

Научно-исследовательская работа

Биология

**БИОЛОГИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ВОЗДЕЛЫВАНИЮ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ
ЧАСТНОГО ПОДСОБНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Выполнили:

Маркиянова Анна Александровна

учащаяся 10 класса

ГУО «Гимназия №16 г. Минска»

Аксенчик Алексей Викторович

учащийся 10 класса

ГУО «Гимназия №16 г. Минска»

Боровик Галина Петровна

научный руководитель,

учитель биологии и химии

ГУО «Гимназия №16 г. Минска»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	9
2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	13
2.1. Изучение и подготовка опытного участка	13
2.2. Разработка схемы и методики полевого эксперимента	14
2.3. Проведение полевых опытов, наблюдений и учетов	15
2.3.1. Посев культуры – предшественника	15
2.3.2. Изучение динамики формирования клубеньковых бактерий	16
2.3.3. Посадка и уборка овощей	16
2.3.4. Расчет урожайности и оценка результатов	17
2.3.5. Исследование экологической чистоты и оценка результатов	18
2.3.6. Оценка экономической эффективности использования инокуляции семян бобовой культуры	21
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ	23
4. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	24
5. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ РАБОТЫ	26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	27
ПРИЛОЖЕНИЯ	30

ВВЕДЕНИЕ

Овощи – незаменимые продукты питания, богатые минеральными веществами и витаминами. Ценность овощей определяется содержащимися в них биостимуляторами, минеральными и пряными веществами (витаминами, ферментами, белками и органическими кислотами).

В Республике Беларусь производство овощной продукции осуществляется как в сельскохозяйственных предприятиях, так и в личных подсобных хозяйствах населения. При этом за последнее десятилетие произошло существенное перераспределение площадей посевов и валовых сборов овощей между общественными предприятиями и личными подсобными хозяйствами. Так, если в 2017 году на долю сельскохозяйственных предприятий приходилось 54% всех площадей посевов и 53% валового производства овощей, то в 2018 году эти соотношения составляли соответственно 23% и 22%. В настоящее время именно индивидуальный сектор выступает своеобразным гарантом продовольственной безопасности государства, поскольку почти 90% овощной продукции выращивается в личных подсобных хозяйствах населения.

Поэтому не случайно Директивой Президента Республики Беларусь «О развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли» № 6 от 4 марта 2019 г. отмечается, что сельское хозяйство является для нашей страны ведущими системообразующими сферами жизнедеятельности. В ней также призывается принимать меры по развитию белорусского села и обеспечению устойчивого развития и функционирования аграрного сектора экономики [18].

Вместе с тем, повышение урожайности сельскохозяйственных культур в личных подсобных хозяйствах связано преимущественно с использованием традиционных методов возделывания сельскохозяйственной продукции, основным направлением которых является интенсивная химизация растениеводческой отрасли. Бесконтрольное использование высоких доз удобрений в погоне за высокой урожайностью ведет к тому, что мы практически не получаем экологически чистой сельскохозяйственной продукции: опасные для человека вещества накапливаются в продуктах

растениеводства в количествах, превышающих допустимые нормы [15, с. 12].

Ситуация углубляется также и сложной экологической обстановкой. Значительная территория нашей республики (около 2%) оказалась подвергнутой радиоактивному загрязнению в связи с аварией на Чернобыльской АЭС, 80 тыс. га сельскохозяйственных угодий загрязнены техногенными выбросами промышленных центров, 6% сельскохозяйственных угодий имеют избыточное накопление биогенных элементов, превышающих предельно допустимые концентрации.

Кроме того, резкий рост стоимости энергетических и сырьевых ресурсов для производства минеральных удобрений и химических средств защиты растений вызывает настоятельную необходимость поиска альтернативных источников питательных элементов для растений и систем их защиты.

В последние годы на международных форумах, в мировых общественно-политических и научных кругах продвигается концепция «зеленой» экономики, призванной обеспечить гармоничное развитие экономической, социальной и экологической сфер деятельности. Разрабатываются методологические основы экологического земледелия и животноводства, технологических регламентов производства экологически чистой продукции.

В современных условиях альтернативной основой повышения урожайности экологически чистой овощной продукции может стать экологическое земледелие – производство сельскохозяйственной продукции в условиях рационального использования природных ресурсов, исключающее применение веществ, полученных в результате химического синтеза. Оно направлено на снижение уровня использования энергии и производственных ресурсов, уменьшение ущерба окружающей среде и улучшение защиты вод, почв, воздуха, растений и животных, а в конечном итоге – сохранение здоровья человека.

Как известно, стабилизирующим звеном в биологическом земледелии являются бобовые культуры. Бобовые растения отличаются высоким содержанием белка в семенах и обладают уникальной способностью вступать в

симбиоз со специфическими для каждого вида растений клубеньковыми бактериями, образовывать азотфиксирующие клубеньки, усваивать за вегетацию до 500 кг/га азота воздуха (N₂) и превращать его в аммиачный азот, доступный для растений.

Азот является самым важным элементом в питании растений, т.к. стимулирует рост, удлиняет вегетационный период, замедляет старение листьев, задерживает созревание плодов. Он входит в состав аминокислот, из которых строится белок. На его долю приходится 16 – 18% белков, необходимых для роста всех вегетативных частей растения, а также для плодообразования. Одностороннее внесение высоких доз азота ухудшает качество продукции, снижает сахаристость, содержание сухого вещества и витамина С, ухудшает лежкость овощей. Однако при недостатке азотного питания ослабляется вегетативный рост, соцветия становятся слабыми, листья – светло – зелеными, ухудшается химический состав овощей [21].

На дерново-подзолистых почвах Республики Беларусь урожайность овощей зависит в первую очередь от их обеспеченности легкоусвояемыми формами азота. Показателем обеспеченности служит потенциально усвояемый азот – сумма минеральных и органических соединений азота, которые могут быть усвоены растениями в течение вегетационного периода. Содержание их в почве подвержено сезонной динамике, что является следствием постоянно идущих процессов минерализации, иммобилизации, поглощения растениями, вымывания и газообразных потерь.

В экологически безопасном земледелии большая роль отводится биологическому азоту, вовлекаемому в сферу земледелия бобовыми культурами. Фиксация бобовыми растениями атмосферного азота обеспечивает высокие урожаи растительного белка без применения дорогостоящих и экологически небезопасных минеральных азотных удобрений. С пожнивно-корневыми остатками многолетних бобовых трав в почве остается в среднем около 50% фиксированного из воздуха азота, который на 2 – 3 года существенно повышает плодородие почвы и урожай последующих культур.

Изучение литературы, посвященной данной проблематике показало, что в естественных условиях бобовые растения используют только 10 – 30% своего азотфиксирующего потенциала. Инокуляция их эффективными селекционными штаммами клубеньковых бактерий повышает этот показатель до 20 – 50% (на 40 – 60%) [9].

Процесс инокуляции представляет собой применение искусственно полученных клубеньковых бактерий рода *Rhizobium* для улучшения азотфиксации. Инокулянты обычно наносят на семена перед посевом или вносят их в борозду для укладки семян при посеве. Фиксация азота происходит в клубеньках, образующихся на корнях растений. Возникают они при инфицировании молодых корневых волосков бактериями *Rhizobium*. После внедрения бактерии прорастают в виде инфекционной нити, которые проникают сквозь стенки эпидермиса в кору корня. В месте локализации бактерий на корне растения-хозяина образуются клубеньки, в которых бактерии быстро размножаются и располагаются в цитоплазме растительных клеток. Бактерии, находящиеся в клубеньках, синтезируют ферментную систему с нитрогеназной активностью, восстанавливающую молекулярный азот до аммиака.

Благодаря симбиотической азотфиксации, бобовые культуры не только экономно используют запасы азота почвы, но и восполняют их за счет накопления его в корнях и наземных растительных остатках и способствуют повышению почвенного плодородия. При этом белковая продуктивность биологического азота значительно выше содержащегося в минеральном удобрении. Благодаря этому можно получить дешевую и экологически чистую овощную продукцию.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в исследованиях по рассматриваемой проблеме, практическое использование биологического азота с использованием инокулянтов в отечественном растениеводстве остается пока на низком уровне. В практику личного подсобного хозяйства современные агротехнологии не внедряются вовсе. Это связано в большой мере с

недостаточной изученностью многих физиолого-биохимических особенностей процесса азотфиксации, а также сложностью и «штучностью» производства инокулянтов.

По нашему мнению, внедрение указанных биотехнологий при выращивании овощной продукции на приусадебном участке тормозится по следующим причинам: низкий уровень культуры земледелия; менталитет земледельца, обуславливающий индифферентное отношение к земле; недооценка роли биологического азота, вовлекаемого в сферу экологически безопасного земледелия бобовыми культурами; сложность или невозможность приобретения инокулянтов.

Таким образом, **актуальность настоящего исследования** обусловлена рядом причин, среди которых можно выделить следующие: 1) овощи являются наиболее популярным продуктом питания в нашей стране и производятся преимущественно в личных подсобных хозяйствах; 2) основными причинами низкой урожайности овощной продукции являются несоблюдение требований технологии выращивания, а также недостаток азота в почве; 3) чрезмерное использование сельскохозяйственных удобрений приводит к переизбытку токсичных веществ, что в конечном итоге приводит к продовольственной непригодности для потребителя; 4) урожайность овощных культур может быть повышена за счет использования в севообороте предшественника – бобовой культуры, отличающейся высоким содержанием белка в семенах и способностью накапливать биологический азот воздуха с помощью клубеньковых бактерий.

Исходя из вышеизложенного, **целью** данной работы являлось разработка комплекса научно-обоснованных практических рекомендаций по повышению урожайности и экологической чистоты овощей открытого грунта (на примере картофеля и томата) с использованием инокуляции бобовой культуры – предшественника в условиях личного подсобного участка.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие **задачи**: 1) установить влияние бобовой культуры – предшественника в

севообороте на повышение урожайности и экологической чистоты овощей; 2) определить эффективность применения инокуляции семян бобовой культуры бактериями *Rhizobium* при выращивании овощей; 3) оценить эффективность применения комплексного минерального удобрения, внесенного в почву при посадке овощей и сравнить ее с результатами использования биологического азота, вовлекаемого бобовой культурой; 4) определить количественное содержание нитратов с использованием ионометрического экспресс-метода в отобранных образцах овощей; 5) оценить экономическую эффективность использования инокуляции семян бобовой культуры – предшественника бактериями *Rhizobium* в условиях личного подсобного хозяйства.

Объект исследования: овощи открытого грунта (сорт картофеля – «Скарб», сорта томата – «Глория»), выращенные в условиях личного подсобного хозяйства (Минская обл., д. Околица).

Предмет исследования: урожайность и экологическая чистота овощной продукции открытого грунта, выращенной в условиях личного подсобного хозяйства.

Рабочая гипотеза: предполагалось, что использование бобовой культуры в качестве предшественника в севообороте в сочетании с инокуляцией бактериями *Rhizobium* является наиболее эффективной и экономически обоснованной технологией увеличения урожайности и экологической чистоты овощей, выращиваемых в условиях личного подсобного хозяйства

Научная новизна и значимость полученных результатов заключается в том, что впервые на уровне школьного научного эксперимента проведено комплексное исследование актуальных вопросов увеличения урожайности и экологической чистоты овощной продукции в условиях личного подсобного хозяйства с использованием биологического азота, вовлекаемого в сферу земледелия бобовой культурой в сочетании с инокуляцией бактериями *Rhizobium*.

Употребляя в части названия настоящей работы обстоятельство «в условиях личного подсобного хозяйства», мы намеренно подчеркиваем, что

речь идет не о каком-то гипотетическом эксперименте в «стерильных» условиях или промышленном выращивании овощной продукции с учетом значительных финансовых возможностей, а именно о выращивании овощей в реальных условиях обычного частного подсобного хозяйства (дача, деревня, участок в поле и т.д.).

Ожидаемые результаты: повышение урожайности и экологической чистоты овощных культур за счет использования в севообороте бобовой культуры, инокулированной бактериями *Rhizobium*.

Связь работы с крупными научными программами, темами:

Работа выполнялась в соответствии с Государственной программой «Научоемкие технологии и техника» на 2016 – 2020 годы, утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 327 от 21 апреля 2016 г. (в ред. постановлений Совмина от 02.12.2016 N 991, от 29.12.2016 N 1112, от 11.12.2017 N 947, от 30.08.2018 N 631, от 14.12.2018 N 901) [19], а также Директивой Президента Республики Беларусь «О развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли» № 6 от 4 марта 2019 г. [18].

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Рассмотрим результаты обзора и обобщения специальной литературы, посвященной биологизации сельскохозяйственного производства и восстановления биологического потенциала почвы за счет возобновляемых ресурсов.

Анализ научных публикаций по проблеме исследования [5, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 20, 21, 25, 26 и др.] свидетельствует о том, что в последние 2–3 десятилетия интерес к биологической азотфиксации стремительно растет. Это связано не только с определяющей ролью этого процесса в азотном балансе биосферы, но и возможностью сокращения объемов применения минерального азота в технологиях выращивания полевых культур в свете современных тенденций биологизации земледелия при одновременном снижении энергетических затрат на производство продукции растениеводства.

Впервые симбиотические азотфиксирующие бактерии были выделены в 1888 году М.Бейеринком из корневых клубеньков бобовых растений. Поэтому их называли *клубеньковыми бактериями*. Позже Б.Франком было предложено родовое название клубеньковых бактерий – *Rhizobium* (от *rhizo* – корень, *bio* – жизнь, жизнь на корнях). Вскоре после этого в научном мире возникла идея использовать эти бактерии для улучшения образования клубеньков и усиления фиксации атмосферного азота.

Препарат клубеньковых бактерий под названием «нитрагин» был впервые приготовлен в 1896 г. в Германии (Ф. Ноббе и Л. Гильтнер). Позднее под различными наименованиями культуры клубеньковых бактерий начали готовить в других странах. Так, в 1906 г. в Англии В. Боттомлей стал производить «нитрагин», в 1907 г. в США Ф. Гаррисон и Б. Барлоу предложили соответствующий препарат «нитрокультура». В том же году в России, Т. Будинов начал применять препарат *Rhizobium*, именовавшийся здесь «нитрагином».

В настоящее время препараты клубеньковых бактерий широко используют в разных странах под различными названиями. Так, во Франции они именуются N-germ, в Чехословакии – нитразон, в СНГ – нитрагин, ризоторфин и т.д. Стало очевидно, что использование препаратов клубеньковых бактерий для инокуляции ими семян бобовых растений совершенно необходимо, когда в данной местности вводятся новые культуры бобовых, и в составе флоры нет перекрестно заражающихся с ними растений. Инокуляция обеспечивала образование клубеньков и, следовательно, осуществление азотфиксации. В результате увеличивались урожай и содержание белка в растительной массе и зерне.

В настоящее время в целесообразности применения инокуляции для новых культур бобовых растений, а также вновь осваиваемых земельных площадей среди ученых-практиков нет сомнения. В определенной мере дискуссионным является вопрос о применении инокуляции на старопахотных, хорошо окультуренных почвах, находящихся в условиях частных подсобных

хозяйств, на которых уже давно возделываются бобовые растения. Можно предположить, что в таких почвах уже сложились достаточно стабильные микробные ценозы, в составе которых имеются и клубеньковые бактерии культурных бобовых растений. Нужна ли здесь инокуляция и будет ли она себя оправдывать? Этот вопрос интересует исследователей давно. Для его проверки были поставлены многочисленные опыты.

Так, в европейской части СНГ массовые опыты с инокуляцией различных бобовых культур были в свое время проведены Е.Н. Мишустинным и В.В. Бернардом. Результат оказался положительным и в большинстве случаев инокуляция дала заметное увеличение урожая.

Массовые опыты, проведенные во Всесоюзном НИИ сельскохозяйственной микробиологии (Россия, г. Санкт-Петербург), также показали целесообразность и эффективность рассматриваемого агроприема. Существенное повышение урожайности от нитрагинизации бобовых культур (люцерны, клевера, люпина, гороха, сои) получено на территории европейской части страны в опытах Г.Н. Блинкова.

Достаточно широко искусственная инокуляция бобовых культур клубеньковыми бактериями сегодня проводится в Чехии, Болгарии, Польше, а также в США, Канаде, Франции, Швеции и других странах. В результате проведенных исследований научным сообществом накоплен значительный по объему материал о механизмах положительных воздействий ассоциативных ризосферных бактерий на растения. К таким механизмам относятся фиксация атмосферного азота, продуцирование биологически активных веществ, активизация потребления корнями питательных элементов, биоконтроль фитопатогенов и индуцирование системной устойчивости растений [3, с. 24–26]. Также выявлено свыше 200 видов микроорганизмов – представителей более 80 родов, различающихся физиологически и биохимически, но сходных в том, что их геномы содержат специфическую информацию для синтеза нитрогеназы [4, с. 77]. Проведенные многочисленные научно-практические опыты показали, что 70–80% культур бактерий, выделяемых из почвы на

питательную среду, фиксируют азот [24, с. 17]. При этом каждый вид фиксирует небольшое количество азота, но в сумме его фиксируется довольно много (в среднем 15–20 кг/га в год) [6, с. 28–29].

В этой связи совершенно обоснованной и своевременной представляется позиция многих стран (США, Канада, Англия, Франция, Италия и др.), которые поставили вопрос о существенном сокращении производства минеральных удобрений, особенно азотных и фосфорных, а их недостаток в почве предложили компенсировать за счет применения препаратов на основе ризосферных и ризоплановых микроорганизмов [22, с. 22–24].

Так, в Австралии, например, основное внимание уделяется бобовым культурам и усилению накопления биологического азота за счет инокуляции штаммами, обладающими высокими не только азотфиксирующими, но и конкурентными способностями, приспособленными к кислотности почв, повышенному содержанию минерального азота, недостатку молибдена, неблагоприятным температурам и др. В то же время рассматривается вопрос об усилении процессов несимбиотического усвоения азота [2, с. 23].

В других аграрно развитых странах до 1/3 общей площади зерновых и зернобобовых культур сегодня бактерируют diaзотрофными препаратами, за счет чего на 25–40% сокращают потребление дорогостоящих и экологически небезопасных минеральных азотных удобрений [23, с. 505–506].

Таким образом, открытие явления ассоциативной азотфиксации обосновало возможность искусственного обогащения ризосферы растений специализированными штаммами бактерий, способных к интенсивному связыванию молекулярного азота. Поэтому во многих лабораториях мира ведутся настойчивые исследования по поиску новых штаммов микроорганизмов и их эффективному применению в растениеводстве.

Вместе с тем, результаты анализа специальной литературы, посвященной данной проблеме, свидетельствуют о том, что комплексного сравнительного научного исследования целесообразности и эффективности рассматриваемого агроприема в условиях частного приусадебного участка не проводилось.

Отсутствуют и достоверные данные по влиянию инокуляции бобовых на потребительские качества и экологическую безопасность плодоовощной продукции. Все это приводит к тому, что в условиях частного приусадебного хозяйства отсутствуют системный подход и единая научно обоснованная стратегия, направленная на производство биологически чистой плодоовощной продукции.

Обозначенные обстоятельства обосновывают актуальность избранной темы исследования и определяют его основную цель.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для достижения поставленной цели повышения урожайности и экологической чистоты овощей открытого грунта мы проводили двухлетнее научное исследование методом полевого эксперимента.

Решение поставленных задач предполагало выращивание наиболее популярных и распространенных в личных приусадебных хозяйствах Республики Беларусь овощей – картофеля и томата в сочетании с влияющими на них факторами почвенного покрова: 1) почва без удобрений (*контроль*); 2) почва с рекомендуемой дозой комплексного удобрения (NPK); 3) почва после бобовой культуры – предшественника в севообороте (горох овощной), без удобрений; 4) почва после бобовой культуры – предшественника в севообороте (горох овощной), инокулированной бактериями *Rhizobium*, без удобрений.

Данное исследование состояло из четырех основных этапов: 1) изучение и подготовка опытного участка; 2) разработка схемы и методики полевого эксперимента; 3) проведение полевых опытов, наблюдений и учетов.

2.1. Изучение и подготовка опытного участка

Данный этап включал в себя выбор земельного участка и оптимальной структуры полевого опыта.

Для полевого научно-исследовательского эксперимента мы использовали

земельный участок личного подсобного хозяйства в д. Околица Минской обл. с хорошо окультуренной дерново-подзолистой субпесчаной почвой общей площадью 81 кв.м, расположенный на хорошо освещаемом солнцем месте, обладающий свойством типичности и однородностью почвенного покрова.

Участок находится на удаленном расстоянии от животноводческих построек, сплошного леса и проезжих дорог. Влияние различного рода случайных факторов почвенной пестроты, нарушающих однородность условий полевых опытов, минимально.

Опытный участок имел равномерный и незначительный уклон вдоль поливных борозд, что способствовало равномерному впитыванию проходящей по ним воды.

2.2. Разработка схемы и методики полевого эксперимента

Полевые опыты мы проводили в период с 2018 г. по 2019 г. по методике Б.А.Доспехова [8, с. 40].

Разбивку участка начинали с выведения общего контура опытов и контуров отдельных повторений. Количество опытов соответствовало числу объектов исследования – овощей: картофеля и томата.

Число вариантов в схеме любого опыта всецело определяется его содержанием и задачами исследования [8, с. 41]. Учитывая, что в нашем эксперименте последовательно изучалось влияние четырех факторов, контур каждого опыта мы разбили на 4 делянки квадратной формы. Учетная площадь каждой делянки составила 2,25 м². Каждая делянка отвечала определенному варианту с соответствующим объектом исследования и влияющим на него фактором в соответствии со схемой вариантов полевого эксперимента (таблица 1) [приложение 1].

Для обеспечения точности полевого эксперимента и надежности средних по вариантам мы использовали двукратную повторность опыта на территории. Территориальная повторность дает возможность полнее охватить каждым вариантом опыта пестроту земельного участка и получить более устойчивые и точные средние. Организация повторений опытов позволяет контролировать значительную часть территориальной изменчивости опытного участка и

устранять влияние ее на ошибку эксперимента [8, с. 42].

Для исключения влияния растений соседних вариантов, а также исключения миграции питательных веществ вдоль сторон делянок были установлены боковые защитные полосы высотой 0,2 м и утопленные в грунт на глубину 0,3 м. При этом для разграничения делянок между ними были оставлены узкие незасеянные полосы шириной 1 м.

Таким образом, планируя заложить два опыта с четырьмя вариантами в двукратной повторности выделенный земельный участок мы разбили на 16 делянок ($4 \times 2 \times 2 = 16$).

Схематический план полевого эксперимента представлен на рисунке 1 [приложение 2].

2.3. Проведение полевых опытов, наблюдений и учетов

2.3.1. Посев культуры – предшественника

Во второй половине августа 2018 года мы осуществили посев культуры-предшественника – гороха овощного в делянки с вариантами №№ 3, 7. Посев производили инокулированными семенами в гряды гнездовым способом на расстоянии 30 см между гнездами в ряду.

В этот же день в делянки с вариантами №№ 8, 4 мы аналогичным способом осуществили посев гороха овощного семенами, инокулированными клубеньковыми бактериями *Rhizobium*.

Инокуляцию семян клубеньковыми бактериями проводили в крытом, защищенном от действия прямых солнечных лучей помещении в день сева.

В качестве инокулянта мы использовали жидкую форму промышленного инокулянта «Ризоторфин» (Россия), содержащего штаммы эффективных клубеньковых бактерий рода *Rhizobium*, которые в симбиозе с бобовыми растениями способны фиксировать азот атмосферы. Расход указанного биопрепарата – 1 л на тонну семян.

Выбор данного препарата был обусловлен, прежде всего, доступностью приобретения для частного лица, т.к. в Республике Беларусь коммерческим производством инокулянтов занимается ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» на основании договоров, заключаемых только с государственными

заказчиками.

Способ приготовления инокулированных семян заключался в ручной обработке семян непосредственно перед посевом. Порцию семян в 50-60 г, рассчитанную для высева на 4 делянках суммарной площадью 9 кв.м. мы увлажнили суспензией биопрепарата объемом 0,1 мл в воде объемом 150 мл и перемешали до равномерного распределения бактерий на поверхности семян. Через 20-30 минут семена впитали влагу и восстановили сыпучесть. Затем обработанные семена мы в течение дня высевали во влажную почву.

Во время вегетации гороха мы проводили рыхления почвы. Первое рыхление делали на глубину 5-6 см при обозначении рядков. Через две недели после первого рыхления проводили второе, а через две недели после второго – третье.

2.3.2. Изучение динамики формирования клубеньковых бактерий

В целях изучения динамики формирования клубеньковых бактерий в процессе роста растений гороха овощного мы осуществляли визуальный осмотр корневой системы и подсчет клубеньков.

Начало образования клубеньков на корнях бобовой культуры мы отмечали на 8-9 день после полных всходов, в их активизацию – через 7-9 дней после образования. Нами установлено, что количество клубеньков заметно возрастало в фазу цветения, а в фазу плодообразования отмечали их максимальные значения, когда на одном растении по сравнению с фазами бутонизации и цветения количество клубеньков увеличивалось соответственно в 2,0-2,5 и 4,0-4,5 раза.

В эту фазу на делянках №№ 3, 7, на которых рос обычный горох образовалось 40-50 клубеньков, а на делянках №№ 8, 4, на которых рос горох, инокулированный бактериями *Rhizobium* образовалось 70-80 клубеньков.

Таким образом, инокуляция семян гороха овощного бактериями *Rhizobium* существенно повышает азотфиксирующий потенциал бобовых культур. Активный симбиоз бобовой культуры с клубеньковыми бактериями значительно обогащает почву азотом, что способствует увеличению

продуктивности последующих культур в севообороте и сокращает материальные затраты.

2.3.3. Посадка и уборка овощей

Картошку и томаты мы высаживали в соответствии со схемой вариантов [таблица 1, приложение 1] и схематическим планом полевого эксперимента [рисунок 1, приложение 2] 1 и 15 мая 2019 года соответственно.

Семенные клубни картофеля массой 60-80 г проращивали на свету в течение 20 суток, а затем высаживали на опытном участке рядами на глубину 12-15 см, на расстоянии 70-75 см между рядами, а между клубнями – 30-35 см.

Рассаду томата высаживали в грунт, оставляя между рядами 50 см, расстояние между растениями – 50 см.

После посадки растения обильно поливали. Дальнейший уход за выращиваемыми овощами состоял из рыхлений почвы и прополки сорняков.

Удобрения для вариантов №№ 2, 6 вносили перед посадкой овощей в виде комплексного азотно-фосфорно-калийного удобрения в форме общего азота (N, %- 16 ± 1), общих фосфатов (P_2O_5 , %- 16 ± 1) и калия (в пересчете на K_2O , %- 16 ± 1).

Указанное удобрение разработано отечественным производителем, является одним из наиболее доступных и включает все три основных элемента питания, необходимые для нормальной жизнедеятельности растений. В соответствии с рекомендациями, указанными на товарной упаковке рекомендуемое (оптимальное) количество вносимых удобрений для овощной продукции составило 30 г/м^2 .

При этом за нулевое количество вносимых удобрений (варианты без удобрений) мы условно приняли фоновое содержание соответствующих химических веществ в почве без внесения дополнительного количества удобрений.

Уборку урожая томатов проводили во второй половине августа 2019 года (по мере созревания). Уборку урожая картофеля проводили 04 сентября 2019

года.

2.3.4. Расчет урожайности и оценка результатов

Расчет урожайности осуществлялся делением валового сбора, определяемого в физическом (первоначально оприходованном) весе овощной продукции на ее площадь уборки.

Результаты урожайности овощей по вариантам в соответствии со схемой вариантов полевого эксперимента представлены в таблице 2 [приложение 3].

Результаты сравнения средней урожайности овощей в зависимости исследуемых факторов представлены на диаграмме 1 [приложение 4].

Представленные выше данные позволяют сделать вывод о том, что использование бобовой культуры в качестве предшественника в севообороте в сочетании с инокуляцией бактериями *Rhizobium* является наиболее эффективной технологией увеличения урожайности овощей, выращиваемых в условиях личного подсобного хозяйства.

При этом в естественных условиях бобовые растения, используемые в качестве предшественника в севообороте позволяют увеличить урожайность овощей в среднем на 42% (по сравнению с контрольным данными вариантов №№ 1 и 5). Инокуляция семян бобовых культур эффективными селекционными штаммами клубеньковых бактерий *Rhizobium* повышает этот показатель до 76%.

Результаты сравнения средней урожайности овощей в зависимости от исследуемых факторов свидетельствуют также и о некоторой невосприимчивостью картофеля к атмосферному азоту, накопленному в почве благодаря бобовой культуре – предшественнику. Данное утверждение согласуется с данными литературных источников, посвященных проблеме повышения урожайности овощей [20, с. 86; 7, с. 114; 5, с. 23 и др.].

2.3.5. Исследование экологической чистоты и оценка результатов

Применительно к нашей работе понятие экологической чистоты является

собираемым понятием, которое объединяет такие качества, как отсутствие в продукции вредных для организма веществ: остаточных количеств ядохимикатов, излишков нитратов, солей тяжелых металлов и радионуклидов.

Наш полевой участок находился в заведомо удаленном расположении от промышленных объектов, дорожных магистралей и радиоактивного загрязнения, а также в месте, где применение средств химизации очень ограничено, поэтому в нашем случае загрязнение почвы техногенными выбросами, ядохимикатами, солями тяжелых металлов и радионуклидами практически исключено. Однако, применение агрохимикатов, в частности – азотных удобрений, позволяющих получать высокий урожай основных сельскохозяйственных культур очень часто приводит к избыточному накоплению нитратов, превышающему предельно допустимые концентрации. Кроме того, существует множество естественных факторов, способствующих накоплению нитратов в почве, например экологические факторы – свет, температура, плодородие почвы, влажность, рН, агротехнические факторы – сроки посадки и уборки, полив, система обработки почв и т. д. [3, с. 113].

Сложность изучаемой проблемы заключается еще и в том, что содержание нитратов в растениях до определенных пределов положительно коррелирует с ростом и качеством продукции, и является показателем их обеспеченности азотом. С другой стороны, содержание нитратов в растениях, особенно в повышенных концентрациях, не только значительно ухудшает их качество, но и негативно влияет на здоровье человека, сокращая продолжительность его жизни.

Известно, что допустимое суточное потребление нитратов для человека не должно превышать 5 мг на 1 кг массы тела, т.е. не более 350 мг в сутки для человека массой 70 кг. Установлены предельно допустимые концентрации нитратов для некоторых видов овощной продукции [17, с. 22].

Принимая во внимание вышесказанное, а также учитывая преобладающую долю овощной продукции, выращенной в условиях личного подсобного хозяйства в рационе питания большинства белорусов, можно

предположить, что столь популярные в нашей стране продукты питания являются потенциальным источником нитратов.

Данные обстоятельства и определили необходимость исследования количественного содержания нитратов в выращиваемых овощах как главного критерия экологической чистоты овощной продукции.

Для исследования выращенной нами овощной продукции на содержание нитратов мы использовали один из наиболее распространенных методов агрохимического анализа – ионометрический экспресс-метод. Данный метод основан на извлечении нитратов раствором алюмокалиевых квасцов с последующим измерением концентрации нитрат-ионов в растворе с помощью ионоселективного электрода [10, с. 207].

В ходе дальнейшего выполнения работы нами осуществлялся отбор растительных проб овощной продукции для исследования экологической чистоты.

Растительные пробы отбирались в сухую погоду, в утренние часы, после высыхания росы (в день уборки урожая). При отборе корнеплодов картофеля с каждой делянки было выкопано 5-6 растений средней величины. Клубни картофеля были очищены от почвы, подсушены и взвешены.

Среднюю пробу каждого сорта картофеля составили с учетом размера клубней. Для этого материал сортировали визуально на большие, средние, малые и соответственно долевого участию фракции составили средний образец.

Аналогичным способом были подготовлены ягоды томата.

Всего было подготовлено 16 растительных проб (с учетом количества вариантов полевого эксперимента и их повторений: $8 \times 2 = 16$).

Определение концентрации нитрат-ионов с помощью ионометрического экспресс-метода осуществлялось с применением следующего оборудования [фото 1, приложение б]:

иономер универсальный ЭВ-74;

электроды ионоселективные типа ЭМИ-11 и электрод сравнения –

хлорсеребряный, насыщенный образцовый 2-го разряда по ГОСТ 17792-72;

весы лабораторные (до 500 г), колбы мерные на 50 и 100 мл, скальпель, ротатор, гомогенизатор (6000 об/мин), терка, фарфоровая ступка.

В качестве реактивов использовались: квасцы алюмокалиевые по ГОСТ 4329-77, калий азотнокислый по ГОСТ 4217-77, дистиллированная вода.

Последовательность действий в ходе лабораторного опыта состояла из следующей операций:

1. Сырой растительный материал предварительно измельчали до размера частиц не более 1 см. Навеску растительного материала весом 10 г (с точностью $\pm 0,01$) мы помещали в стакан гомогенизатора, приливали 50 мл 1%-го раствора алюмокалиевых квасцов (соотношение 1:5) и гомогенизировали в течение 1 мин при 6000 об/мин. Далее, в полученной суспензии с помощью ионометра ЭВ-74 определяли концентрацию нитрат-ионов.

2. Измерение концентрации нитрат-ионов проводили в единицах $pC_{\text{NO}_3^-}$ по шкале иономера, предварительно отградуированной по растворам сравнения. Данные опыты мы осуществляли для каждого растительного образца.

Всего было проведено 16 опытов по вышеуказанной схеме.

Массовую долю нитратов в мг/кг исследуемой продукции мы находили по величине $pC_{\text{NO}_3^-}$ с помощью вспомогательных таблиц [2, с. 117].

Результаты измерений содержания нитратов в образцах, полученных с использованием ионометрического экспресс-метода представлены в таблице 3 [приложение 5].

Сравнительные результаты определения количества нитратов ионометрическим экспресс-методом в исследуемых овощах в соответствии со схемой вариантов представлены на диаграмме 2 [приложение 7].

Результаты наших опытов подтверждают значительное влияние вносимых удобрений на количество нитратов в овощной продукции. Нами установлено существенное увеличение количества нитратов (в 3-4 раза) в растительных образцах тех овощей, при выращивании которых в почву были внесены рекомендуемые дозы комплексного удобрения (№№ вариантов – 2, 6).

В условиях применения в севообороте культуры-предшественника - гороха овощного количество нитратов по сравнению с результатами, полученными при выращивании овощей в обычных условиях на почве без удобрений (контрольные варианты №№ 1, 5) изменилось незначительно (в среднем на 45 мг/кг).

Незначительное увеличение количества нитратов по сравнению с контрольными значениями наблюдалось также и в условиях применения в севообороте гороха овощного, инокулированного бактериями *Rhizobium*.

2.3.6. Расчет экономической эффективности использования инокуляции семян бобовой культуры

Экономическая эффективность используется для оценки результативности всего общественного производства и определяется как отношение между результатом и затратами на этот результат. Данное положение согласуется с мнением Б.А. Доспехова, который утверждает, что «экономическая эффективность нового приема или технологии определяется учетом затрат и прибыли» [8, с. 146].

Поскольку эффективность всегда связана с отношением ценности результата к ценности затрат, то в качестве основного показателя экономической эффективности мы выбрали величину условно чистого дохода (*величина D*). При расчете данного показателя мы использовали следующие исходные данные:

средняя стоимость жидкого инокулянта «Ризоторфин» (Россия) – 39 бел. руб. за 1 литр.;

средняя стоимость 1 кг комплексного удобрения – 4,65 бел. руб. за 1 кг.;

средняя рыночная стоимость 1 кг томатов – 2,5 бел. руб. за 1 кг.;

средняя рыночная стоимость 1 кг картофеля – 0,5 бел. руб. за 1 кг.

Величина условно чистого дохода рассчитывалась нами как разница между средней рыночной стоимостью овощной продукции (*величина X* за вычетом соответствующих расходов), выращенной с использованием

инокуляции бобовых культур и средней рыночной стоимостью овощной продукции (*величина Y* за вычетом соответствующих расходов), выращенной с применением комплексного удобрения из расчета на 100 кв.м.

С учетом вышеизложенного мы осуществили расчеты экономической эффективности используемой в настоящей работе технологий выращивания овощей по следующей формуле: $D = X - Y$.

При учете затрат мы не учитывали стоимость рассады для томата и клубней семенного картофеля для посадки, т.к. для всех используемых в настоящей работе технологий выращивания овощей их стоимость была одинаковой.

Результаты расчета экономической эффективности использования технологий выращивания овощей в условиях личного подсобного хозяйства представлены следующим образом:

$$D \text{ (для картофеля)} = (5,98 - 4,80) * 0,50 * 100 = 59 \text{ бел. рублей.}$$

$$D \text{ (для томата)} = (9,78 - 7,02) * 2,50 * 100 = 690 \text{ бел. рублей.}$$

Таким образом, по сравнению с технологией использования удобрений в условиях личного подсобного хозяйства использование бобовой культуры в качестве предшественника в сочетании с инокуляцией бактериями *Rhizobium* позволяет на 100 кв.м полевого участка сэкономить (с учетом стоимости комплексного удобрения и жидкого инокулянта) в среднем более 370 бел. рублей (59 бел. рублей при выращивании картофеля и 690 бел. рублей – при выращивании томатов).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Собственными исследованиями в настоящей работе исследовано влияние бобовой культуры - предшественника на повышение урожайности и экологической чистоты овощей. Определена эффективность применения инокуляции семян бобовой культуры бактериями *Rhizobium* при выращивании овощей. Доказано, что использование бобовой культуры в качестве предшественника в сочетании с инокуляцией бактериями *Rhizobium* при

выращивании овощной продукции способствует максимальной симбиотической фиксации азота атмосферы. Данное обстоятельство обеспечивает высокую урожайность без применения азотных удобрений или при минимальном их количестве.

Установлено, что использование бобовой культуры (горох овощной) в качестве предшественника в сочетании с инокуляцией бактериями *Rhizobium* является наиболее эффективной и экономически обоснованной технологией увеличения урожайности и экологической чистоты овощей, выращиваемых в условиях личного подсобного хозяйства.

Результаты проведенных опытов свидетельствуют, что в естественных условиях бобовые растения, используемые в качестве предшественника в севообороте позволяют увеличить урожайность овощей в среднем на 42%. Инокуляция семян бобовых культур эффективными селекционными штаммами клубеньковых бактерий *Rhizobium* повышает этот показатель до 76%.

По сравнению с технологией использования удобрений в условиях личного подсобного хозяйства данная биотехнология позволяет:

- а) на 33,3% увеличить урожайность;
- б) в 2,25 раз уменьшить количество нитратов;
- в) на 100 кв.м. полевого участка сэкономить в среднем более 370 бел. рублей (59 бел. рублей при выращивании картофеля и 690 бел. рублей – при выращивании томатов).

Кроме того, в растительных образцах тех овощей, при выращивании которых в почву были внесены рекомендуемые дозы комплексного удобрения нами отмечено существенное увеличение количества нитратов (в 2,25 раза) по сравнению с результатами, полученными при выращивании овощей в условиях применения в севообороте гороха овощного, инокулированного бактериями *Rhizobium*.

Таким образом, в результате проведенных исследований нами установлено, что использование бобовой культуры – предшественника, инокулированного штаммами клубеньковых бактерий *Rhizobium* позволяет не

только увеличить урожай овощей, выращенных на частном приусадебном участке, но и улучшить их экологические качества.

Результаты и выводы, сформулированные в данной работе направлены на повышение эффективности производства в личных подсобных хозяйствах граждан нашей страны высококачественной и экологически чистой овощной продукции.

4. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании результатов проведенного исследования представляем краткие выдержки из разработанных нами практических рекомендаций по повышению урожайности и экологической чистоты овощей открытого грунта (на примере картофеля и томата) с использованием инокуляции бобовой культуры – предшественника (горох овощной) в условиях личного подсобного участка. Указанные рекомендации предлагаются для сельских жителей и горожан – владельцев небольших садово-дачных и огородных участков, где, как правило, все операции выполняются вручную, отсутствует сельскохозяйственная техника либо нет экономического резона в ее применении.

Для выращивания на частном приусадебном участке экологически чистой овощной продукции рекомендуется предварительно, после уборки урожая, на участке осуществить посев гороха овощного семенами, инокулированными клубеньковыми бактериями *Rhizobium*.

Для этого необходимо вручную обработать семена гороха овощного перед посевом жидким инокулянтom «Ризоторфин» (или аналогичным), содержащего штаммы эффективных клубеньковых бактерий рода *Rhizobium*, которые в симбиозе с бобовыми растениями способны фиксировать азот атмосферы.

Инокуляцию семян гороха овощного клубеньковыми бактериями *Rhizobium* следует проводить в крытом, защищенном от действия прямых солнечных лучей помещении в день сева.

Способ приготовления инокулированных семян заключается в ручной обработке семян непосредственно перед посевом. Порцию семян, рассчитанную для высевания на участке определенной площади (в зависимости от расхода биопрепарата) необходимо увлажнить суспензией биопрепарата в воде и перемешать до равномерного распределения бактерий на поверхности семян. Через 20-30 минут семена впитают влагу и восстановят сыпучесть. Затем обработанные семена в течение дня следует высевать во влажную почву.

Во время вегетации гороха овощного необходимо проводить рыхление почвы. Первое рыхление следует проводить на глубину 5-6 см при обозначении рядков, через две недели после первого рыхления – осуществить второе, а через две недели – третье рыхление.

Семенные клубни картофеля массой 60-80 г следует предварительно проращивать на свету в течение 20 суток, а затем высаживать на участке рядами на глубину 12-15 см, на расстоянии 70-75 см между рядами, а между клубнями – 30-35 см.

Рассаду томата высаживают в грунт, оставляя между рядами 50 см, расстояние между растениями – 50 см.

После посадки растения обильно поливают. Дальнейший уход за выращиваемыми овощами обычно состоит из рыхлений почвы и прополки сорняков.

5. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ РАБОТЫ

Представляется, что использование отдельных аспектов экологического земледелия, освещенных в работе, позволит максимально мобилизовать биологический потенциал культуры и почвенно-природных ресурсов, интегрировано применять удобрения и биологические средства защиты растений, использовать энергоресурсосберегающие технологии обработки почв. На первый план выступают качество получаемой продукции, охрана окружающей среды от загрязнения агрохимикатами с максимальным использованием природных веществ и соединений.

Дальнейшие перспективные направления проведенного нами научного исследования мы видим в поиске новых средств и методов повышения коэффициента полезного действия используемых клубеньковых бактерий для всех видов бобовых. Представляется, что такое исследование будет иметь большое значение как в научном, так и в практическом отношении. В этой связи нелишним будет изучение опыта Российской Федерации, где в результате многолетней селекции создана Национальная коллекция клубеньковых бактерий, в которой сохраняются, изучаются и тестируются штаммы клубеньковых бактерий для всех видов бобовых, возделываемых в стране. Лучшие из этих штаммов служат для производства биопрепарата «Ризоторфин».

Особое внимание при проведении последующих научных изысканий следует уделить поиску альтернативных источников питания растений на основе органических и микробиологических компонентов, а также оптимизации применения различных видов органических и минеральных удобрений, способных модернизировать консервативную систему, практикующуюся на протяжении многих десятилетий. Внедрение указанных методов и средств будет способствовать инновационному развитию растениеводческой отрасли в части обеспечения сельскохозяйственных культур источниками питания.

Резюмируя вышесказанное, подчеркнем, что высказанные авторами суждения не исчерпывают всех проблем и перспектив использования биотехнологий в личном подсобном хозяйстве, не претендуют на окончательную завершенность, но требуют, без сомнения, дополнительного всестороннего исследования и дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базилинская, М.В. Использование биологического азота в Австралии / Базилинская М.В. // Земледелие. – 1989. – № 1. – С. 23–25.
2. Базилинская, М.В. Исследования по проблеме биологической фиксации азота в Канаде / Базилинская М.В. // С.-х. пр-во и наука. – 1986. – № 1. – С.

21–24.

3. Белимов, А.А. Взаимодействие ассоциативных бактерий с растениями в зависимости от биотических и абиотических факторов : дис... д-ра биол. наук: 03.00.07 / А.А. Белимов. – С-Пб, 2009. – 320 с.

4. Боровок, И.А. Генетический контроль азотфиксации у ассоциативных и свободноживущих диазотрофов / И.А. Боровик // С.-х. биология. – 1987. – № 10. – С. 76–85.

5. Вавилов, П.П. Бобовые, азот и проблема растительного белка / П.П. Вавилов, Г.С. Посыпанов. – М.: Россельхозиздат. – 1983. – 255 с.

6. Вильдфлуш, И.Р. Эффективность использования под ячмень бактериального удобрения на основе азоспириллы и новых форм азотных удобрений / И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш, В.М. Куруленко // Науч. основы эффективного ведения растениеводства в современных условиях: матер. науч. конф. к 155 – летию Белорусской с.-х. акад. – Горки, 1995. – С. 27–35.

7. Гукова, М.М. Биологическая фиксация атмосферного азота и фосфорное питание бобовых растений / М.М. Гукова, П.И. Арбузова / Докл. Моск. с.-х. акад. им. Тимирязева. – 1968. – Вып. 139. – 243 с.

8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.:Агроприздат. – 1985г. – 351с.

9. Дринча, В. Инокуляция семян бобовых культур / В. Дринча, Е. Кубеев // Журнал Perfect Agriculture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.perfectagro.ru/pdf/tehnolog/tehnolog_6.html. – Дата доступа: 10.10.2018.

10. Дурынина, Е.П., Егоров, В.С. Агрохимический анализ почв, растений, удобрений. – МГУ.: –1998. – 124 с.

11. Жакеева, М.Б. Влияние разных доз биопрепаратов на урожайность и биометрический показатель люцерны / М.Б. Жакеева [и др.] // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.science-education.ru/pdf/2015/5/239.pdf>. – Дата доступа: 10.10.2018.

12. Инновационные приемы повышения эффективности минерального питания растений : метод. рек. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 132 с.

13. Инокуляция бобовых растений клубеньковыми бактериями // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agroinf.com/mikrobiologiya/21/inokulyaciya-bobovyx-rastenii-klubenkovymi-bakteriyami.html>. – Дата доступа: 10.10.2018.

14. Карманов, С.Н. Урожай и качество картофеля / С.Н. Карманов, В.П. Кирюхин, А.В. Коршунов. – М.: Россельхозиздат. – 1988г. – 167 с.

15. Кожеков, Д.С. Негативные последствия применения высоких норм азотных удобрений / Д.С. Кожеков, Р.А. Воронина. – М.: Агропромиздат. – 1986. – 126 с.

16. Кожемяков, А.П. Содержание и анализ базы данных по эффективности микробных биопрепаратов комплексного действия / А.П. Кожемяков, С.К. Белобродова, А.Г. Орлова // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – №3. – С. 112–115.

17. Мугниев, А.Ф., Посмитная, И.В., Содержание нитратов в овощах можно регулировать //Картофель и овощи. –1989г. – №1.

18. О развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли : Директива Президента Республики Беларусь № 6 от 4 марта 2019 г. // Консультант Плюс : Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

19. Об утверждении государственной программы «Научные технологии и техника» на 2016 – 2020 годы : Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 327 от 21 апреля 2016 г. (в ред. постановлений Совмина от 02.12.2016 N 991, от 29.12.2016 N 1112, от 11.12.2017 N 947, от 30.08.2018 N 631, от 14.12.2018 N 901) // Консультант Плюс : Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

20. Персикова, Т.Ф. Продуктивность бобовых культур при локальном

внесении удобрений : монография / Т.Ф. Персикова. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – 2002. – 204 с.

21. Признаки недостатка основных элементов питания у растений / Зеленый сад [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://greengarden.pp.ua/priznaki-nedostatka-osnovnyh-elementov-pitaniya-u-rastenij>. – Дата доступа: 10.10.2018.

22. Симбиотическая азотфиксация и пути ее повышения / Отв. ред. М.В. Кауш. – Кишинев: Штиинца, 1992. – 148 с.

23. Суховицкая, Л.А. Биологический азот: итоги и перспективы развития исследований в институте микробиологии НАН Беларуси / Л.А. Суховицкая // Пробл. питания растений и использования удобрений в современных условиях. – Минск: Хата, 2000. – С. 505–508.

24. Умаров, М.М. Ассоциативная азотфиксация / М.М. Умаров. – М.: Изд-во МГУ. – 136 с.

25. Шотт, П.Р. Основные направления прикладных исследований по проблеме симбиотической азотфиксации бобовыми культурами / П.Р. Шотт, П.А. Литвинцев // Сельскохозяйственные ресурсы Алтайского края и повышение эффективности их использования: Сборник научных трудов / РАСХН, Сиб. отд-ние, АНИИЗиС. – Барнаул, 2000. – С. 142–146.

26. Шотт, П.Р. Фиксация атмосферного азота в однолетних агроценозах / П.Р. Шотт. – Барнаул: «Азбука», 2007. – 176 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 1. Схема вариантов полевого эксперимента

№ варианта	Объект исследования	Изучаемый фактор
1	Картофель	Почва без удобрений (<i>контроль</i>)
2	Картофель	Почва с рекомендуемой дозой комплексного удобрения (НРК)
3	Картофель	Почва после бобовой культуры – предшественника в севообороте (горох овощной), без удобрений

4	Картофель	Почва после бобовой культуры – предшественника в севообороте (горох овощной), инокулированной бактериями Rhizobium, без удобрений
5	Томат	Почва без удобрений (<i>контроль</i>)
6	Томат	Почва с рекомендуемой дозой комплексного удобрения (NPK)
7	Томат	Почва после бобовой культуры – предшественника в севообороте (горох овощной), без удобрений
8	Томат	Почва после бобовой культуры – предшественника в севообороте (горох овощной), инокулированной бактериями Rhizobium, без удобрений

Приложение 2

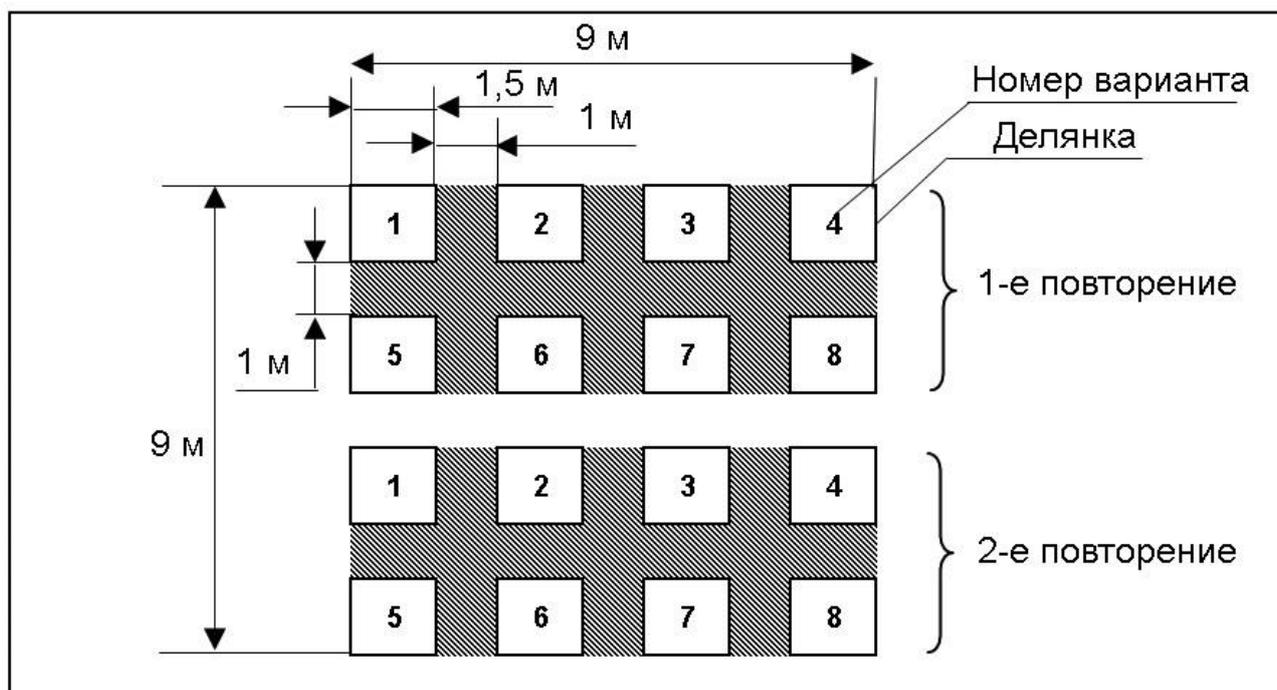


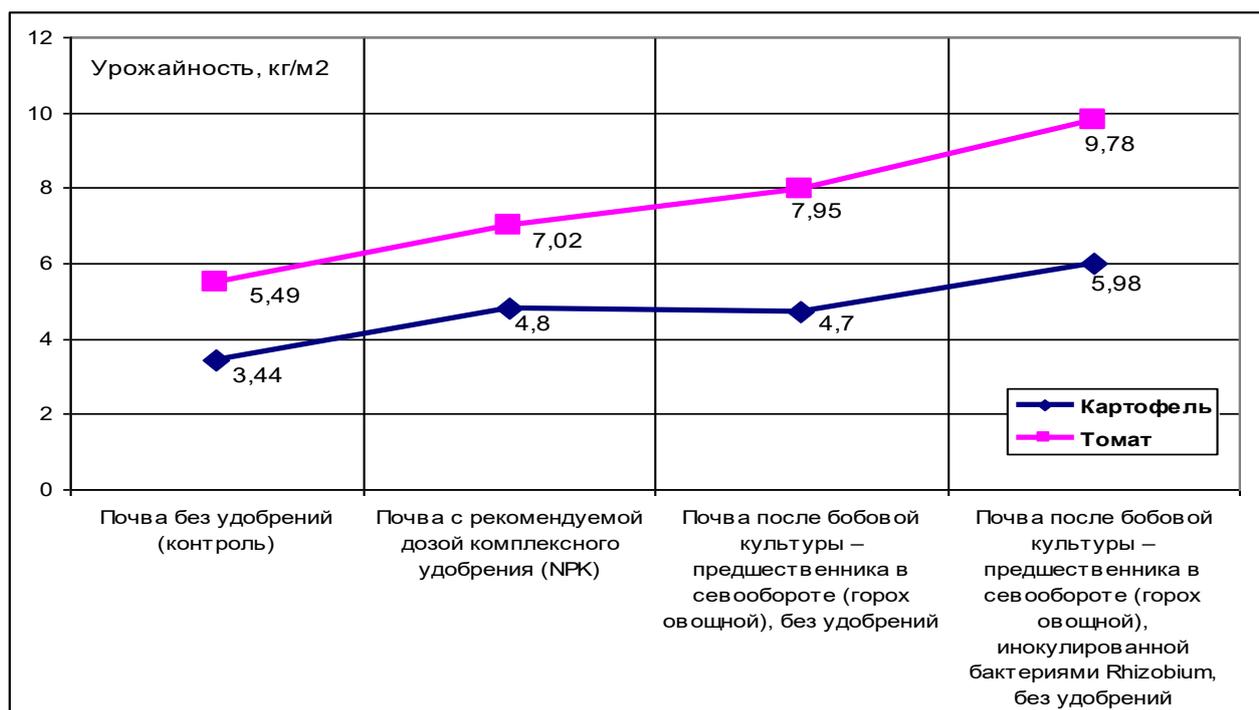
Рис.1. Схематический план полевого эксперимента.

Приложение 3

№ варианта	1		2		3		4		5		6		7		8	
Урожай в повторениях, кг/м ²	3,36	3,52	4,7	5	4,68	4,72	5,46	5,92	6,5	5,45	6,78	7,26	8,4	7,49	10,12	9,45
Средний урожай, кг/м ²	3,44		4,8		4,7		5,98		5,49		7,02		7,95		9,78	

Приложение 4

Диаграмма 1. Результаты сравнения средней урожайности овощей в зависимости от исследуемых факторов



Приложение 5

Таблица 3. Результаты измерений содержания нитратов с использованием ионометрического экспресс-метода

№ варианта	1		2		3		4		5		6		7		8	
Содержание нитратов в повторениях, мг/кг	51,2	52,6	221,5	230,5	86,4	86,07	91,4	86,8	35,5	32,9	117	116,2	46,9	46,7	51,8	53
Содержание нитратов среднее, мг/кг	51,9		226		86,2		89,1		34,2		116,6		46,8		52,4	

Приложение 6



Фото 1. Лабораторный опыт по определению концентрации нитрат-ионов с помощью ионометрического экспресс-метода

Приложение 7

Диаграмма 2. Сравнительные результаты определения количества нитратов в исследуемых овощах в соответствии со схемой вариантов

