-53.

Бургхаузен, Р. Химическая прополка картофеля / Р. Бургхаузен // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1964. – №4. – С. 52-54.

Везик, Э. Гербициды против пырея ползучего во время вегетации картофеля / Э. Везик // Защита сельскохозяйственных растений в условиях применения интенсивных технологий: тезисы докладов научно-практической конференции (21-22 октября 1987 г.), часть 3. – Минск: БелНИИНТИ, 1987. – С. 48-49.

Везик, Э. Испытание новых почвенных гербицидов в картофелеводстве / Э. Везик // Сорные растения и меры борьбы с ними: краткие доклады по вопросам защиты растений VIII Прибалтийской конференции по защите растений, часть III. – Каунас: Литовский НИИ земледелия, 1972. – С. 139-142.

Везик, Э. Устойчивость сортов картофеля к гербицидам 2М-4Х / Э. Везик // Пути внедрения прогрессивных методов защиты растений в сельскохозяйственное производство: тезисы докладов научно-практической конференции 28-30 июня 1976 г. – Рига: Управление научно-технической информации МСХ ЛатвССР, 1976. – С. 67-69.

Воеводин, А.В. Влияние гербицидов на качество сельскохозяйственной продукции / А.В. Воеводин // Материалы и тезисы VI конференции по химизации сельского хозяйства. – Оренбург, 1965. – С. 163-167.

Воеводин, А.В. Об изменении сорной флоры в соответствии с ритмикой природных явлений / А.В. Воеводин // Сельскохозяйственная биология. – 1981. – №6. – С. 811-817.

Воеводин, А.В. Полевое испытание Зенкора на посевах и посадках томатов и картофеля / А.В. Воеводин, С.В. Мещерякова // Итоги государственных испытаний гербицидов в 1974 году: материалы к пленуму Госкомиссии 30 октября 1975 года. – Москва, 1975. – С. 135-142.

Воеводин, А.В. Применение гербицидов на посадках картофеля / А.В. Воеводин // Сорные растения и меры борьбы с ними: краткие доклады по вопросам защиты растений VIII Прибалтийской конференции по защите растений, часть III. – Каунас: Литовский НИИ земледелия, 1972. – С. 142-145.

Воеводин, А.В. Результаты изучения гербицидов на посевах овощных культур и картофеля / А.В. Воеводин, А.В. Бешанов // Применение гербицидов в сельском хозяйстве. – Москва, 1962. – С. 93-107.

Воеводин, А.В. Химический метод борьбы с сорняками / А.В. Воеводин, П.П. Романов // Картофель и овощи. – 1958. – №3. – С. 37-39.

Гаврилова, О.И. Характеристика сельскохозяйственных почв Северо-Западного региона / О.И. Гаврилова, П.О. Щукин // NOVAUM.RU. 2019, № 18: науч. интернет-журн. – URL: <http://novaum.ru/public/p1289> (дата обращения: 01.12.2019).

Гаус, И.И. Уничтожение сорняков в посевах кукурузы, картофеля и других культур с помощью симазина и атразина / И.И. Гаус // Применение гербицидов и стимуляторов роста растений. – Минск: издательство Академии Наук БССР, 1961. – С. 109-117.

Глущенко, А. Мониторинг сорной растительности в Ленинградской области / А. Глущенко // Состояние и развитие гербологии на пороге XXI столетия. – Голицино, 2002. – С. 13-14.

Голубев, А.С. Методические рекомендации по проведению регистрационных испытаний гербицидов / А.С. Голубев, Т.А. Маханькова; Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР). – Санкт-Петербург: ООО АльфаМиг. – 2020. – 80 с.

Голубев, А.С. Современный ассортимент гербицидов для защиты картофеля / А.С. Голубев, С.И. Редюк // III Всероссийский съезд по защите растений. СПб, 16-20 декабря 2013 года. – «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем»: материалы съезда в 3-х томах, Т. 2. – Санкт-Петербург, 2013. – С. 160-164.

Голубев, А.С. Чувствительность сорных растений к внесению фомесафена до всходов картофеля / А.С. Голубев, А.С. Ткач, Т.А. Маханькова // Защита и карантин растений. – №7. – 2022. – С. 26-28.

Голубев, А.С. Эффективность гербицида Артист на основе флуфенацета и метрибузина в защите посадок картофеля от сорных растений / А.С. Голубев, А.С. Ткач, Н.В. Свирина // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург. – СПбГАУ, 2020. – С. 18-20.

Голубев, А.С. Эффективность использования *Stagonospora cirsii* S-47 против осота полевого на посадках картофеля / А.С. Голубев, Т.А. Маханькова, В.Г. Чернуха, С.И. Редюк, П.И. Борушко, А.С. Ткач, Н.А. Павлова, А.О. Берестецкий // Сельскохозяйственная биология. – 2023. – №3. – С. 447-457.

Голубев, А.С. Эффективность использования кломазона для защиты картофеля от сорной растительности / А.С. Голубев, А.С. Ткач // Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2022. – С. 40-42.

Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – Москва, 2020.

Гринюс, В. Воздействие гербицидов на посевах картофеля / В. Гринюс // Сорные растения и меры борьбы с ними: краткие доклады по вопросам защиты растений VIII Прибалтийской конференции по защите растений, часть III. – Каунас, 1972. – С. 145-148.

Грошев, Н.А. Гербициды в борьбе с сорняками / Н.А. Грошев // Природа. – 1962. – №4. – С. 107.

Грушка, Л. Применение новых гербицидов при возделывании картофеля / Л. Грушка, Й. Даниел // Сборник докладов, зачитанных на международной конференции по гербицидам. – Прага, 1966. – С.43-49.

Данилов, Д. Где в России выращивают картофель: рейтинг регионов 2021 / Д. Данилов. – 2021. – URL: <https://top-rf.ru/places/215-rejting-regionov-rf-po-sboru-kartofelya.html> (дата обращения: 31.05.2021).

Дибиров, А.А. Перспективы развития интеграции в картофелеводстве Северо-Западного федерального округа Российской Федерации (на примере Ленинградской области) / А.А. Дибиров, Х.А. Дибирова, О.В. Погодина // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – №3. – С. 162-178.

Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2019 году. – Москва: ФГБНУ Росинформагротех, 2021. – 404 с.

Долженко, В.И. Регламенты применения гербицидов на различных сортах картофеля / В.И. Долженко, А.Б. Лаптиев, А.С. Голубев, А.С. Ткач, Н.Р. Гончаров // Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2023622919, 25.09.2023.

Долженко, В.И. Совершенствование ассортимента гербицидов для защиты картофеля / В.И. Долженко, Т.А. Маханькова, М.С. Галиев, С.И. Редюк, Е.И. Кириленко // Химический метод защиты растений. Состояние и перспективы повышения экологической безопасности: материалы международной научно-практической конференции (6-10 декабря 2004 г.). – Санкт-Петербург: ВИЗР, 2004. – С. 97-100.

Доронина, А.Ю. *Amaranthus retroflexus* L. (Amaranthaceae) и *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. (Poaceae) в Ленинградской области / А.Ю. Доронина, Н.Н. Лунева, И.Н. Надточий // Бюллетень МОИП. Отд. биол. – 2009. – Т. 114. – Вып. 6. – С. 52-56.

Жукова, П.С. Гербициды на посадках картофеля. / П.С. Жукова, М.И. Гробер, Н.А. Лобань // Вести академии наук БССР, т. 4. – Минск, 1985. – С. 71-77.

Жукова, П.С. Эффективные смеси гербицидов на посадках картофеля / П.С. Жукова, М.И. Гробер // Пути интенсификации картофелеводства в БССР: сборник научных трудов. – Минск: Белорусский научно-исследовательский институт картофелеводства и плодоовощеводства, 1983. – С. 171-181.

Замятин, С.А. Севооборот как способ контроля за сорняками // Вестник Марийского государственного университета / С.А. Замятин, В.М. Измestьев // Вестник Марийского государственного университета. – 2015. – №2. – С. 23-25.

Захаренко, В.А. Гербициды на картофеле / В.А. Захаренко // Защита растений. – 1966. – №5. – С. 36-37.

Захаренко, В.А. Гербициды на посадках картофеля / В.А. Захаренко, В.Н. Брюсов // Защита растений. – 1975. – №3. – С. 34-36.

Захаренко, В.А. Оптимальное распределение гербицидов / В.А. Захаренко // Защита растений. – 1983. – №2. – С. 26-27.

Захаренко, В.А. Разработка экономических порогов целесообразности применения гербицидов / В.А. Захаренко // Рациональное применение гербицидов с учетом засоренности полей: сборник научных трудов. – Москва: ЦИНАО, 1985. – С. 81-94.

Захаров, С. Прометрин против сорняков / С. Захаров, А. Шевцов, Н. Протасов // Картофель и овощи. – 1967. – №5. – С. 36-37.

Зейрук, В.Н. Эффективность гербицидов АО Фирма «Август» на картофеле / В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, Г.Л. Белов, М.К. Деревягина // Картофель и овощи. – 2021. – №6. – С. 29-32.

Зыков, А.В. Перспективы развития машинной технологии производства картофеля в Северо-Западном регионе РФ / А.В. Зыков, А.М. Захаров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – №6. – С. 48-51.

Иванов, Е.А. Действие гербисида 2,4 Д на картофель и овощи / Е.А. Иванов // Сельское хозяйство Поволжья. – 1957. – №7. – С. 47-50.

Исаева, Л.И. Перспективные препараты для борьбы с сорняками при возделывании основных сельскохозяйственных культур за рубежом / Л.И. Исаева // Сельскохозяйственная наука и производство, серия 1. Экономика земледелие и растениеводство: обзорная информация. – Москва, 1985. – №1. – С. 17-26.

Камелин, Р.В. Флора Севера европейской России (в сравнении с близлежащими территориями): учебное пособие / Р.В. Камелин. – Санкт-Петербург: ВВМ, 2017 – 241 с.

Карманов, С.Н. Картофель / С.Н. Карманов, В.С. Серебренников. – Москва: Росагропромиздат, 1991. – 64 с.

Красильников, А.П. Состояние и перспективы рынка картофеля Российской Федерации / А.П. Красильников. – 2018. – URL: [https://agro-in.cap.ru/Content2019/orgs/GovId\\_106/krasiljnikov\\_sostoyanie\\_i\\_perspektivi\\_rinka\\_kartofelya\\_rossijskoj\\_federacii.pdf](https://agro-in.cap.ru/Content2019/orgs/GovId_106/krasiljnikov_sostoyanie_i_perspektivi_rinka_kartofelya_rossijskoj_federacii.pdf) (дата обращения 01.12.2019).

Кузнецов, С. Цианамид кальция - универсальное средство / С. Кузнецов // Картофель и овощи. – 1960. – №6. – С. 26-27.

Левин, М.С. Применение гербицидов с учетом засоренности полей в Эстонской ССР / М.С. Левин // Рациональное применение гербицидов с учетом засоренности полей: сборник научных трудов. – Москва: ЦИНАО, 1985. – С. 42-54.

Лобань, Н.А. Жукова П.С. Результаты и перспективы использования смеси гербицидов на картофеле / Н.А. Лобань, П.С. Жукова // Защита сельскохозяйственных растений в условиях применения интенсивных технологий: тезисы докладов научно-практической конференции (21-22 октября 1987 г.), часть 3. – Минск: БелНИИНТИ, 1987. – С. 42-43.

Лобарчук, С.Г. Применение гербицидов на посевах картофеля / С.Г. Лобарчук // Применение гербицидов в сельском хозяйстве. – Москва, 1962. – С. 170-177.

Лунев, М.И. Фитотоксическое последствие и побочное действие гербицидов / М.И. Лунев, Л.Г. Кретьова // Защита растений. – 1991. – №7. – С. 22-23.

Лунева, Н.Н. Виды сорных растений в региональных сегетальных флорах на примере Ленинградской и Липецкой областей // Биологический вид в структурно-функциональной иерархии биосферы: материалы XV Международной научно-практической экологической конференции 2018. – Белгород, 2018а. – С. 100-104.

Лунева, Н.Н. Выделение уровней фитосанитарного районирования территории в отношении сорных растений на примере Ленинградской области / Н.Н. Лунева // Вестник защиты растений. – 2020. – №2. – С. 119-133.

Лунева, Н.Н. Модель видового состава сорняков Северо-Запада РФ / Н.Н. Лунева, Е.Н. Мыслик // Картофель и овощи. – 2016. – №9. – С. 13-16.

Лунева, Н.Н. Современная ботаническая номенклатура видов сорных растений Российской Федерации / Н.Н. Лунева, Е.Н. Мыслик, под ред. И.Я. Гричанова. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2018. Приложение к журналу «Вестник защиты растений» Т.26. – 80 с.

Лунева, Н.Н. Фитосанитарное районирование сорных растений на макроуровне на примере Северо-Западного региона России / Н.Н. Лунева, Ю.А. Федорова // Вестник защиты растений. – 2019. – №2. – С. 15-23.

Лунева, Н.Н. Фитосанитарный мониторинг сорной растительности агрофитоценозов посевов подсолнечника на основе наземного и дистанционного зондирования / Н.Н. Лунева, Ю. В. Шумилов, С.А. Ермоленко [и др.] // Биологическая защита растений - основа стабилизации агроэкосистем: материалы Международной научно-практической конференции, Краснодар, 11–13 сентября 2018 года. – Краснодар: ИП Дедкова С.А. (типография Гранат), 2018в. – С. 52-55.

Лунева, Н.Н. Характеристика засоренности посадок картофеля в агроклиматических районах Ленинградской области / Н.Н. Лунева // Экологически

безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы XIV международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора С.А. Лапшина и 60-летию Высшего зоотехнического и агрономического образования Республики Мордовия, 18-19 октября 2018. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2018б. – С. 293-297.

Лунева, Н.Н. Эколого-географический анализ и моделирование для прогнозирования распространения видов сорных растений / Н.Н. Лунева // Изучение адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья: итоги, проблемы, перспективы: материалы V международной научной конференции 2017. – Ижевск, 2017. – С. 76-80.

Мережинский, Ю.Г. Применение ацетала, дуала, девринола и их комплексов при возделывании картофеля / Ю.Г. Мережинский, А.Г. Семенов, Е.К. Самохвал, А.С. Лукьянченко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1989. – №6. – С. 598-602.

Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве / под ред. В.И. Долженко. – Санкт-Петербург: МСХ, РАСХН, ВИЗР, 2013. – 280 с.

МНИАП.РФ. – 2017. – URL: <https://мниап.рф/analytics/Selskoe-hozajstvo-Severo-Zapadnogo-federalnogo-okruga> (дата обращения 03.04.23).

Монствилайте, Я.И. Научные основы рационального применения гербицидов с учетом оценки засоренности полей / Я.И. Монствилайте, И.А. Каволюнайте, Г.К. Тила // Рациональное применение гербицидов с учетом засоренности полей: сборник научных трудов. – Москва: ЦИНАО, 1985. – С. 54-66.

Мысник, Е.Н. Особенности формирования видового состава сорных растений в агроэкосистемах Северо-Западного региона РФ: дис. канд. биол. наук: 06.01.07 / Е.Н. Мысник. – Санкт-Петербург, 2014а. – 233 с.

Мысник, Е.Н. Редко встречающиеся и заносные виды сорных растений на территории Ленинградской области / Е.Н. Мысник // Вестник защиты растений. – 2014б. – №1. – С. 36-43.



Ненахова, Н.М. Применение смесей гербицидов на посадках картофеля в послевсходовый период / Н.М. Ненахова // Пути увеличения урожая картофеля: научные труды. – Москва, 1989. – С. 42-44.

Никитин, В.В. Географическое распространение важнейших сорных растений СССР и их динамика / В.В. Никитин // Ботанический журнал. – 1979. – №7. – С. 943-949.

Оказова, З.П. Критические периоды вредоносности сорных растений в посадках картофеля / З.П. Оказова // International agricultural journal. – 2022. – №6. – С. 891-900.

Оявески, К. Результаты опытов по применению гербицидов на картофеле / К. Оявески // Краткие итоги научных исследований по защите растений в Прибалтийской зоне СССР. – Рига: Типография, 1961. – Вып. 1. – С. 189-191.

Пекеньо, П.Х. Гербициды - производные триазина и мочевины / П.Х. Пекеньо, А.Ф. Богдановский // Сельское хозяйство Белоруссии. – 1962. – №4. – С. 16-17.

Пекеньо, П.Х. Устойчивость картофеля к производным триазина / П.Х. Пекеньо, А.Ф. Богдановский, М. Лесников // Картофель и овощи. – 1962. – №6. – С. 29-30.

Пеньков, Л.А. Состояние и перспективы применения гербицидов в посевах картофеля, овощных и бахчевых культур / Л.А. Пеньков // Защита овощных, бахчевых культур и картофеля от вредителей, болезней и сорняков: сборник научных трудов ВАСХНИЛ. – Москва: Колос, 1978. – С. 143-152.

Пестициды ru. – URL: [https://www.pesticide.ru/active\\_substance/clomazone](https://www.pesticide.ru/active_substance/clomazone) (дата обращения 20.03.23).

Пестициды ru. – URL: [https://www.pesticide.ru/active\\_substance/Фомесафен](https://www.pesticide.ru/active_substance/Фомесафен) (дата обращения 20.03.23).

Петунова, А.А. Создание ассортимента гербицидов для главнейших сельскохозяйственных культур / А.А. Петунова, А.В. Воеводин, Т.А. Каспирова // Создание ассортимента гербицидов для главнейших сельскохозяйственных культур. Совершенствование ассортимента средств защиты растений и способов их

применения на важнейших сельскохозяйственных культурах (по итогам госиспытаний пестицидов и способов их применения за 1961-1981 гг.): сборник научных трудов. – Ленинград, 1983. – С. 52-61.

Писарев, Б.А. Сортовая агротехника картофеля / Б.А. Писарев. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 207 с.

Писарев, В. Применение гербицидов / В. Писарев, А. Кузнецов // Картофель и овощи. – 1962. – №6 – С. 27-28.

Полянский, Н.А. Уничтожение сорных растений гербицидами в посевах картофеля / Н.А. Полянский // Новое в борьбе с сорными растениями: сборник научных статей. – Москва: Издательство Министерства сельского хозяйства СССР, 1959. – С. 177-180.

Пономарев, Г.С. Эффективность новых гербицидов на посевах овощных культур и картофеля / Г.С. Пономарев, А.М. Зинькович, Ю.Г. Мережинский // Применение гербицидов на посевах сахарной свеклы, хлопчатника, льна, конопли, масличных, овощных культур и посадках картофеля: материалы III Всесоюзной конференции по разработке и применению гербицидов в сельском хозяйстве, секция IV. – Москва, 1969. – С. 61-63.

Принципы адаптивно- агроэкологического макро-, мезо- и микрорайонирования территории. Агроархив. Сельскохозяйственные материалы. – 2015. – URL: <https://agro-archive.ru/adaptivnoe-rastenievodstvo/2443-principy-adaptivno-agroekologicheskogo-makro-mezo-i-mikrorayonirovaniya-territorii.html> (дата обращения 01.06.2021).

Протасов, Н.И. Применение гербицидов на посевах картофеля / Н.И. Протасов // Работы молодых ученых: сборник трудов 125 лет Белорусской Ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии. – Минск: Ураджай, 1965. – С. 138-144.

Протасов, Н.И. Результаты испытаний гербицидов в посевах картофеля / Н.И. Протасов // Химия в сельском хозяйстве. – 1966. – №5. – С. 34-38.

Протасов, Н.И. Химическая борьба с сорняками в посевах картофеля / Н.И. Протасов // Агротехнические и химические меры борьбы с сорняками на Украине:

материалы республиканской научно-теоретической и научно-исследовательских учреждений на Украине. – Киев, 1968. – С. 94-99.

Редюк, С.И. Защита картофеля от сорных растений / С.И. Редюк // Вестник защиты растений. – 2017. – №2. – С. 54-58.

Сельское хозяйство Северо-Западного федерального округа, 2017. – URL: <https://мниап.рф/analytics/Selskoe-hozajstvo-Severo-Zapadnogo-federalnogo-okruga/>

Скоцкая, Н.Е. Химические способы борьбы с сорняками в посевах картофеля. / Н.Е. Скоцкая, Е.Т. Яковлева, Т.И. Майорова, Н.В. Литвиненко, Л.Б. Кашубина, В.Я. Зибилова // Тезисы докладов VI юбилейной научно-студенческой конференции вузов г. Симферополя, посвященной 50-летию ВЛКСМ, 12 сентября. – Симферополь, 1968. – С. 125-127.

Сонкина, Н.В. Динамика формирования сорного ценоза и критический период вредоносности сорняков в посадках картофеля / Н.В. Сонкина, С.В. Сорока // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2004. – № 3. – С. 78-81.

Тамошюнас, А. Применение гербицидов в сочетании с механическими способами борьбы с сорняками в посевах разных сортов картофеля / А. Тамошюнас, Г. Тила // Защита сельскохозяйственных растений в условиях применения интенсивных технологий: тезисы докладов научно-практической конференции (21-22 октября 1987 г.), часть 3. – Минск: БелНИИНТИ, 1987. – С. 80-82.

Таранде, Р.Р. Применение гербицида 25 %-го рейсера на посадках картофеля / Р.Р. Таранде // Защита сельскохозяйственных растений в условиях применения интенсивных технологий: тезисы докладов научно-практической конференции (21-22 октября 1987 г.), часть 3. – Минск: БелНИИНТИ, 1987. – С. 59-61.

Ткач, А.С. Борьба со злаковыми сорными растениями в посадках картофеля / А.С. Ткач, А.С. Голубев, Н.В. Свирина // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – №2. – 2021. – С. 62-68.

Ткач, А.С. Влияние фомесафена на всходы картофеля / А.С. Ткач, А.С. Голубев // АГРАРНАЯ НАУКА - 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. – Москва, 2022. – С. 40-43.

Ткач, А.С. Действие нового гербицида Артист на однолетние сорные растения в посадках картофеля / А.С. Ткач, А.С. Голубев, Н.В. Свирина // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – №2. – 2020. – С. 27-32.

Ткач, А.С. Оценка устойчивости сортов картофеля к метрибузину / А.С. Ткач, А.С. Голубев // Аграрная наука - сельскому хозяйству: сборник материалов XVI международной научно-практической конференции. – Барнаул, 2021а. – С. 215-216.

Ткач, А.С. Эффективность гербицида Агритокс в посадках картофеля / А.С. Ткач, А.С. Голубев // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся. – Санкт-Петербург. – СПбГАУ, 2021б. – С. 77-79.

Ткач, А.С. Эффективность применения баковых смесей гербицидов на посадках картофеля в Ленинградской области / А.С. Ткач, А.С. Голубев, С.И. Редюк, В.Г. Чернуха, П.И. Борушко // Защита растений от вредных организмов: материалы XI международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 373-376.

Толмачев, А.И. Введение в географию растений / А.И. Толмачев. – Ленинград: ЛГУ, 1974 – 244 с.

Трапезников, В.П. Эффективность прометрина и зенкора на посадках картофеля / В.П. Трапезников, А.В. Кузнецов, Е.П. Иванова // Химия в сельском хозяйстве. – 1981. – №3. – С. 43-44.

Угулава, Н.А. Изменение изоферментного состава и активности о-дифенолоксидазы и пероксидазы в картофеле при действии гербицида / Н.А. Угулава // Труды Научно-Исследовательского Института Защиты Растений XXIX. – Тбилиси: НИИ защиты растений, 1978. – С. 35-41.

Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. № 20. Президент России. – Москва, Кремль, 2020.

Ульянова, Т.Н. Видовой состав основных засорителей посевов сельскохозяйственных культур в сорно-полевой флоре Северо-Запада России / Т.Н. Ульянова, Н.Н. Лунева // Состояние и пути совершенствования интегрированной защиты посевов сельскохозяйственных культур от сорной растительности: материалы Всероссийского научно-производственного совещания (Голицыно, 24-28 июля 1995 г.). – Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1995. – С. 12-15.

ФГБУ «Госсорткомиссия». – URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektсионnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/udacha-kartofel/> (дата обращения 02.04.2024а).

ФГБУ «Госсорткомиссия». – URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektсионnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/nevskiy-kartofel/> (дата обращения 02.04.2024б).

ФГБУ «Госсорткомиссия». – URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektсионnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/avrora-kartofel/> (дата обращения 02.04.2024в).

Федеральная служба государственной статистики. – 2022. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/sev-zapad\\_fo\\_21.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/sev-zapad_fo_21.pdf) (дата обращения 28.03.2024).

Федеральная служба государственной статистики. – URL: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy#](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy#) (дата обращения: 31.05.2021).

Филлипов, Г.А. Устойчивость картофеля к зенкору / Г.А. Филлипов, Х.П. Желясков // Защита растений. – 1987. – №4. – С. 42.

Филлипова, Н.В. Динамика накопления основных элементов питания органами картофеля в зависимости от различных гербицидов / Н.В. Филлипова, Т.А. Фадеева // Гербициды и эффективность их применения в посевах сельскохозяйственных культур: труды ВИУА. – Москва, 1971. – Вып. 51. – С. 257-264.

Целинова, Л.А. Химическая борьба с сорняками / Л.А. Целинова // Картофель. – 1957. – №3. – С. 40-41.

Чёрная книга флоры Средней России. Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. – URL: <http://www.bookblack.ru/> (дата обращения 08.07.2022).

Шалаев, В.П. Применение гербицидов на посевах картофеля / В.П. Шалаев // Картофель в пригородной зоне: материалы научно-производственной конференции (13-14 апреля 1972 года). – Киров, 1972. – С. 56-60.

Шлома, М. Шире применять химическую прополку / М. Шлома // Картофель и овощи. – 1962. – №5. – С. 29-30.

Шлякова, Е.В. Сорные растения Нечерноземной зоны / Е.В. Шлякова // Бюллетень ВНИИ растениеводства. – Ленинград, 1979. – Вып. 88. – С. 64-69.

Abbas, M. Important fungal diseases of potato and their management – a brief review / M. Abbas, N. Farah, I. Gulshan // *Mycopathologia*. – 2013. – Vol. 11. – P. 45-50.

Abdallah, I.S. Effect of new pre-emergence herbicides on quality and yield of potato and its associated weeds / I.S. Abdallah, M.A.M. Atia, A.K. Nasrallah, H.S. El-Beltagi, M.M. El-Mogy, E.A. Abdeldaym // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13: 9796.

Abouziena, H.F. Weed Control in Clean Agriculture: A Review 1 / H.F. Abouziena, W.M. Haggag // *Planta Daninha*. – 2016. – Vol. 34. – P. 377-392.

Ackley, J. Efficacy of Rimsulfuron and Metribuzin in Potato (*Solanum tuberosum*) / J. Ackley, H. Wilson, T. Hines // *Weed Technology*. – 1996. – Vol. 10. – P. 475-480.

Adeux, G. Mitigating crop yield losses through weed diversity / G. Adeux, E. Vieren, S. Carlesi, P. Barberi, N. Munier-Jolain, S. Cordeau // *Nature Sustainability*. – 2019. – Vol. 2. – P. 1018-1026.

Adisarwanto, Z. Pengaruh Suhu Tinggi Terhadap Pembentukan Umbi Kentang (*Solanum tuberosum* L) di Dataran Rendah / Z. Adisarwanto. – Disertasi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 1990. – 124 pp.

Alvarez, J. Managing Hairy Nightshade to Reduce Potato Viruses and Insect Vectors / J. Alvarez, P. Hutchinson // *Outlooks on Pest Management*. – 2005. – Vol. 16. – P. 249-252.

Amalin, D. Selective Toxicity of Some Pesticides to *Hibana velox* (Araneae: Anyphaenidae), a Predator of Citrus Leafminer / D. Amalin, J. Peña, S. Yu, R. McSorley // *The Florida Entomologist*. – 2000. – Vol. 83. – P. 254-262.

Anderson, R. Weed Community Response to Crop Rotations in Western South Dakota / R. Anderson, C. Stymiest, B. Swan, J. Rickertsen // *Weed Technology*. – 2007. – Vol. 21. – P. 131-135.

Andrivon, D. Potato facing global challenges: how, how much, how well? / D. Andrivon // *Potato Research*. – 2018. – Vol. 60. – P. 389-400.

Arsenijevic, N. Influence of sulfentrazone and metribuzin applied preemergence on soybean development and yield / N. Arsenijevic, M. De Avellar, L. Butts, N. Arneson, R. Werle // *Weed Technology*. – 2021. – Vol. 35. – P. 210-215.

Awan, T.H. Efficacy and economics of different herbicides, their weed species selectivity, and the productivity of mechanized dry-seeded rice / T.H. Awan, P.C. Sta Cruz, B.S. Chauhan // *Crop Protection*. – 2015. – Vol. 78. – P. 239-246.

Barbaś, P. Effect of Mechanical and Herbicide Treatments on Weed Densities and Biomass in Two Potato Cultivars / P. Barbaś, B. Sawicka, B.K. Marczak, P. Pszczółkowski // *Agriculture*. – 2020. – Vol. 10: 455.

Baziramakenga, R. Critical period of quack grass (*Elytrigia repens*) removal in potatoes (*Solanum tuberosum*) / R. Baziramakenga, G.D. Leroax // *Weed Science*. – 1994. – Vol. 42. – P. 528-533.

Beckie, H.J. Herbicide Resistance in Plants / H.J. Beckie // *Plants*. – 2020. – Vol. 9: 435.

Berestetskiy, A. Production and Stabilization of Mycoherbicides / A. Berestetskiy, S. Sokornova in book: R. Radhakrishnan, *Biological Approaches for Controlling Weeds*, IntechOpen, 2018. – P. 63-68.

Bertolacci, M.R. Fabbisogni idrici nella coltura precoce e normale della patata (*Solanum tuberosum* L.) / M.R. Bertolacci, A. Perioli, P. Graifenberg, Grossi, P.G. Megale // Irrigazione e Drenaggio. – 1990. – Vol. 37. – P. 21-28.

Bodlaender, K. Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield in The Growth of the Potato / K. Bodlaender, eds J.D. Ivins and F.L. Milthorpe. – London: Butterworths, 1963. – P. 199-210.

Bogdanov, V.L. The issues of weed infestation with environmentally hazardous plants and methods of their control / V.L. Bogdanov, T.S. Posternak, O.A. Pasko, V.F. Kovyazin // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., XX International Scientific Symposium of Students, Postgraduates and Young Scientists on "Problems of Geology and Subsurface Development", 4-8 april. – 2016. – Vol. 43, 012036.

Boydston, R.A. Effect of hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) presence on potato nematode, disease, and insect pests / R.A. Boydston, H. Mojtahedi, J.M. Crosslin, C.R. Brown, T. Anderson // Weed Science. – 2009. – Vol. 56. – P. 151-154.

Brown, C.R. Antioxidants in potato / C.R. Brown // American Journal of Potato Research. – 2005. – Vol. 82. – P. 163-172.

Bufford, J.L. Increased adaptive phenotypic plasticity in the introduced range in alien weeds under drought and flooding / J.L. Bufford, P.E. Hulme, // Biological Invasions. – 2021. – Vol. 23. – P. 2675-2688.

Cantore, V. Yield and water use efficiency of early potato grown under different irrigation regimes / V. Cantore, F. Wassar, S. Yamaç, M.h. Sellami, R. Albrizio, A.M. Stellacci, M. Todorovic // International Journal of Plant Production. – 2014. – Vol. 8. – P. 409-428.

Cathcart, R. Rotation length, canola variety and herbicide resistance system affect weed populations and yield / R. Cathcart, A. Topinka, P. Kharbanda, R. Lange, R. Yang, L. Hall // Weed Science. – 2006. – Vol. 54. – P. 726-734.

Caulder, J.D. Synergistic herbicidal compositions comprising colletotrichum truncatum and chemical herbicides / J.D. Caulder, L. Stowell // Official Gazette of the United States Patent and Trademark Office Patents. – 1988. – 1095(1): 245.



Chauhan, B.S. Grand Challenges in Weed Management / B.S. Chauhan // *Frontiers in Agronomy*. – 2020. – Vol. 1. – P. 1-3.

Chethan, C.R. Effect of herbicides on weed control and potato tuber yield under different tuber eye orientations / C.R. Chethan, V.K. Tewari, A.K. Srivastava, P.K. Singh, N. Brajesh, C. Abhishek, P.K Satya // *Indian Journal of Weed Science*. – 2019. – Vol. 51. – P. 385-389.

Cieslik, L. Fomesafen toxicity to bean plants as a function of the time of application and herbicide dose / L. Cieslik, R. Vidal, M. Trezzi // *Agronomy*. – 2014. – Vol. 36. – P. 329-334.

Ciuberkis, S. Effect of weed emergence time and intervals of weed and crop competition on potato yield / S. Ciuberkis, S. Bernotas, S. Raudonius, J. Felix // *Weed Technology*. – 2007. – Vol. 21. – P. 612-617.

Clements, D.R. Invasive weed species and their effects. in *Integrated Weed Management for Sustainable Agriculture* / D.R. Clements, ed R. Zimdahl. – Cambridge, UK: Burleigh Dodds Science Publishing, 2017. – P. 65-88.

Clements, D.R. Rapid Evolution of Invasive Weeds Under Climate Change: Present Evidence and Future Research Needs / D.R. Clements, V.L. Jones // *Frontiers in Agronomy*. – 2021a. – Vol. 3: 664034.

Clements, D.R. Ten Ways That Weed Evolution Defies Human Management Efforts Amidst a Changing Climate / D.R. Clements, V.L. Jones // *Agronomy*. – 2021b. – Vol. 11: 284.

Colquhoun, J. Potato injury risk and weed control from reduced rates of PPO-inhibiting herbicides / J. Colquhoun, D. Heider, R. Rittmeyer // *Weed Technology*. – 2021. – Vol. 35. – P. 632-637.

Correia, N.M. Herbicide selectivity for potato crop / N.M. Correia, A.D.F. Carvalho // *Horticultura Brasileira*. – 2019. – Vol. 37. – P. 302-308.

Cox, C. Ten Reasons Not to Use Pesticides / C. Cox // *Journal of pesticide reform*. – 2006. – Vol. 21. – P. 10-12.

Craufurd, P.Q. Climate change and the flowering time of annual crops / P.Q. Craufurd, T.R. Wheeler // *Journal of Experimental Botany*. – 2009. – Vol. 60. – P. 2529-2539.

Cuneo, P. Landscape-scale detection and mapping of invasive African Olive (*Olea europaea* L. ssp. *cuspidata* Wall ex G. Don Ciferri) in SW Sydney, Australia using satellite remote sensing / P. Cuneo, C.R. Jacobson, M.R. Leishman // *Applied Vegetation Science*. – 2009. – Vol. 12. – P. 145-154.

Deshi, K.E. Response of two potato (*Solanum Tuberosum* L.) plant varieties to different types of herbicides under field conditions / K.E. Deshi, K.K. Nanbol, S.N. Dawang, J.S. Gushit // *Official Publication of Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*. – 2019. – Vol. 7. – P. 208-214.

Devaux, A. The Potato of the Future: Opportunities and Challenges in Sustainable Agri-food Systems / A. Devaux, J.P. Goffart, P. Kromann, J.L. Andrade-Piedra, V. Polar, G. Hareau // *Potato Research*. – 2021. – Vol. 64. – P. 681-720.

Dittmar, P.J. Weed management principles in commercial vegetable production / P.J. Dittmar, N.S. Boyd, R. Kanissery / University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. – 2018. – URL: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/CV113> (дата обращения 01.06.2021).

Eberlein, C.V. Efficacy and economics of cultivation for weed control in potato (*Solanum tuberosum*) / C.V. Eberlein, P.E. Patterson, M.J. Guttieri, J.C. Stak // *Weed Technology*. – 1997. – Vol. 11. – P. 257-264.

Elkhouly, A.R. Survey of Global Crop Loss / A.R. Elkhouly, A.T. Slama, E.A. Al Hireereeq // *Balance journal - in Applied and Humanities*. – 2021. – Vol. 2. – P. 9-19.

El-Metwally, I.M. Comparison of safe weed control methods with chemical herbicide in potato field / I.M. El-Metwally, M.A. El-Wakeel // *Bulletin of the National Research Centre*. – 2019. – Vol. 43. – P. 1-7.

Esposito, M. Drone and sensor technology for sustainable weed management: a review / M. Esposito, M. Crimaldi, V. Cirillo, F. Sarghini, A. Maggio // *Chemical and biological technologies in agriculture*. – 2021. – Vol. 8. – 18 pp.

Ezekiel, R. Beneficial phytochemicals in potato – a review / R. Ezekiel, N. Singh, S. Sharma, A. Kaur // Food Research International. – 2013. – Vol. 50. – P. 487-496.

FAO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook, Rome, 2021. – 368 pp.

FAO. – URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> (дата обращения 03.04.23).

Fetena, S. Evaluation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Varieties for Yield. Attributes / S. Fetena // Journal of Biology, Agriculture and Healthcare. – 2017. – Vol. 7. – P. 15-22.

Fonseca, L.F. Selectivity of pre-emergence herbicides in potato cv. Innovator / L.F. Fonseca, I.N. Duarte // Horticultura Brasileira. – 2018. – Vol. 36. – P. 223-228.

Fonseca, L.F. Weeds control with herbicides applied in pre-emergence in potato cultivation / L.F. Fonseca, J.M.Q. Luz, I.N. Duarte, D.B. Wangen // Bioscience Journal. – 2018. – Vol. 34. – P. 279-286.

Foti, S. Early potatoes in Italy with particular reference to Sicily / S. Foti // Potato Research. – 1999. – Vol. 42. – P. 229-240.

Foti, S. Influence of irrigation regimes on growth and yield of potato cv. Spunta / S. Foti, G. Mauromicale, A. Ierna // Potato Research. – 1995. – Vol. 38. – P. 307-318.

Gaines, T.A. Mechanisms of evolved herbicide resistance / T.A. Gaines, S.O. Duke, S. Morran, C.A.G. Rigon, P.J. Tranel, A. Küpper, F.E. Dayan // The Journal of biological chemistry. – 2020. – Vol. 295. – P. 10307-10330.

Gibson, D.J. Can weeds enhance profitability? Integrating ecological concepts to address crop-weed competition and yield quality / D.J. Gibson, B.G. Young, A.J. Wood // Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 105. – P. 900-904.

Gitari, H.I. Nitrogen and phosphorous uptake by potato (*Solanum tuberosum* L.) and their use efficiency under potato-legume intercropping systems / H.I. Gitari, N.N. Karanja, C.K.K. Gachene, S. Kamau, K. Sharma, E. Schulte-Geldermann // Field Crops Research. – 2018. – Vol. 222. – P. 78-84.

Graham, T. What happened to participatory research at the International Potato Center / T. Graham, E. Van de Fliert, D. Campilan // Agriculture and Human Values. – 2001. – Vol. 18. – P. 429-446.

Gugała, M. The effect of biostimulants and herbicides on glycoalkaloid accumulation in potato / M. Gugała, K. Zarzecka, H. Dołęga, M. Niewęglowski, A. Sikorska // *Plant, Soil and Environment*. – 2016. – Vol. 62. – P. 256-260.

Guttieri, M.J. Preemergence weed control in potatoes with rimsulfuron mix-tures / M.J. Guttieri, C.V. Eberlein // *Weed Technol.* – 1997. – Vol. 11. – P.755-761.

Gvozden, G. Ispitivanje uticaja konvencionalnog, integralnog i organskog Sistema gajenja na produktivnost, kvalitet i biološku vrednost krompira. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Zemun, 2016. – 212 p.

Harding, D.P. Controlling weeds with fungi, bacteria and viruses: a review / D.P. Harding, M.N. Raizada // *Frontiers in plant science*. – 2015. – Vol. 6, 659.

Hasanuzzaman, M. Phytotoxicity, environmental and health hazards of herbicides: challenges and ways forward / M. Hasanuzzaman, S.M. Mohsin, M.H.M. Borhannuddin Bhuyan, T.F. Bhuiyan, T.I. Anee, A.A.C. Masud, K. Nahar ed. M.N.V. Prasad, *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation*, Butterworth-Heinemann. – 2020. – P. 55-99.

Heap, I. Herbicide Resistant Weeds / I. Heap // *Integrated Pest Management Reviews*. – 2013. – Vol. 3. – P. 281-301.

Heap, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. – URL: <http://www.weedscience.org/Pages/SOASummary.aspx> (дата обращения 07.06.2021).

Hoagland, R. Bioherbicides: Research and risks / R. Hoagland, C. Boyette, M. Weaver, H. Abbas // *Toxin Reviews*. – 2008. – Vol. 26. – P. 313-342.

Hong ZHANG. Progress of potato staple food research and industry development in China / ZHANG Hong, XU Fen, WU Yu, HU Hong-hai, DAI Xiao-feng // *Journal of Integrative Agriculture*. – 2017. – Vol. 16. – 2924-2932.

Horvath, D.P. Weed-induced crop yield loss: a new paradigm and new challenges / D.P. Horvath, S.A. Clay, C.J. Swanton, J.V. Anderson, W.S. Chao // *Trends in plant science*. – 2023. – Vol. 28. – P. 567-582.

Hulme, P.E. Weed resistance to different herbicide modes of action is driven by agricultural intensification / P.E. Hulme // *Field Crops Research*. – 2023. – Vol. 292: 108819.

Hussain, Z. Studies on efficacy of different herbicides against weeds in potato crop in Peshawar / Z. Hussain, F. Munsif, K.B. Marwat, K. Ali, R.A. Afridi, S. Bibi // Pakistan Journal of Botany. – 2013. – Vol. 45. – P. 487-491.

Hutchinson, P.J.S. Weed control and potato crop safety with metribuzin / P.J.S. Hutchinson. – University of Idaho, 2012. – P. 1-12.

Ierna, A. Tuber yield and irrigation water productivity in early potatoes as affected by irrigation regime / A. Ierna, G. Mauromicale // Agricultural Water Manage. – 2012. – Vol. 115. – P. 276-284.

International Herbicide-Resistant Weed Database. – URL: <http://www.weedscience.org> (дата обращения 05.06.2023)

Injury by Application. University of Nebraska–Lincoln. – URL: [https://cropwatch.unl.edu/potato/injury\\_by\\_application](https://cropwatch.unl.edu/potato/injury_by_application) (дата обращения 03.06.2021).

Isik, D. The Critical Period for Weed Control (CPWC) in Potato (*Solanum tuberosum* L.) / D. Isik, A. Adem, K. Altop, E. Tursun, N. Mennan, H. // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2015. – Vol. 43. – P. 355-360.

Ivany, J.A. Response of four potato cultivars to metribuzin time and rate of application / J.A. Ivany // Canadian Journal of Plant Science. – 1979. – Vol. 59. – P. 417-422.

Iwama, K. Physiology of the potato: New insights into root system and repercussions for crop management / K. Iwama // Potato Research. – 2008. – Vol. 51. – P. 333-353.

Jiménez-Brenes, F.M. Automatic UAV-based detection of *Cynodon dactylon* for site-specific vineyard management / F.M. Jiménez-Brenes, F. López-Granados, J. Torres-Sánchez, J.M. Peña, P. Ramírez, I.L. González, A.I. de Castro // PloS one. – 2019. – Vol. 14: e0218132.

Joshi, B. Effect of Planting Depth and Mulching Materials on Yield and Yield Attributes of Potato in Dadeldhura, Nepal / B. Joshi, R. Dhakal, S. Bharati, S.C. Dhakal, K.R. Joshi // Agriculture, Forestry and Fisheries. – 2020. – Vol. 9. – P. 45-53.

Jovovic, Z. Effect of chemical weed treatment on weediness and of potato yield / Z. Jovovic, N. Latinovic, A. Velimirovic, T. Popovic, D. Stesevic, D. Postic // *Herbologia*. – 2012. – Vol. 13. – P. 51-59.

Kaivosoja, J. Reference Measurements in Developing UAV Systems for Detecting Pests, Weeds, and Diseases / J. Kaivosoja, J. Hautsalo, J. Heikkinen, L. Hiltunen, P. Ruuttunen, R. Näsi, O. Niemeläinen, M. Lemsalu, E. Honkavaara, J. Salonen // *Remote Sensing*. – 2021. – Vol. 13, 1238.

Karimmojeni, H. Determination of the critical period of weed control in potato (*Solanum tuberosum* L.) / H. Karimmojeni, A. Barjasteh, R.S. Mousavi, A.H. Bazrafshan // *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. – 2014. – Vol. 42. – P. 151-160.

Karkanis, A. Interference of weeds in vegetable crop cultivation, in the changing climate of Southern Europe with emphasis on drought and elevated temperatures: A review / A. Karkanis, G. Ntatsi, A. Alemardan, S. Petropoulos, D. Bilalis // *The Journal of Agricultural Science*. – 2018. – Vol. 156. – P. 1175-1185.

Khan, A.S.A. Integrated weed management in potato at Munshigonj / A.S.A. Khan, M.A. Hossain, A.A. Mahmid, M.I.A. Howlader, M.A. Rahman // *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. – 2008. – Vol. 33. – P. 647-654.

Kim, Y. Differential Mechanisms of Potato Yield Loss Induced by High Day and Night Temperatures During Tuber Initiation and Bulking: Photosynthesis and Tuber Growth / Y. Kim, B. Lee // *Frontiers in Plant Science*. – 2019. – Vol. 10. – P. 1-9.

Kinyili, J. Critical period of weed competition in potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Degree of master of science in agronomy in the University of Nairobi. – Kabete, 1983. – 127 p.

Kinyua, Z.M. Occurrence and Distribution of Potato Pests and Diseases in Kenya / Z.M. Kinyua, J.N. Kabira, H. Were, F. Olubayo, J.K. Karinga, J. Aura, A.K. Lees, G.H. Cowan, L. Torrance // *European Potato Journal*. – 2013. – Vol. 56. – P. 325-342.

Knezevic, S.Z. Critical Period for Weed Control: The Concept and Data Analysis / S.Z. Knezevic, S.P. Evans, E.E. Blankenship, R.C. Van Acker, J.L. Lindquist // *Weed Science*. – 2002. – Vol. 50. – P. 773-786.

Koch, M. The Importance of Nutrient Management for Potato Production Part I: Plant Nutrition and Yield / M. Koch, M. Naumann, E. Pawelzik, A. Gransee, H. Thiel // Potato Research. – 2019. – Vol. 63. – P. 121-137.

Konstantinovic, B. Determination of resistant biotypes of *Amaranthus retroflexus* L. on triazines / B. Konstantinovic, M. Meseldžija // Mededelingen (Rijksuniversiteit te Gent. Fakulteit van de Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen). – 2001. – Vol. 66. – P. 769-774.

Korav, S. A study on crop weed competition in field crops / S. Korav, A.K. Dhaka, R.P. Singh, N. Premaradhya, G.C. Reddy // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. – 2018. – Vol. 7. – P. 3235-3240.

Kour, P. Increase in yield of winter maize + potato intercropping system by weed management / P. Kour, A. Kumar, N. Sharma, J. Kumar, A. Mahajan // Indian Journal of Weed science. – 2016. – Vol. 48. – P. 387-389.

Kraehmer, H. Herbicides as weed control agents: state of the art: I. Weed control research and safener technology: the path to modern agriculture / H. Kraehmer, B. Laber, C. Rosinger, A. Schulz // Plant physiology. – 2014. – Vol. 166. – P. 1119-1131.

Kumar, P. Effect of tuber planting depth on yield, quality and profitability of potato (*Solanum tuberosum*) processing varieties / P. Kumar, S. Singh, R. Kumar, S. Rawal, B.P. Singh // Indian Journal of Agronomy. – 2015. – Vol. 60. – P. 139-144.

Kumar, R. Efficiency of Different Herbicides alone and their Combination with optimum time of Application to Control weeds in potato (*Solanum Tuberosum* L.) in Haryana / R. Kumar, A.K. Bhatia, D. Singh // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2017. – Vol. 14. – P. 453-460.

Kumar, S. Weeds as alternate and alternative hosts of crop pests / S. Kumar, M.K. Bhowmick, P. Ray // Indian journal of weed science. – 2021. – Vol. 53. – P. 14-29.

Lambert, J.P.T. Evaluating the potential of Unmanned Aerial Systems for mapping weeds at field scales: a case study with *Alopecurus myosuroides* / J.P.T. Lambert, H.L. Hicks, D.Z. Childs, R.P. Freckleton // Weed Research. – 2018. – Vol. 58. – P. 35-45.

Lawrence, R.L. Mapping invasive plants using hyperspectral imagery and Breiman Cutler classifications (RandomForest) / R.L. Lawrence, S.D. Wood, R.L. Sheley // *Remote Sensing of Environment*. – 2006. – Vol. 100. – P. 356-362.

Lazzaro, L. Impact of invasive alien plants on native plant communities and Natura 2000 Habitats: State of the art, gap analysis and perspectives in Italy / L. Lazzaro, R. Bolpagni, G. Buffa, R. Gentili, M. Lonati, A. Stinca, A.T.R. Acosta, M. Adorni, M. Aleffi, M. Allegrezza et al. // *Journal of environmental management*. – 2020. – Vol. 274, 111140.

Leap, J. Organic Potato Production on California's Central Coast: A Guide for Beginning Specialty Crop Growers / J. Leap, D. Wong, O. Martin, K. Yogg Comerchero. – UC Santa Cruz: Center for Agroecology and Sustainable Food Systems, 2017. – 12 pp.

Li, Q. Mulching improves yield and water-use efficiency of potato cropping in China: A meta-analysis / Q. Li, H. Li, L. Zhang, S. Zhang, Y. Chen // *Field Crops Research*. – 2018. – Vol. 221. – P. 50-60.

López-Granados, F. Early season weed mapping in sunflower using UAV technology: variability of herbicide treatment maps against weed thresholds / F. López-Granados, J. Torres-Sánchez, A. Serrano-Pérez, A.I. de Castro, Fco-J. Mesas-Carrascosa J-M. Peña // *Precision Agriculture*. – 2016. – Vol. 17. – P. 183-199.

Lottes, P. UAV-based crop and weed classification for smart farming / P. Lottes, R. Khanna, J. Pfeifer, R. Siegart, C. Stachniss // *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. – Singapore, 2017. – P. 3024-3031.

Lustenhouwer, N. Rapid evolution of phenology during range expansion with recent climate change / N. Lustenhouwer, R.A. Wilschut, J.L. Williams, W.H. van der Putten, J.M. Levine // *Global change biology*. – 2018. – Vol. 24. – P. 534-544.

Luz, J. Selectivity of pre-emergence herbicides in potato cv. Innovator. / J. Luz, L. Fonseca, I. Duarte // *Horticultura Brasileira*. – 2018. – Vol. 36. – P. 223-228.

Mahgoub, A.M.M.A. The impact of five environmental factors on species distribution and weed community structure in the coastal farmland and adjacent territories in the northwest delta region, Egypt / A.M.M.A. Mahgoub // *Heliyon*. – 2019. – Vol. 5, e01441.



Main, C. Cotton tolerance to fomesafen applied preemergence / C. Main, J. Faircloth, L. Steckel, A. Culpepper, A. York // *The Journal of Cotton Science*. – 2012. – Vol. 16. – P. 80-87.

Maina, C. Potato production handbook / C. Maina, J. Oyoo, M. Rono, M. Mendi, C. Mwangi, J. Chabari, A. Njogu. – Kenya, 2018. – 123 pp.

Majrashi, A.A. Preliminary assessment of weed population in vegetable and fruit farms of Taif, Saudi Arabia / A.A. Majrashi // *Brazilian Journal of Biology*. – 2022. – Vol. 82, e255816.

Mariana, M. Growth and yield of *Solanum tuberosum* at medium plain with application of paclobutrazol and paranet shade / M. Mariana, J.S. Hamdani // *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. – 2016. – Vol. 9. – P. 26-30.

Marinus, J. Response of some potato varieties to temperature / J. Marinus, K.B.A. Bodlaender // *Potato Research*. – 1975. – Vol. 18. – P. 189-204.

Meksawat, S. Allelopathic effect of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) on seed germination and plant growth / S. Meksawat, T. Pornprom // *Weed Biology and Management*. – 2010. – Vol. 10. – P. 16-24.

Merlyn, M. Growth and Yield of *Solanum Tuberosum* at Medium Plain with Application of Paclobutrazol and Paranet Shade / M. Merlyn, H. Jajang // *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. – 2016. – Vol. 9. – P. 26-30.

Michitte, P. Mechanisms of Resistance to Glyphosate in a Ryegrass (*Lolium Multiflorum*) Biotype from Chile / P. Michitte, R. De Prado, N. Espinoza, J. Pedro Ruiz-Santaella, C. Gauvrit // *Weed Science*. – 2007. – Vol. 55. – P. 435-440.

Mohammed, Y.M.M. Potential of phytopathogenic fungal isolates as a biocontrol agent against some weeds / Y.M.M. Mohammed, M.E.I. Badawy // *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. – 2020. – Vol. 30, 92.

Mohseni-Moghadam, M. Fomesafen crop tolerance and weed control in processing tomato / M. Mohseni-Moghadam, D. Doohan // *Weed Technology*. – 2017. – Vol. 31. – P. 441-446.

Monteiro, A. Sustainable Approach to Weed Management: The Role of Precision Weed Management / A. Monteiro, S. Santos // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12, 118.

Moss, S. Herbicide-resistant weeds: A worldwide perspective / S. Moss, B. Rubin // The Journal of Agricultural Science. – 1993. – Vol. 120. – P. 141-148.

Mwakidoshi, E.R. Economic Importance, Ecological Requirements and Production Constraints of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in Kenya / E.R. Mwakidoshi, H.H. Gitari, S. Maitra, E.M. Muindi // International Journal of Bioresource Science. – 2021. – Vol. 8. – P. 61-68.

Nasir, M.W. Effect of Drought Stress on Potato Production: A Review / M.W. Nasir, Z. Toth // Agronomy. – 2022. – Vol. 12, 635.

National Center for Biotechnology Information. – URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Fomesafen> (дата обращения 20.02.23).

National Center for Biotechnology Information. – URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Clomazone> (дата обращения 20.02.23).

Nelson, D.C. Implications of post emergence tillage on root injury and yields of potatoes / D.C. Nelson, J.F. Giles // American potato journal. – 1986. – Vol. 63. – P. 445-446.

Nitzan, N. Hairy Nightshade is an Alternative Host of *Spongospora subterranea*, the Potato Powdery Scab Pathogen / N. Nitzan, R. Boydston, J. Crosslin, L. Hamlin, C. Brown // American Journal of Potato Research. – 2009. – Vol. 86. – P. 297-303.

Oerke, E.C. Crop losses to pests / E.C. Oerke. // The Journal of Agricultural Science. – 2006. – Vol. 144. – P. 31-43.

Ofosu, R. Herbicide Resistance: Managing Weeds in a Changing World / R. Ofosu, E.D. Agyemang, A. Márton, G. Pásztor, J. Taller, G. Kazinczi // Agronomy. – 2023. – Vol. 13, 1595.

Oliveira, R.C. Fertilizer Application Levels in Potato Crops and the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) / R.C. Oliveira, J.R.R. da Silva, R.M.Q. Lana, A.I. de Azevedo Pereira, R. Castoldi, R. de Camargo, J.M.Q. Luz // Agronomy. – 2021. – Vol. 11, 51.

Opena, G.B. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: II. Root growth / G.B. Opena, G.A. Porter // Agronomy Journal. – 1999. – Vol. 91. – P. 426-431.

Ou, J. Reduced Translocation of Glyphosate and Dicamba in Combination Contributes to Poor Control of *Kochia scoparia*: Evidence of Herbicide Antagonism / J. Ou, C.R. Thompson, P. Stahlman, N. Bloedow, M. Jugulam // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8, 5330.

Owen, M. Non-target-site-based resistance to ALS-inhibiting herbicides in six *Bromus rigidus* populations from Western Australian cropping fields / M. Owen, D.E. Goggin, S. Powles // *Pest management science*. – 2012. – Vol. 68. – P. 1077-1082.

Parameswaran, R. Detection of Macro and Micro Nutrients in Potatoes using Elemental Analysis Techniques / R. Parameswaran, P.T.V. Bhuvaneshwari // *International Journal of Recent Technology and Engineering*. – 2020. – Vol. 8. – P. 1033-1040.

Patil, V. Biology of *Solanum tuberosum* (Potato), Series of Crop Specific Biology Document / V. Patil, S. Sundaresha, K. Prashant, B. Vinay. – Ministry of Environment, Forestry and Climate Change, Government of India, 2016. – 38 pp.

Petit, S. Weeds in agricultural landscapes. A review. / S. Petit, A. Boursault, M., Le Guilloux, N., Munier-Jolain, X., Reboud // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2011. – Vol. 31. – P. 309-317.

Phytotoxicity assessment // OEPP/EPPO, *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 44 (3). – 2014. – P. 265-273.

Popp, J. Pesticide productivity and food security. A review / J. Popp, K. Pető, J. Nagy // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2013. – Vol. 33. – P. 243-255.

Powles, S.B. Evolution in action: Plants resistant to herbicides / S.B. Powles, Q. Yu // *Annual Review of Plant Biology*. – 2010. – Vol. 61. – P. 317-347.

Pramanik, P. Effect of mulch on soil thermal regimes - A review / P. Pramanik, K. Bandyopadhyay, D. Bhaduri, R. Bhattacharyya, P. Aggarwal // *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. – 2015. – Vol. 8. – P. 645-658.

Priess, G. Impact of postemergence herbicides on soybean injury and canopy formation / G. Priess, J. Norsworthy, T. Roberts, E. Gbur // *Weed Technology*. – 2020. – Vol. 34. – P. 727-734.

Qi, W. Effects of low doses of UV-B radiation supplementation on tuber quality in purple potato (*Solanum tuberosum* L.) / W. Qi, J. Ma, J. Zhang, M. Gui, J. Li, L. Zhang // *Plant signaling & behavior*. – 2020. – Vol. 15. – P. 1-8.

Raghubanshi, A.S. Alien Invasive Species and Biodiversity in India / A.S. Raghubanshi, L.C. Rai, J.P. Gaur, J.S. Singh // *Current Science*. – 2005. – Vol. 88. – P. 539-540.

Rahman, M. Herbicidal Weed Control: Benefits and Risks / M. Rahman // *Advances in Plants & Agriculture Research*. – 2016. – Vol. 4. – P. 371-372.

Rao, A.N. Weed research issues, challenges, and opportunities in India / A.N. Rao, R.G. Singh, G. Mahajan, S.P. Wani // *Crop Protection*. – 2018. – Vol. 134. – P. 1-8.

Rao, V.S. Principles of weed science (Second Edition) / V.S. Rao. – Science Publishers, Inc., USA, 2000. – 555 pp.

Rasmussen, I.A. *Elytrigia repens* population dynamics under different management schemes in organic cropping systems on coarse sand / I.A. Rasmussen B. Melander, M. Askegaard, K. Kristensen, J.E. Olesen // *European Journal of Agronomy*. – 2014. – Vol. 58. – P. 18-27.

Reddivari, L. Genotype, location, and year influence antioxidant activity, carotenoid content, phenolic content, and composition in specialty potatoes / L. Reddivari, A.L. Hale, J.C. Miller // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2007. – Vol. 55. – P. 8073-8079.

Rey-Caballero, J. Target-site and non-target-site resistance mechanisms to ALS inhibiting herbicides in *Papaver rhoeas* / J. Rey-Caballero, J. Menéndez, M.D. Osuna, M. Salas, J. Torra // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. – 2017. – Vol. 138. – P. 57-65.

Ricci, B. Local pesticide use intensity conditions landscape effects on biological pest control / B. Ricci, C. Lavigne, A. Alignier, S. Aviron, L. Biju-Duval, J.C. Bouvier, J.P. Choisis, P. Franck, A. Joannon, S. Ladet, F. Mezerette, M. Plantegenest, G. Savary, C. Thomas, A. Vialatte, S. Petit // *Proceedings of the Royal Society*. – 2019. – V. 286, 20182898.

Robichaud, P. Evaluating the effectiveness of wood shred and agricultural straw mulches as a treatment to reduce post-wildfire hillslope erosion in southern British

Columbia, Canada / P. Robichaud, P. Jordan, S. Lewis, L. Ashmun, S. Covert, R. Brown // *Geomorphology*. – 2013. – Vol. 197. – P. 21-33.

Sabzi, S. An automatic visible-range video weed detection, segmentation and classification prototype in potato field / S. Sabzi, Y. Abbaspour-Gilandeh, J.I. Arribas // *Heliyon*. – 2020. – Vol. 6. – P. 1-20.

Sahair, R. *Solanum tuberosum* L: Botanical, Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance / R. Sahair, S. Sneha, N. Raghu, T.S. Gopenath, M. Karthikeyan, A. Gnanasekaran, G.K. Chandrashekrappa, K.M. Basalingappa // *International Journal of Phytomedicine*. – 2018. – Vol. 10. – P. 115-124.

Santos, B.M. Optimum In-row Distances for Potato Minituber Production / B.M. Santos, P.R. Rodriguez // *HortTechnology hortte*. – 2008. – Vol. 18. – P. 403-406.

Satyagopal, K. AESA based IPM package for Potato / K. Satyagopal, S.N. Sushil, P. Jeyakumar, G. Shankar, O. P. Sharma, S.K. Sain, D.R. Boina, N. Srinivasa Rao, B.S. Sunanda, Ram Asre, K.S. Kapoor, Sanjay Arya, Subhash Kumar, C.S. Patni, S. Gangopadhyay, B. Gangadhar Naik, C.M. Kalleshwaraswamy, H.P. Patnik, K.C. Sahu, S.K. Beura, S.N. Mohapatra, Bhagat, Ashok S. Halepyati, B. Bheemanna, Amaresh, Y. S., Linga Raju, S., Ramesh Babu, Vijay Kumar, G.S. Rattan, M.S. Bhullar, Amar Singh, P.K. Mehta, K. Raja Reddy, U.V. Mahadkar, H.S. Yadava, A.N. Sabalpara, P.K. Borad, R.N. Pandey, N. Sathyanarayana S. Latha. – National Institute of Plant Health Management, Rajendranagar, Hyderabad, 2014. – 62 pp.

Sawicka, B. Biodiversity of weeds in fields of grain in South-Eastern Poland / B. Sawicka, B. Krochmal-Marczak, P. Barbaś, P. Pszczółkowski, M. Ćwintal // *Agriculture*. – 2020. – Vol. 10, 589.

Schapendonk, A.H.C.M. Effects of water stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of five potato cultivars / A.H.C.M. Schapendonk, C.J.T. Spitters, P.J. Groot // *Potato Research*. – 1989. – Vol. 32. – P. 17-32.

Schonbeck, M. Mulching for Weed Management in Organic Vegetable Production / M. Schonbeck. – 2012. – URL: <https://eorganic.org/node/4870> (дата обращения 03.06.2021).

Schonbeck, M.W. Effects of mulches on soil properties and tomato production. I. Soil temperature, soil moisture, and marketable yield / M.W. Schonbeck, G.E. Evelylo // *Journal of Sustainable Agriculture*. – 1998. – Vol. 13. – P. 55-81.

Schulz, V. Impact of Different Shading Levels on Growth, Yield and Quality of Potato (*Solanum tuberosum* L.) / V. Schulz, S. Munz, K. Stolzenburg, J. Hartung, S. Weisenburger, S. Graeff // *Agronomy*. – 2019. – Vol. 9, 330.

Serajchi, M. Suitable crop rotation results in effective weed control in potato field / M. Serajchi, R. Ghorbani, M.H. Rashed Mohasel, MehdiNasiri, K. Shojaie // *Annals of Biological Research*. – 2013. – Vol. 4. – P. 318-326.

Sharma, G. Into the weeds: New insights in plant stress / G. Sharma, J.N. Barney, J.H. Westwood, D.C. Haak // *Trends in Plant Science*. – 2021. – Vol. 26. – P. 1050-1060.

Shaw, R.H. The life history and host range of the Japanese knotweed psyllid, *Aphalara itadori* Shinji: potentially the first classical biological weed control agent for the European Union / R.H. Shaw, S. Bryner, R. Tanner // *Biological Control*. – 2009. – Vol. 49. – P. 105-113.

Shuvar, I. Invasive plant species and the consequences of its prevalence in biodiversity / I. Shuvar, H. Korpita, A. Shuvar, B. Shuvar, R. Kropyvnytskyi // In: VI International Scientific Conference «Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions», BIO Web Conference. – 2021. – Vol. 31. – 5 p.

Siblani, W. Reduced Rates of Metribuzin and Time of Hilling Controlled Weeds in Potato / W. Siblani, M. Haidar // *American Journal of Plant Sciences*. – 2017. – Vol. 8. – P. 3207-3217.

Sieczka, J. Weed Control of Potatoes on Long Island / J. Sieczka, J. Creighton // *Proceedings of Northeastern Weed Science Society*. – 2017. – Vol. 39. – P. 176-180.

Singh, S.P. Weed management in conventional and organic potato production / S.P. Singh, S. Rawal, V.K. Dua, S. Roy, M.J. Sadaworthy, S.K. Charkrabarti // *International Journal of Chemistry Studies*. – 2018. – Vol. 2. – P. 24-38.

Singh, V.V. Tank mix herbicide combination effect on weed and yield of wheat in North-Eastern plain zone / V.V. Singh, S.K. Singh, T. Pratap // *The Pharma Innovation Journal*. – 2022. – Vol. 11. – P. 1359-1362.

Soren, C. Weed dynamics and yield of potato as influenced by weed management practices / C. Soren, K.A. Chowdary, B.C. Patra, G. Sathish // International Journal of Pure & Applied Bioscience. – 2018. – Vol. 6. – P. 398-408.

Spooner, D.M. Structure, biosystematics, and genetic resources / D.M. Spooner, A. Salas in J. Gopal, S.M.P. Khurana, eds. Handbook of potato production, improvement and postharvest management. – Food Products Press, Binghamton, New York, 2006. – 605 p.

Spooner, D.M., Knapp, S. *Solanum tuberosum* / D.M. Spooner, S. Knapp. – 2013. – URL: <http://solanaceaesource.org/content/solanum-tuberosum> (дата обращения 26.05.2021).

Sprague, C. Weed Control Guide for Field Crops / C. Sprague. – 2022. – URL: [https://www.canr.msu.edu/resources/weed\\_control\\_guide\\_for\\_field\\_crops\\_e0434](https://www.canr.msu.edu/resources/weed_control_guide_for_field_crops_e0434) (дата обращения 02.04.2023).

Stephen, B.P. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides / B.P. Stephen, Q. Yu // Annual Review of Plant Biology. – 2010. – Vol. 61. – P. 317-347.

Struik, P.C. Aboveground and belowground plant development / P.C. Struik in D. Vreugdenhil, J. Bradshaw, C. Gebhardt, F. Govers, D.K.L. Mackerron, M.A. Taylor, H.A. Ross eds. Potato biology and biotechnology: Advances and perspectives. – Elsevier Science B.V., Amsterdam, 2007a. – 823 pp.

Struik, P.C. Responses of the potato plant to temperature in Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives, eds D. Vreugdenhil, J. Bradshaw, C. Gebhardt, F. Govers, D.KL. MacKerron, M.A. Taylor, et al. – Amsterdam: Elsevier, 2007b. – P. 366-396.

Symptoms induced by a potato herbicide. Ephytia. – 2018. – URL: <http://ephytia.inra.fr/en/C/21100/Potato-Symptoms> (дата обращения 23.06.2021).

The Biology of *Solanum tuberosum* (L.(Linnaeus)) (Potatoes). – URL: [https://biosafety.icar.gov.in/wp-content/uploads/2015/11/Biology\\_of\\_Solanum\\_tuberosum\\_Ca.pdf](https://biosafety.icar.gov.in/wp-content/uploads/2015/11/Biology_of_Solanum_tuberosum_Ca.pdf) (дата обращения 26.05.2021).

Thompson, M. History and perspective of herbicide use in Australia and New Zealand / M. Thompson, B.S. Chauhan // *Advances in Weed Science*. – 2022. – Vol. 40, e20210075.

Thorat, D.S. Design and Development of Ridge Profile Power Weeder / D.S. Thorat, P.K. Sahoo, D. De, M.A. Iquebal // *Journal of Agricultural Engineering*. – 2014. – Vol. 51. – P. 7-13.

Tian, J. Health benefits of the potato affected by domestic cooking: a review / J. Tian, X. Ye, S. Chen // *Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 202. – P. 165-175.

Timlin, D. Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in potato as a function of temperature / D. Timlin, S.M.L. Rahman, J. Baker, V.R. Reddy, D. Fleisher, B. Quebedeaux // *Agronomy Journal*. – 2006. – Vol. 98. – P. 1195-1203.

Tkach, A.S. Sensitivity of potato cultivars to fomesafen and metribuzin / A.S. Tkach, A.S. Golubev // *Potato Journal*. – 2022. – Vol. 49. – P. 17-26.

Tomar, S.S. Effect of Weed Management Practices in Potato (*Solanum tuberosum* L.) / S.S. Tomar, R.L. Rajput, H.S. Kushwaha // *Indian Journal of Weed science*. – 2008. – Vol. 40. – P. 187-190.

Torres-Sánchez, J. Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV / J. Torres-Sánchez, J.M. Peña, A.I. de Castro, F. López-Granados // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2014. – Vol. 103. – P. 104-113.

Uremis, I. Weed management in early-season potato production in the mediterranean conditions of Turkey / I. Uremis, M. Çalışkan, A. Uludag, S. Caliskan // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. – 2009. – Vol. 15. – P. 423-434.

Van der Waals, J.E. Grower perceptions of biotic and abiotic risks of potato production in South Africa / J.E. Van der Waals, J.M. Steyn, A.C. Franke, A.J. Haverkort // *Crop Protection*. – 2016. – Vol. 84. – P. 44-45.

VanDerZanden, A.M. Environmental Factors Affecting Plant Growth / A.M. VanDerZanden. – URL: <https://extension.oregonstate.edu/gardening/techniques/environmental-factors-affecting-plant-growth> (дата обращения 27.05.2021).



Vila-Aiub, M.M. Glyphosate resistance in perennial *Sorghum halepense* (Johnsongrass), endowed by reduced glyphosate translocation and leaf uptake / M.M. Vila-Aiub, M.C. Balbi, A.J. Distéfano, L. Fernández, E. Hopp, Q. Yu, S.B. Powles // *Pest Management Science*. – 2012. – Vol. 68. – P. 430-436.

Vrbničanin, S. Weed Resistance to Herbicides / S. Vrbničanin, D. Pavlović, D. Božić in book: P. Pacanoski, *Herbicide Resistance in Weeds and Crops*. – InTech, 2017. – 186 pp.

Wang, F. Effects of drip irrigation frequency on soil wetting pattern and potato growth in North China Plain / F. Wang, Y. Kang, S. Liu // *Agricultural Water Management*. – 2006. – Vol. 79. – P. 248-264.

Waryszak, P. Herbicide effectiveness in controlling invasive plants under elevated CO<sub>2</sub>: sufficient evidence to rethink weeds management / P. Waryszak, T.I. Lenz, M.R. Leishman, P.O. Downey // *Journal of Environmental Management*. – 2018. – Vol. 226. – P. 400-407.

Weed Control in Potato. Agriculture, Aquaculture and Fisheries. New Brunswick Canada. – 2020: <https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/10/pdf/Agriculture/WeedControlPotato.pdf> (дата обращения 01.06.2021).

Westwood, J.H. Weed management in 2050: Perspectives on the future of weed science / J.H. Westwood, R. Charudattan, S.O. Duke, S.A. Fennimore, P. Marrone, D.C. Slaughter, C. Swanton, R. Zollinger // *Weed Science*. – 2018. – Vol. 66. – P. 275-285.

Wijesinha-Bettoni, R. The Contribution of Potatoes to Global Food Security, Nutrition and Healthy Diets / R. Wijesinha-Bettoni, B. Mouillé // *American Journal of Potato Research*. – 2019. – Vol. 96. – P. 139-149.

Williams, J.L. How evolution modifies the variability of range expansion / J.L. Williams, R.A. Hufbauer, T.E. Miller // *Trends in Ecology & Evolution*. – 2019. – Vol. 34. – P. 903-913.

Woolfe, J.A. *The Potato in the Human Diet* / J.A. Woolfe // Cambridge University Press. – Cambridge, 1987. – 231 pp.

Woyessa, D. Weed Control Methods Used in Agriculture / D. Woyessa // *American Journal of Life Science and Innovation*. – 2022. – Vol. 1. – P. 19-26.

Wyss, G.S. Effects of selected herbicides on the germination and infection process of *Puccinia lagenophora*, a biocontrol pathogen of *Senecio vulgaris* / G.S. Wyss, H. Müller-Schärer // *Biological Control*. – 2001. – Vol. 20. – P. 160-166.

Xu, J. Functional Food Based on Potato / J. Xu, Y. Li, L. Kaur, J. Singh, F. Zeng // *Foods*. – 2023. – Vol. 12: 2145.

Yu, Q. Distinct non-target site mechanisms endow resistance to glyphosate, ACCase and ALS-inhibiting herbicides in multiple herbicide-resistant *Lolium rigidum* / Q. Yu, I. Abdallah, H. Han, M. Owen, S. Powles // *Planta*. – 2009. – Vol. 230. – P. 713-723.

Yu, Q. Metabolism-based herbicide resistance and cross-resistance in crop weeds: a threat to herbicide sustainability and global crop production / Q. Yu, S. Powles // *Plant physiology*. – 2014. – Vol. 166. – P. 1106-1118.

Zaheer, K. Potato production, usage, and nutrition – a review / K. Zaheer, M.H Akhtar // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2016. – Vol. 56. – P. 711-721.

Zarzecka, K. Marketable Yield of Potato and Its Quantitative Parameters after Application of Herbicides and Biostimulants / K. Zarzecka, M. Gugąła, A. Sikorska, K. Grzywacz, M. Niewęglowski // *Agriculture*. – 2020. – Vol. 10, 49.

Zarzecka, K. Potato as a global plant – nutritional, dietary and medicinal values / K. Zarzecka // *Rozprawy Naukowe PWSZ im. Jana Pawła II w Białej Podlaskiej*, T. III. – 2009. – P. 163-175.

Zarzecka, K. The effect of herbicides and biostimulants on polyphenol content of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and leaves / K. Zarzecka, M. Gugąła, A. Sikorska, I. Mystkowska, A. Baranowska, M. Niewęglowski, H. Dolega // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. – 2019. – Vol. 18. – P. 102-106.

Ziska, L.H. Understanding the nexus of rising CO<sub>2</sub>, climate change, and evolution in weed biology / L.H. Ziska, D.M. Blumenthal, S.J. Franks // *Invasive Plant Science and Management*. – 2019. – Vol. 13. – P. 79-88.

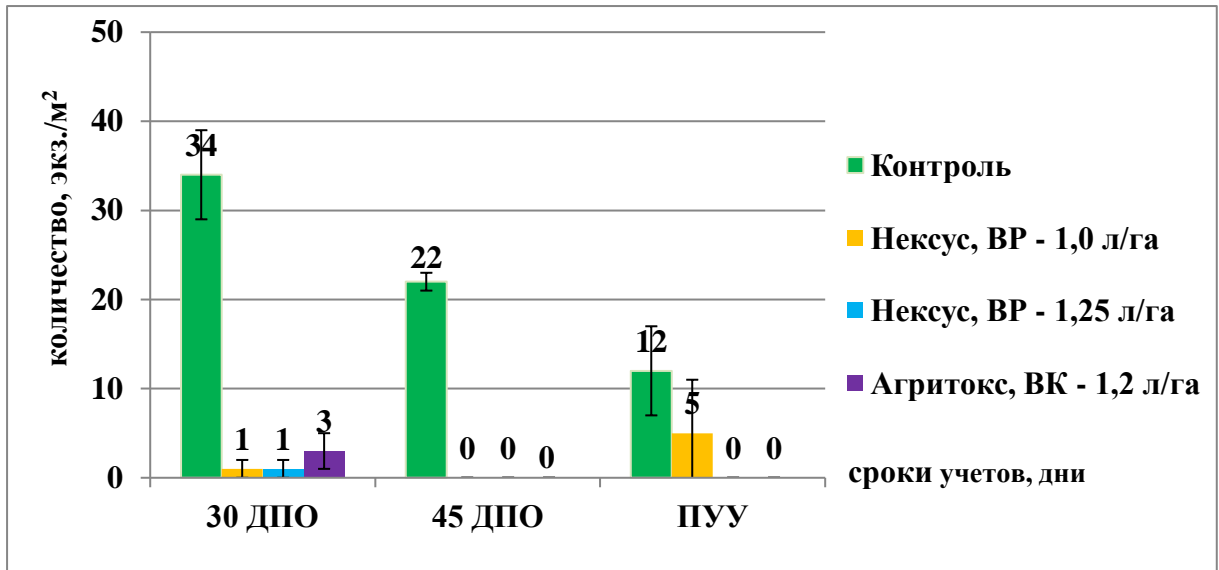


Рисунок 1 – Количество растений *Spargula arvensis* в посадках картофеля, экз./м<sup>2</sup>

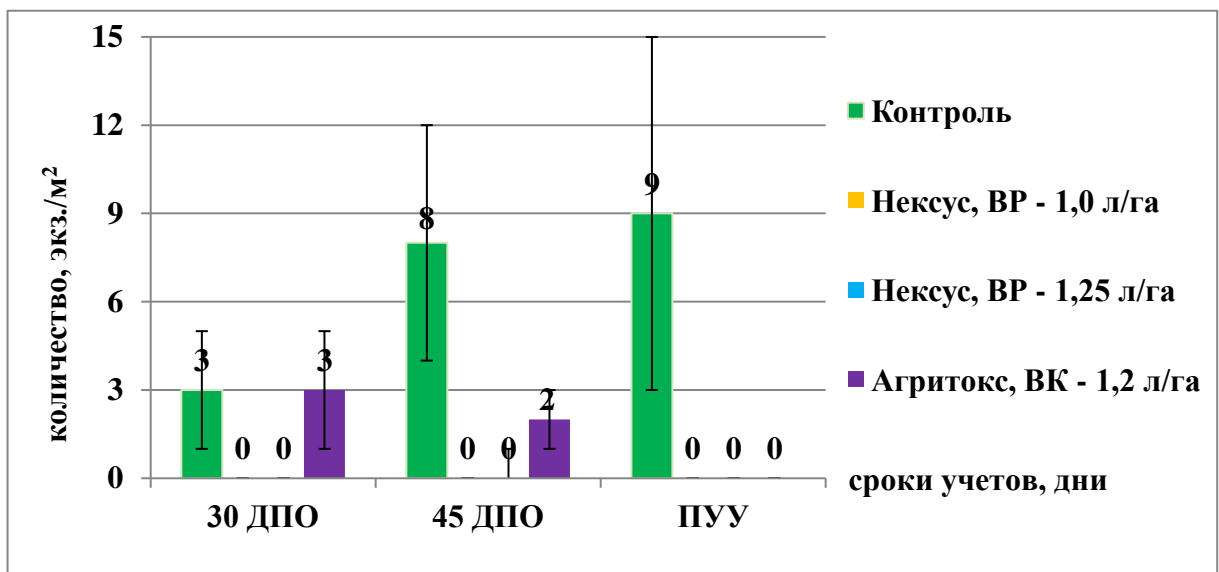


Рисунок 2 – Количество растений *Galinsoga parviflora* в посадках картофеля, экз./м<sup>2</sup>

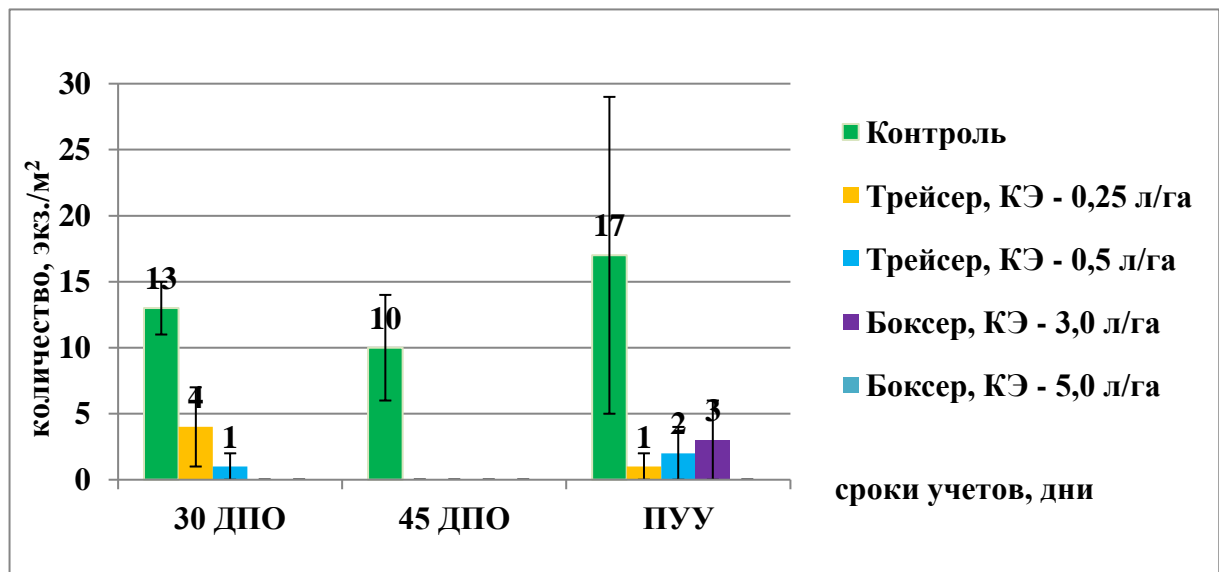


Рисунок 1 – Количество растений *Spargula arvensis* в посадках картофеля, экз./м<sup>2</sup>

Таблица 1 – Влияние гербицидов на фазы развития растений картофеля (2021 г.)

Сорта	Варианты опыта		Фазы развития растений картофеля		
			Дни проведения учетов после появления после обработки		
			7 сутки	14 сутки	28 сутки
Удача	Фомесафен	до всходов	вегетативный рост	вегетативный рост	цветение
		по вегетации	вегетативный рост	вегетативный рост	бутонизация – цветение
	Метрибузин	до всходов	вегетативный рост	вегетативный рост	цветение
		по вегетации	вегетативный рост	вегетативный рост	цветение
	Контроль	-	вегетативный рост	вегетативный рост	цветение
	Невский	Фомесафен	до всходов	вегетативный рост	вегетативный рост
по вегетации			вегетативный рост	вегетативный рост	бутонизация
Метрибузин		до всходов	вегетативный рост	вегетативный рост	бутонизация – цветение
		по вегетации	вегетативный рост	вегетативный рост	бутонизация – цветение
Контроль		-	вегетативный рост	вегетативный рост	бутонизация – цветение
Аврора		Фомесафен	до всходов	вегетативный рост	вегетативный рост
	по вегетации		вегетативный рост	вегетативный рост	начало бутонизации
	Метрибузин	до всходов	вегетативный рост	вегетативный рост	начало бутонизации
		по вегетации	вегетативный рост	вегетативный рост	начало бутонизации
	Контроль	-	вегетативный рост	вегетативный рост	начало бутонизации