

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Казанский государственный аграрный университет»**

Кафедра агрохимии и почвоведения

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

по направлению подготовки 35.04.03 Агрохимия и агропочвоведение
(Направленность (профиль) подготовки «Воспроизводство плодородия почв
в условиях усиления антропогенной нагрузки»)

**на тему: «ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ
УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
КУЛЬТУР»**

Магистрант -



Мухаметзянов Рузаль Фаргатович

Научный руководитель -
д.с.-х. н., профессор



Гилязов М. Ю.

Допущена к защите:

Научный руководитель магистерской
программы - д.с.-х. н., профессор



Гилязов М.Ю.

Заведующий кафедрой -
д.с.-х.н., доцент



Миникаев Р.В.

Казань – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

	АННОТАЦИЯ	3
	ВВЕДЕНИЕ	5
1	ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	7
2	УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	16
3	РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	30
	3.1 Действие минеральных и биологических удобрений на урожайность ярового рапса.....	30
	3.2 Действие минеральных и биологических удобрений на урожайность проса	36
	3.3 Влияние удобрений на структуру и химический состав урожа я проса.....	42
	3.4 Коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений в зависимости от видов и норм удобрений ..	49
	3.5 Экономическая эффективность применения минеральных и биологических удобрений на посевах проса.....	59
4	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	65
	ПРИЛОЖЕНИЯ	72
	Приложение 1	73
	Приложение 2	74
	Приложение 3	75
	Приложение 4	76
	Приложение 5	77
	Приложение 6	78
	Приложение 7	79
	Приложение 8	80
	Приложение 9.....	81
	Приложение 10	82
	Приложение 11	83
	Приложение 12	84
	Приложение 13	85
	Приложение 14	86

ВВЕДЕНИЕ

Удобрения – органические, минеральные вещества и биологические препараты, улучшающие питание растений и повышающие плодородие почв. Они улучшают питание растений или прямо, или косвенно. В первом случае удобрения содержат вещества, абсолютно необходимые растениям и непосредственно являются пищей для растений. Во втором случае удобрения улучшают агрофизических и биологических свойств почвы, благодаря чему способствуют более эффективному использованию питательных веществ самой почвы. Кроме того, удобрения косвенного действия могут обогащать почву питательными веществами, и, прежде всего, азотом, за счет атмосферного молекулярного азота.

В планетарном масштабе применение удобрений, особенно промышленного производства, постоянно растет. Основной причиной этого представляется необходимость постоянного повышения урожайности для обеспечения продовольствием бурно растущее население планеты. Если раньше растущая потребность населения в продовольствии в основном удовлетворялась за счет освоения новых земель и расширения сельскохозяйственных посевов, то сейчас человечество не имеет такой возможности, поэтому приходится постоянно увеличить урожайность.

Среди множества рычагов воздействия на продуктивность сельскохозяйственных культур, рациональное применение удобрений остается наиболее действенным, благодаря чему в настоящее время человечество получает не менее половины прироста урожая. В развитых странах мира доля удобрений в общем росте урожайности многих культур доходит до 70-80 %.

Среди промышленных удобрений больше всего производятся и используются азотные удобрения, окупаемость которых товарной продукцией, как правило, выше, чем окупаемость других удобрений.

Без применения минеральных удобрений, как отмечает В.П. Панников (2003), «получать урожаи можно лишь на ограниченных территориях, в течение определенного периода, но накормить растущее население планеты невозможно. Экстенсивное земледелие без удобрений неизбежно ведет к постепенному истощению почв, снижению урожайности и резкому снижению производительности труда в сельскохозяйственном производстве, о чем свидетельствует мировой опыт земледелия».

При правильном применении удобрения не только повышают величину и качество урожая, но и обеспечивают сохранение и повышение плодородия почв [Минеев, Бычкова, 2003]. Однако, «производство и использование минеральных удобрений – очень дорогое удовольствие, требующее много денежных, трудовых и энергетических затрат. Особенно энергоемким является производство промышленных минеральных азотных удобрений. Так, если энергетический эквивалент одного килограмма действующего вещества азотных удобрений равен 86,8 МДж, то аналогичный показатель для фосфорных и калийных удобрений равен соответственно 12,6 и 8,3 МДж» [Кидин, 2012].

В связи с этим во всем мире повышается интерес к изучению и использованию биологических удобрений, которые могут обогатить почву азотом и мобилизовать, то есть перевести в доступное состояние многих питательных веществ самой почвы [Hansen, 1994; Кожемяков, 1997; Завалин, 2005; Manoharachary, Kunwar, Babu, 2006; Никитин, 2014; Гужвин, Кумачева, 2017]. Однако эффективность биологических удобрений подвержена сильным колебаниям, что делает актуальным оценку агрономической и экономической эффективности биологических удобрений в каждой зоне в зависимости от многих факторов: почвенных, метеорологических, сочетания и уровня применения минеральных удобрений и т. д. Именно эти обстоятельства стали побудительными мотивами для нашего исследования.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Первейшим условием повышения урожайности и качества производимой растениеводческой продукции представляется применение промышленных минеральных удобрений, хотя многие осознают, что они могут нести и определенную опасность для окружающей среды.

В. Г. Минеев (1990, 2004) неоднократно подчеркивал, что «для расширенного воспроизводства плодородия почвы, улучшения круговорота веществ в земледелии и создания положительного баланса макро- и микроэлементов в системе «почва-растение-удобрение» важно максимально использовать все местные удобрительные ресурсы и факторы биологизации земледелия, которые никогда не утратят своего значения, какими бы ни были темпы и объемы применения промышленных удобрений».

В настоящее время в мире больше всего (около 70 % от общего объема удобрений) производятся промышленные азотные удобрения. Данное обстоятельство связано с огромной ролью азота для всех живых организмов биосферы. Не случайно основатель отечественной агрохимической науки академик Д. Н. Прянишников (1965) отмечал, что «Вся история земледелия в Западной Европе свидетельствует о том, что главным условием, определяющим высоту урожая в разные эпохи, была степень обеспеченности сельскохозяйственных растений азотом».

Б.А. Ягодин и др. (1989, 2003) также отмечали, что «...особая роль в жизни растений отводится такому элементу как азот. Он участвует в образовании и укреплении растительной ткани, улучшении водного баланса. От количества азота зависит рост пыльцевых трубок, образование стручков и зерен в стручках».

Как известно, в атмосферном воздухе содержится около 78 % азота или около 70-80 тыс. т над каждым гектаром земной поверхности. По сравнению с таким количеством азота в атмосфере, в самой почве содержится весьма скромное количество азота: от 1,5 до 15 т/га общего азота в пахотном слое

почв. Но растения молекулярный азот атмосферы непосредственно усваивать не способны. Поэтому в природе существует парадоксальная ситуация: растения живя на дне «азотного океана», очень часто страдают от недостатка именно азота. Тут на помощь растениям приходят азотфиксирующие микроорганизмы, способные перевести молекулярный азот атмосферы в доступную растениям форму. Таких микроорганизмов немало: свободноживущие, симбиотические и ассоциативные азотфиксаторы [Newton, 1994; Кожемяков, Тихонович, 1998; Кореньков, 1999; Минеев, 2004; Завалин, 2005; Кожемяков, Хотянович, 2006; Тихонович и др., 2011; Ягодин и др., 2016].

К сожалению, местные азотфиксирующие микроорганизмы нередко имеют низкую активность и накапливают небольшое количество доступного азота. Как раз, в связи с этим возникает необходимость внесения в почву биологических удобрений, содержащих активные штаммы азотфиксирующих микроорганизмов, способных накапливать больше доступного азота при меньших затратах энергии. Эти активные штаммы биологических удобрений способны не только больше накапливать доступного азота, но и мобилизовать труднодоступные питательные вещества самой почвы переводя их в доступные растениям формы. Правда, для высокопроизводительной работы привнесенных в почву активных штаммов микроорганизмов необходимо создать благоприятные условия. Активные штаммы микроорганизмов биологических удобрений, по сравнению с аборигенными штаммами, менее приспособлены к тем или иным почвенно-климатическим условиям и достаточно быстро могут ими вытесняться.

Применение биологических удобрений, содержащих активные штаммы микроорганизмов, позволяет создать высокую концентрацию полезных форм микроорганизмов в нужном месте и в нужное время. Однако для того, чтобы они смогли успешно конкурировать с местными штаммами и могли занять экологические ниши, необходимо создавать соответствующие им условия [Завалин, 2011]. Они остро нуждаются в достаточном количестве

энергетического материала, постоянного доступа атмосферного воздуха, влаги, тепла, в реакции среды, близкой к нейтральному [Provorov, Borisov, Tikhonovich, 2002; Ягодин и др., 2016].

Как известно, в природе встречаются три группы азотфиксирующих микроорганизмов, отличающихся характером взаимодействия с произрастающей растительностью: симбиотические, ассоциативные и свободноживущие.

Среди них наиболее изученными и наиболее продуктивными являются симбиотические азотфиксаторы, обитающие в корневой системе, прежде всего, бобовых культур [Базилинская, 1989; Provorov, Borisov, Tikhonovich, 2002; Завалин, 2005; Никитин, 2014; Сюбаева, Титова, 2015; Ягодин и др., 2016]. По данным академика Д.Н. Прянишникова, основателя отечественной агрономической науки, при благоприятных условиях клубеньковые бактерии за одну вегетацию в симбиозе с теми или иными бобовыми культурами могут накопить следующие количества доступного азота: горох, вика, фасоль – до 70-80 кг/га; клевер – до 150-160 кг/га; люцерна – до 250-300 кг/га.

Относительно неплохо изучены свободноживущие азотфиксаторы и на их основе производятся биологические удобрения, такие как азотовит, азотофит, азотобактерин. Их получают из гетеротрофных бактерии рода азотобактер (*Azotobacter*), псевдомонас (*Pseudomonas*) и клостридиум (*Clostridium*), а также из автотрофных сине-зеленых водорослей родов анабена (*Anabeana*) и носток (*Nostoc*). Свободноживущие азотфиксаторы, в том числе их активные штаммы, способны накапливать доступного азота на порядок меньше, чем симбионты. Так, академик Г.С. Муромцев (1975), обобщив полевые эксперименты, проведенные в 40-70 годов прошлого века, писал, что они за год способны накапливать 5-6 кг/га азота в год. В настоящее время многие считают, что свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы могут накопить 13-22 кг/га азота в год. В то же время, есть публикации об отсутствии достоверного положительного результата при инокуляции ряда культур (пшеницы, овес, ячмень, просо) штаммами

азотобактера в условиях Ирака, Швейцарии, Франции и Дании [Базилинская, 1989; Завалин, 2011 и др.]. В условиях Республики Татарстан инокуляция семян яровой пшеницы биоудобрением Азотовит (биологический агент – *Azotobacter chroococcum*) из расчета 0,5 л/т увеличила урожайность на 0,15-0,24 т/га в зависимости от сочетания этого приема с применением минеральных удобрений. Притом, наибольшая прибавка урожая от инокуляции семян была получена на фоне N45 [Амиров М., Амиров А., 2015].

Большое внимание ученых и практиков в настоящее время привлекают биопрепараты, содержащие активные штаммы ассоциативных азотфиксаторов, которые в основном обитают в ризосфере многих небобовых культур [Базилинская, 1989; Бердников, 2002; Бунтукова, Пахомова, 2006; Тихонович, Завалин, 2016; Сейтурова, Поползухина, 2017]. Отмечается, что «наиболее распространенные ассоциативные азотфиксирующие бактерии, живущие в ризосфере, ризоплане (на поверхности корня) и гистосфере (в тканях внутренней поверхности корня и между клеточными стенками), принадлежат к родам: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Klebsiella* и др. К настоящему времени выделено около 50 видов таких бактерий (из 12 семейств), образующих ассоциации с корневыми системами небобовых растений» [Бунтукова, Пахомова, 2006].

Полагают, что во многих случаях ассоциативные diaзотрофы в ризосфере злаковых культур в зависимости от почвенно-климатических условий способны накапливать от 12 до 90 кг/га азота в год. В то же время специалисты Великобритании и Франции полагают, что «в зоне умеренного климата максимальное усвоение биологического азота ассоциативными азотфиксаторами не превышает 15 кг/га и не имеет большого практического значения» [Базилинская, 1989; Тихонович, Завалин, 2016].

Применение бактериальных удобрений позволяет не только повысить урожайность большинства культур, но и улучшить качество урожая. По мнению некоторых исследователей [Кривова и др., 2011; Тихонович и др., 2011; Завалин, Алферов, 2016], растениеводческая продукция, полученная с использованием биологических удобрений, отличается улучшенными качественными показателями. Она, как правило, содержит больше микроэлементов, витаминов, протеина, и отличается меньшим содержанием нитратов.

Важным условием интенсификации деятельности азотфиксирующих микроорганизмов представляется оптимальное обеспечение растений доступными формами азота, в том числе внося в почву минеральные азотные удобрения. Анализ имеющейся информации по влиянию азотных удобрений на эффективность биологических удобрений, содержащих активные штаммы diaзотрофов, указывает, что положительное или отрицательное действие минеральных удобрений во многом обуславливается дозами, формами удобрений и обеспеченностью почв доступными формами азота [Watanabe D. 1980; Базилинская, 1989; Посыпанов, 1997; Волков, 2003; Завалин, 2005; Валиуллин, Гилязов, 2010; Куликова, Никифорова, Смывалов, 2013; Алферов и др., 2016; Власова, Захарова, Захаров, 2016].

Стимулирующее влияние минерального азота на деятельность ризосферных бактерий в корневой системе пшеницы установлено в ряде полевых опытов. Например, в исследованиях Иерусалимского университета в Израиле отмечалось значительное повышение продуктивности различных сортов пшеницы при внесении минеральных азотных удобрений в дозе N40 и N80 [Базилинская, 1989].

Обработка семян озимой пшеницы Ризоагрином и Флавобактерином, как селективно, так и совместно, дала достоверные прибавки урожая, в том числе на фоне N30P45K560. При этом прибавки от биоудобрений на фоне испытанных доз удобрений (3,0-3,4 ц/га) оказались выше, чем на неудобренном фоне [Завалин и др., 2006].

В тоже время, в отдельных случаях внесение азотных удобрений не оказывало положительного действия на ассоциативную азотфиксацию. Так, например, в условиях Пензенской области добавление к фосфорно-калийному фону (Р40К40) минерального азота (N30) вызывало ингибирование ассоциативной азотфиксации [Шаркова, 2005].

Наряду с проблемой оптимизации питания растений азотом, весьма острым остается и проблема обеспечения сельскохозяйственных культур фосфором [Христенко, 2001; Минеев, Бычкова, 2003; Ягодин и др., 2016, Кидин, Торшин, 2016]. Многие исследователи полагают, что обеспечение сельскохозяйственных культур азотом можно решать за счет разумного сочетания технического и биологического азота, применения органических удобрений. Однако проблему фосфора и калия за счет биологических удобрений решить невозможно, так как биоудобрения могут только мобилизовать имеющиеся в почве трудноусвояемые формы фосфора и калия [Ониани, 1981; Прокошев, Богдевич, 1994; Христенко, 2001; Ефимов, Донских, Царенко, 2002; Давлятшин и др., 2013].

Следует отметить, что в нынешних условиях повышение продуктивности сельскохозяйственных культур путем мобилизации запасов самой почвы посредством биологических фосфатмобилизирующих удобрений следует считать наиболее дешевым и экономически выгодным приемом. В природе, наряду с азотфиксаторами, существует большое количество фосфатмобилизирующих микроорганизмов. Так, Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения только из почв Республики Татарстан выделил более 100 аборигенных диазотрофных и фосфатмобилизирующих микроорганизмов [Дегтярева и др., 2012].

Биоудобрение Унифос, изучаемый в нашем эксперименте, содержит бактерий рода *Bacillus polymyxa*. Они способны переработать труднорастворимые соединения фосфора и калия почвы в доступную для растений форму. Данный препарат, созданный учеными Казанского

федерального университета, содержит ряд микроорганизмов, выделенных из различных типов почв Республики Татарстан [Захарова и др., 2006].

Получены интересные данные о возможности внесения биологических удобрений, как обогащающих почву азотом, так мобилизующих питательные вещества самой почвы, совместно с минеральными удобрениями [Чеботарь, Завалин, Ариткин, 2014; Завалин, Чернова, Сапожников, Литвинский, 2019]. В этом случае ученые говорят о производстве и использовании так называемых биомодифицированных минеральных удобрений. Так, «в полевых исследованиях на дерново-подзолистой почве нанесение микробиологического препарата «Бисолбифит» на гранулы минеральных удобрений увеличило урожайность зерна ячменя на 13-20 % на почве с низким содержанием фосфора и на 11-16 % - с его высоким содержанием [Чеботарь, Завалин, Ариткин, 2014].

Эффективность биологических и минеральных удобрений мы испытали на посевах ярового рапса и проса.

Яровой рапс – основная масличная культура в Республике Татарстан [Сафиоллин, 2008]. В 2019 году, по данным Росстата, общие посевные площади рапса в Российской Федерации составили 1545,5 тыс. га, том числе, ярового рапса - 1354,4 тыс. га. Больше всего в мире маслосемян рапса выращивается в Канаде [Новицкий, 2017].

Яровой рапс - древнейшее культурное растение, которое произошло от скрещивания капусты и сурепицы. Первые данные о возделывании рапса в России датированы 19 веком. Длительное время на эту культуру особого внимания не уделяли. До семидесятых годов прошлого века рапс в основном возделывали на корм. Лишь к двухтысячным годам рапс активно начали выращивать на маслосемена, что в значительной мере было связано с тем, что появился спрос на продукцию биологического топлива [Савельев, 2016].

Семена рапса характеризуются высоким содержанием масла (до 48 %) и белка (до 25 %), причем белок его отличается удачным соотношением аминокислот [Цыбулько, 2015].

Яровой рапс требователен к плодородию почвы и минеральному питанию. По данным [Медведев и др., 2020], вынос основных питательных элементов (NPK) почти в два раза больше выноса многих зерновых культур.

Особенно бережного ухода требует яровой рапс в начале роста и развития, ибо в это время он растет очень медленно, легко подавляется сорняками и страдает от болезней и вредителей [Низамов, 2015].

Другая подопытная культура – просо - важная крупяная культура, пшено которого отличается хорошими вкусовыми и пищевыми качествами. Зерно проса характеризуется высоким содержанием жира, белка и хорошей усвояемостью. Широкое применение находит в животноводстве отходы зерна, образующиеся при производстве крупы, солома и полва. Во многих регионах просо является надежной страховой культурой в связи с тем, что оно имеет короткий вегетационный период и малую норму высева семян [Якименко, 1975; Савельев, 2016]. По данным [Коломейченко, 2007], «просо одна из самых засухоустойчивых и жаростойких культур, способная противостоять запалам и захватам, что весьма важно для засушливых районов и в засушливые годы, когда другие зерновые культуры сильно снижают урожай. Просо меньше других зерновых культур страдает от вредителей и болезней». В Российской Федерации наибольшие площади проса расположены в Саратовской области [<https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-prosa-v-rossii-itogi-2019-goda>].

Резюмируя краткий обзор литературы следует отметить, что удобрения остаются одними из главных факторов повышения урожайности культур и сохранения плодородия почв сельскохозяйственных земель. Наряду с традиционными органическими и минеральными удобрениями достойное место должны занять биологические удобрения, которые являются самыми дешевыми и не создают никаких экологических проблем. Эффективность применения минеральных и биологических удобрений на посевах сельскохозяйственных культур обуславливается от многих почвенных, климатических и организационно-хозяйственных факторов. Исходя из этого,

целью нашего исследования явилась оценка эффективности селективного и комплексного применения на посевах двух сельскохозяйственных культур (яровой рапс, просо) минеральных и биологических удобрений Ризоагрин и Унифос.

Основные задачи исследования были определены таким образом:

1. Установить воздействие селективного и совместного применения биологических удобрений Ризоагрин и Унифос с минеральными удобрениями на продуктивность ярового рапса и проса в условиях серой лесной почвы;

2. Оценить действие различных норм минеральных удобрений при комплексном применении с бактериальными удобрениями на химический состав растений, нормативный вынос и коэффициенты использования основных макроэлементов проса из почвы и удобрений;

3. Определить экономическую эффективность селективного и комплексного применения бактериальных и минеральных удобрений на посевах проса в условиях серой лесной почвы.

2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевой эксперимент проводился в 2019-2020 годах на территории учебного сада Казанского государственного аграрного университета, расположенного в Приволжском районе г. Казани.

Почва опытного участка - серая лесная среднесуглинистая, являющаяся наиболее распространённым подтипом в предкамской зоне Республики Татарстан. Агрохимические показатели верхнего 0-25 см слоя почвы, отобранного перед посевом ярового рапса в 2019 году, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка в 2019 г.

Тип, подтип, разновидность почвы, слой (см)	Содержание гумуса, %	Емкость катионного обмена, ммоль/100 г	pH _{сол.}	Содержание подвижных форм, мг/кг	
				P ₂ O ₅	K ₂ O
Перед посевом ярового рапса					
Серая лесная среднесуглинистая, Ап 0-25	<u>3,1</u> I*	<u>21,4</u> III*	<u>5,3</u> IV*	<u>144</u> IV*	<u>135</u> IV*

Прим.: * - класс обеспеченности (кислотности) почвы.

Как видно, в изучаемом горизонте почвы содержание гумуса равнялось 3,1 %, что оценивается как низкое. Содержание подвижных форм фосфора и калия составило соответственно 144 и 135 мг/кг, что позволяет оценить обеспеченность почвы этими питательными элементами как повышенная. Судя по величине обменной кислотности, реакция почвенной среды - слабокислая. Почва характеризуется неплохой величиной емкости катионного обмена (21,4 ммоль/100 г).

Агрохимические показатели почвы опытного участка перед посевом проса в 2020 году показаны в таблице 2.

Таблица 2

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка в 2020 г.

Тип, подтип, разновидность почвы, слой (см)	Содержание гумуса, %	Емкость катионного обмена, ммоль/100 г	pH _{сол.}	Содержание подвижных форм, мг/кг	
				P ₂ O ₅	K ₂ O
Перед посевом проса					
Серая лесная среднесуглинистая, Ап 0-25	<u>3,1</u> I*	<u>23,9</u> III*	<u>5,3</u> IV*	<u>140</u> IV*	<u>131</u> IV*

Прим.: * - класс обеспеченности (кислотности) почвы.

Они существенно не отличаются от значений предыдущего года. Можно было лишь отметить незначительное снижение подвижных форм фосфора и калия, при одновременном возрастании емкости катионного обмена. Несмотря на это, группы обеспеченности почвы подвижными формами указанных питательных элементов остались неизменными.

Схема полевого опыта по оценке эффективности применения биологических и минеральных удобрений на посевах сельскохозяйственных культур дана в таблицах 3 и 4.

В опыте изучали влияние на урожайность ярового рапса и проса двух видов биологических удобрений - Ризоагрина и Унифоса. Мы их изучаем в отдельности и в различных сочетаниях с минеральными удобрениями. Причем, как на фоне полных норм, так и заниженных норм азотных и фосфорных удобрений. В некоторых вариантах нормы азота и фосфора уменьшены на 25 и 50 %.

Таблица 3

Схема полевого опыта с яровым рапсом в 2019 году

№ п/п	Варианты опыта
1	Без биологических и минеральных удобрений (контроль)
2	Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)
3	Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)
4	«БУ-Ризо» + «БУ-Уни»
5	N114P171K111 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]
6	N114P171K111 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»
7	N86P128K111 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»
8	N57P86K111 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»

Таблица 4

Схема полевого опыта с просом в 2020 году

№ п/п	Варианты опыта
1	Без биологических и минеральных удобрений (контроль)
2	Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)
3	Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)
4	«БУ-Ризо» + «БУ-Уни»
5	N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]
6	N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»
7	N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»
8	N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»

Опыт заложен в 4-х повторениях. Размер делянки 0,50 м², ширина защитных полос - 1 метр. Общий вид полевого опыта в годы исследования показан на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Общий вид полевого опыта (яровой рапс, 2019 г.)



Рис. 2. Общий вид полевого опыта (просо, 2020 г.)

Полные нормы минеральных удобрений для получения 2,0 т. с 1 га маслосемян яровой рапса определили расчетно-балансовым методом исходя из средних условий влагообеспеченности (таблица 5).

Таблица 5

Расчет норм минеральных удобрений по вариантам опыта под урожай ярового рапса на маслосемена

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Полная норма (N _{100%} P _{100%} K _{100%})			
Планируемая урожайность маслосемян, т/га	2,0	2,0	2,0
Вынос на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции*, кг	55	30	50
Хозяйственный вынос, кг/га	110	60	100
Содержание подвижных форм NPK в пахотном слое почвы, мг/кг	23	144	135
Запасы подвижных форм NPK в почве, кг/га	69	432	405
Коэффициенты использования подвижных форм NPK из почвы	0,6	0,06	0,11
Ожидаемое поступление NPK из почвы, кг/га	41,4	25,9	44,6
Дефицит NPK для получения плановой урожайности, кг/га	68,6	34,1	55,4
Коэффициенты использования NPK из почвы	0,6	0,2	0,5
Норма внесения питательных элементов, кг д.в./га	114	171	111
Норма внесения удобрений, кг/га			
-аммиачная селитра (34:0:0)			
-аммонизированный двойной суперфосфат (8:46:0)	255	372	195
-хлористый калий (0:0:57)			

продолжение таблицы 5			
Сокращенная норма 1 (N _{75%} P _{75%} K _{100%})			
Норма внесения питательных элементов, кг д.в./га	86	128	111
Норма внесения удобрений, кг/га -аммиачная селитра (34:0:0) -аммонизированный двойной суперфосфат (8:46:0) -хлористый калий (0:0:57)	193	278	195
Сокращенная норма 2 (N _{50%} P _{50%} K _{100%})			
Норма внесения питательных элементов, кг д.в./га	57	86	111
Норма внесения удобрений, кг/га -аммиачная селитра (34:0:0) -аммонизированный двойной суперфосфат (8:46:0) -хлористый калий (0:0:57)	127	187	195

Полная норма минеральных удобрений для получения запланированной урожайности маслосемян рапса равнялась N₁₁₄P₁₇₁K₁₁₁. В вариантах опыта с сокращенными нормами - N_{75%}P_{75%}K_{100%} и N_{50%}P_{50%}K_{100%} полные нормы азота и фосфора были уменьшены соответственно на 25 и 50 % и равнялись: N₈₆P₁₂₈K₁₁₁ и N₅₇P₈₆K₁₁₁.

В таблице 6 приведен расчет норм внесения минеральных удобрений под просо в 2020 году. Они также рассчитаны расчетно-балансовым методом. Полная норма минеральных удобрений для получения запланированной урожайности зерна проса (3,0 т/га) равнялась N₉₄P₅₄K₁₁₈. Как видно, полная норма минеральных удобрений под эту культуру почти в 1,5 раза меньше, чем полная норма удобрений ярового рапса.

Таблица 6

Расчет норм внесения минеральных удобрений под просо в 2020 г.

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Полная норма (N _{100%} P _{100%} K _{100%})			
Планируемая урожайность зерна, т/га	3,0	3,0	3,0
Вынос на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции*, кг	33	12	34
Хозяйственный вынос, кг/га	99	36	102
Содержание подвижных форм NPK в пахотном слое почвы, мг/кг	23	140	131
Запасы подвижных форм NPK в почве, кг/га	69	420	393
Коэффициенты использования подвижных форм NPK из почвы	0,6	0,06	0,11
Ожидаемое поступление NPK из почвы, кг/га	41,4	25,2	43,2
Дефицит NPK для получения плановой урожайности, кг/га	57,6	10,8	58,8
Коэффициенты использования NPK из почвы	0,6	0,2	0,5
Норма внесения питательных элементов, кг д.в./га	96	54	118
Норма внесения удобрений, кг/га -аммиачная селитра (33:0:0) -аммонизированный двойной суперфосфат (8:46:0) -хлористый калий (0:0:57)	263	117	207
Сокращенная норма 1 (N _{75%} P _{75%} K _{100%})			
Норма внесения питательных элементов, кг д.в./га	72	41	118
Норма внесения удобрений, кг/га -аммиачная селитра (33:0:0) -аммонизированный двойной суперфосфат (8:46:0) -хлористый калий (0:0:57)	197	89	207
Сокращенная норма 2 (N _{50%} P _{50%} K _{100%})			

продолжение таблицы 6			
Норма внесения питательных элементов, кг д.в./га	48	27	118
Норма внесения удобрений, кг/га			
-аммиачная селитра (33:0:0)			
-аммонизированный двойной суперфосфат (8:46:0)	131	59	207
-хлористый калий (0:0:57)			

Особенно контрастно отличаются нормы внесения фосфорных удобрений: потребность в фосфорных удобрениях у проса оказалась в более чем в 3 раза меньше, чем у рапса. В вариантах опыта с сокращенными нормами - $N_{75\%}P_{75\%}K_{100\%}$ и $N_{50\%}P_{50\%}K_{100\%}$ полные нормы азота и фосфора были уменьшены соответственно на 25 и 50 % и равнялись: $N_{72}P_{41}K_{118}$ и $N_{48}P_{27}K_{118}$.

В опыте использовали аммиачную селитру (34:0:0 %), двойной аммонизированный суперфосфат (8:46:0 %) и хлористый калий мелкокристаллический (0:0:57%).

Испытанное в нашем опыте биологическое удобрение Ризоагрин создан во Всероссийском НИИ сельскохозяйственной микробиологии РАСХН на основе штамма, относящегося к роду *Agrobacterium* (*A. radiobacter*, штамм 204). Агробактерии являются diaзотрофами и переводят атмосферный азот в доступную растениям форму. Кроме того, они способны защищать растения от патогенной микрофлоры, вырабатывая антибиотики и стимулировать рост растений выделяя регуляторы роста и витамины. Мы использовали жидкую форму Ризоагрина, которая была приготовлена в филиале ФГБУ «Россельхозцентр» по Республике Татарстан. В 1 мл этого биоудобрения содержится 2-4 млрд. бактерий.

Испытанное нами другое биологическое удобрение Унифос создан на основе бактерий *Bacillus polymyxa*, которые способны перевести труднорастворимые соединения фосфора почвы в доступную для растений форму. Эти бактерии выделены сотрудниками Казанского федерального

университета из различных типов почв Республики Татарстан [Захарова и др., 2006]. Данный препарат, как и предыдущий, производится в филиале ФГБУ «Россельхозцентр» по Республике Татарстан в жидкой форме.

Биопрепараты внесли непосредственно в почву во время посева из расчета 2 л/га (расход рабочего раствора 200 л/га).

Агротехника возделывания подопытных культур общепринятая в нашей зоне.

Под яровой рапс минеральные удобрения вносили в почву рано весной. В 2019 году в эксперименте использовали районированный сорт ярового рапса «Юмарт», характеристика которого дана в приложении 1. Семена были обработаны протравителем (Витарос, 2,5 л/т) заблаговременно за 10 дней до посева). Норма высева 3 млн. шт. всхожих семян. Масса 1000 семян – 4,45 г, лабораторная всхожесть 90 %. Весовая норма высева (14,8 кг/га или 0,74 г/делянка). Глубина заделки семян - 2 см. Посеяли 13 мая 2019 года. В течение вегетации рапса средства химической защиты растений не применялись.

В 2020 году минеральные удобрения (аммиачная селитра, аммонизированный двойной суперфосфат, хлористый калий) были внесены 18 мая под перекопку, а посев провели 29 мая. Сорт проса – Варяг, характеристика которого дана в приложении 2. Норма высева 4 млн. шт. всхожих семян. Масса 1000 семян – 9,0 г, лабораторная всхожесть - 97,7 %, чистота 100 %. Весовая норма высева равнялась 36,8 кг/га или 1,84 г на одну деланку. Глубина заделки семян - 4 см. Биологические удобрения внесли непосредственно в почву во время посева из расчета 2 л/га (расход рабочего раствора 200 л/га).

Все работы в опыте выполнялись вручную, выполнение некоторых из них иллюстрируется фотоснимками (рис. 3 и 4).

Агрохимические анализы были выполнены следующими методами:

-содержание гумуса по ГОСТ 26213-91;

- емкости катионного обмена по ГОСТ 17.4.4.01-84;
- содержание подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26207-91;
- величины pH по методу ЦИНАО по ГОСТ 26483-85.



Рис. 3. Инокуляция почвы биологическим удобрением (13.05.2019 г.)



Рис. 4. Прополка проса (26.06.2020 г.)

В растительных пробах определяли общее содержание азота, фосфора, калия из одной навески после мокрого озоления: азот - по Кьельдалю (ГОСТ 26889-86), фосфор - фотоколориметрическим (ГОСТ 26657-97), калий – пламенно-фотометрическим (ГОСТ 30504-97) методами. Анализы почв и растений проведены общепринятыми методами на кафедре агрохимии и почвоведении Казанского государственного аграрного университета и ФГБУ ЦАС «Татарский».

Статистическая обработка результатов учета урожайности проведена методом дисперсионного анализа [Доспехов, 1985] с использованием программ для Microsoft Excel 97. Корреляционно- регрессионный анализ выполнен с помощью программы Statistica ver. 5.5A for Windows.

Основные метеорологические показатели вегетационных периодов двух лет исследований представлены на рис. 5 и 6.

Период вегетации в *2019 году* характеризовался превышением среднемноголетних значений температуры воздуха, особенно в мае и июне (рис. 5). В дальнейшем среднемесячная температура воздуха была ниже климатической нормы, а атмосферные осадки превышали её в 1,28 (июль) и 1,52 (август) раза. Особенно много выпало атмосферных осадков в первой декаде августа (131 % к норме). Температурный режим воздуха в сентябре был близок к климатической норме, но достаточно сухим. Суммарное количество атмосферных осадков в сентябре составило только 57 % к среднемноголетней норме. Всё это способствовало ускорению созревания подопытной культуры, благоприятствовало ходу уборочных работ, но, одновременно, привело к определенному недобору урожая.

В первой декаде мая *2020 года* температура воздуха превышала среднемноголетнюю норму на 4 °С. Однако в дальнейшем температурный режим достаточно заметно сменился: вторая декада оказалась холоднее обычного на 2 °С, а температура третьей декады была близкой к норме. В целом средняя температура воздуха в мае оказалась выше

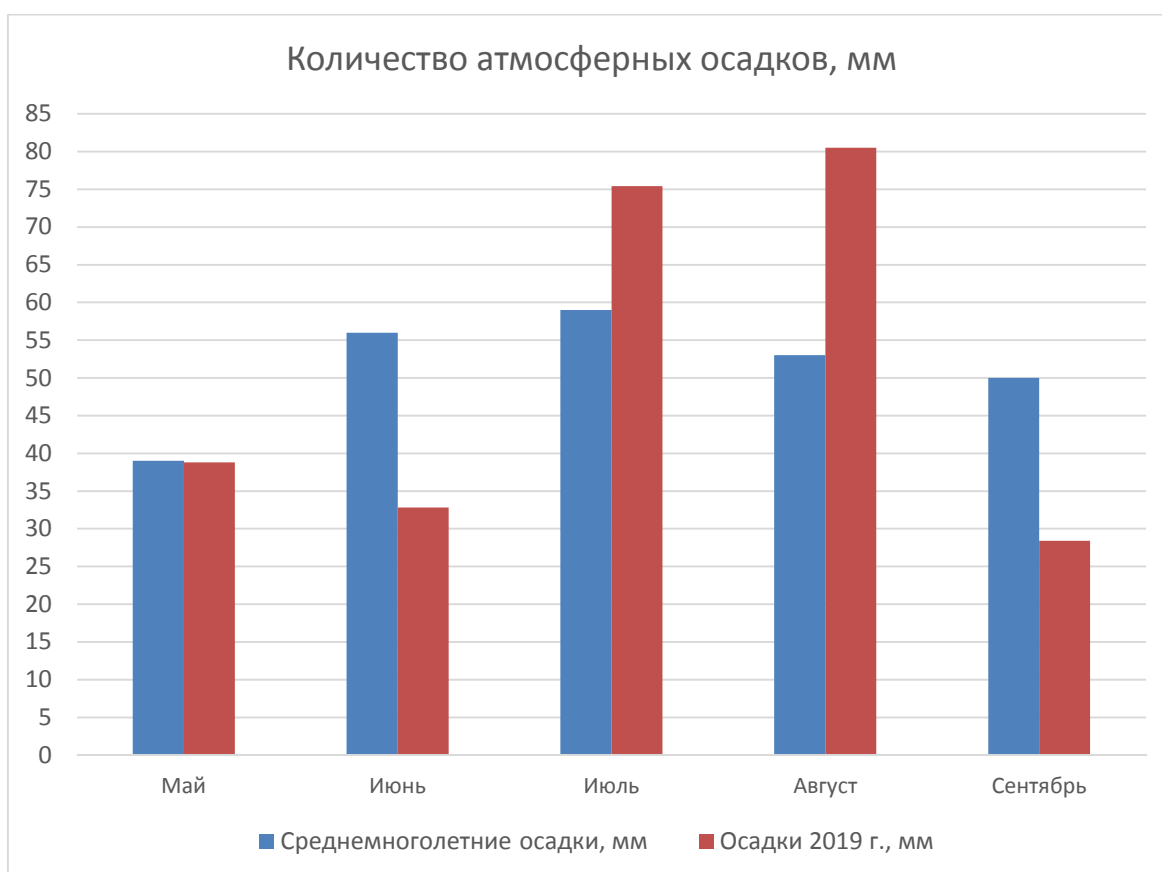
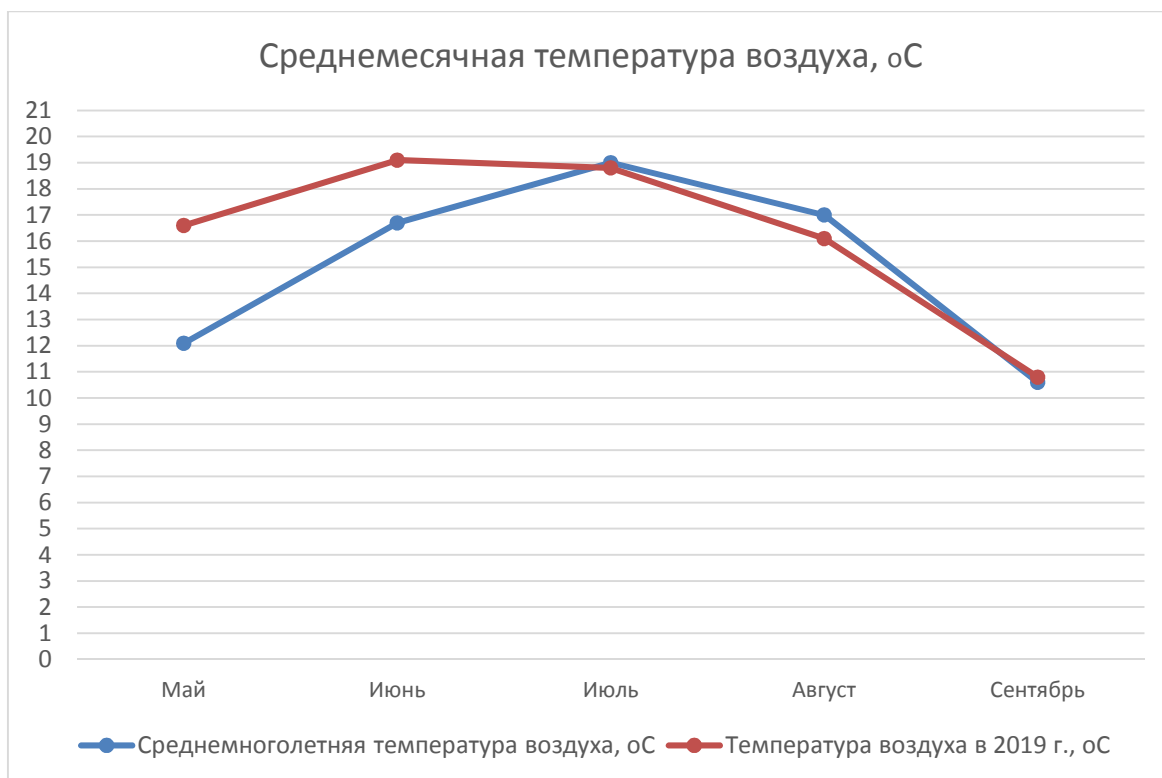


Рис. 5. Основные метеорологические показатели вегетационного периода 2019 года

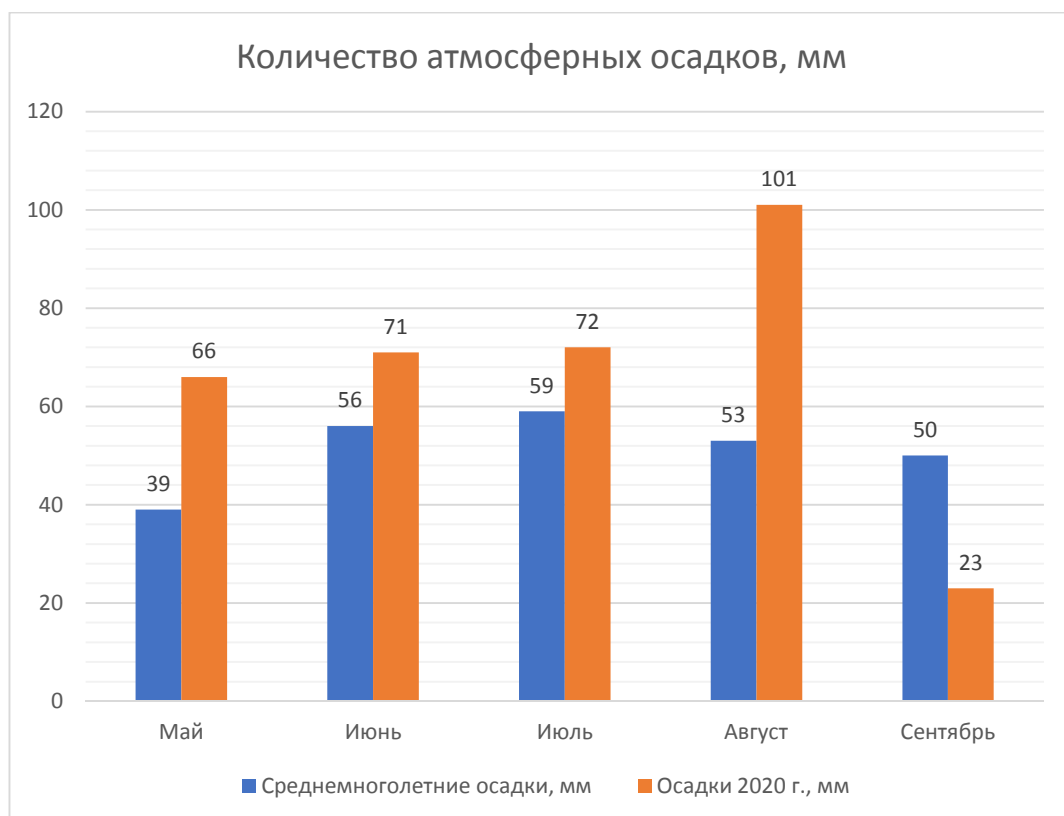
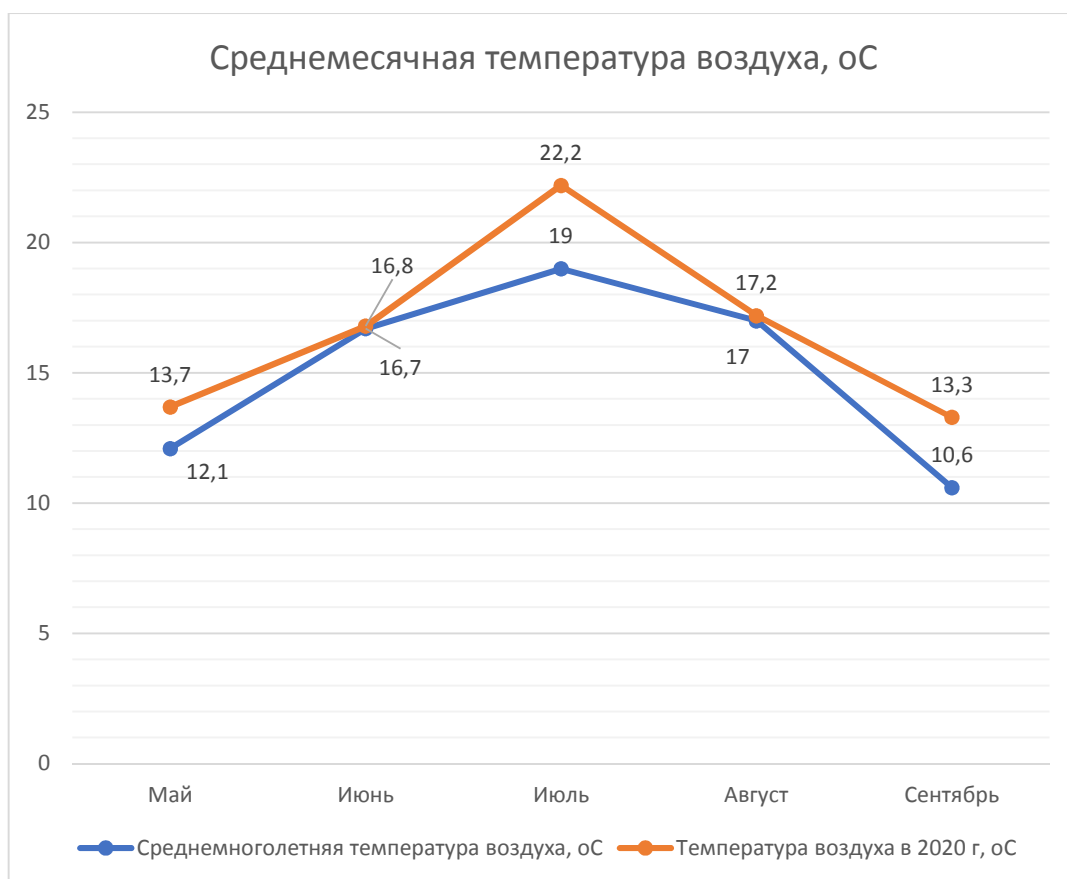


Рис. 6. Основные метеорологические показатели вегетационного периода 2020 года

среднемноголетних значений на 1,6 °С. Май, особенно вторая половина месяца, характеризовался обильными атмосферными осадками, сумма которых превысила многолетние значения в 1,78 раза. Таким образом, для прорастания семян проса сложились благоприятные погодные условия.

Обильные осадки продолжались в первой декаде июня, которые в сочетании с умеренно теплым температурным режимом благоприятствовали росту и развитию растений.

Максимальное отклонение (+3,2 °С) от среднемноголетних значений температуры обнаружилось в июле. Теплая погода в сочетании с достаточным количеством месячных осадков также оказывала положительное влияние на развитие подопытной культуры.

Максимальное количество атмосферных осадков (191 % к норме) выпало в августе, особенно много выпало осадков во второй декаде месяца, когда произошло заметное похолодание. Данное обстоятельство несколько задержало рост и развитие относительно теплолюбивых растений проса.

Условия для созревания и уборки поздних яровых культур складывались вполне удачно в сентябре. Этот месяц отличался превышением среднемноголетней температуры воздуха (+2,7 °С) и малым количеством атмосферных осадков (46 % к норме). Таким образом, основные метеорологические вегетационного периода 2020 г. оказались вполне благоприятными, как для роста и развития проса, так и уборки урожая.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Действие минеральных и биологических и удобрений на продуктивность ярового рапса

Действие биологических и минеральных удобрений на урожайность маслосемян ярового рапса сорта «Юмарт» в 2019 году в условиях серой лесной почвы демонстрируется данными таблицы 7 и приложения 3.

Таблица 7

Действие биологических и минеральных удобрений на урожайность маслосемян ярового рапса в условиях серой лесной почвы (2019 г.)

Варианты опыта	Урожайность маслосемян*	Прибавки урожая (г/м ²) от удобрений	
		биологических	минеральных
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	$\frac{82}{100}$		
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	$\frac{96}{117}$	14	
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	$\frac{93}{113}$	11	
4.«БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{98}{120}$	16	
5.N114P171K111 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	$\frac{191}{233}$		109
6.N114P171K111 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{195}{238}$	4	
7.N86P128K111 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{172}{210}$		74
8.N57P86K111 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{149}{182}$		51
НСР ₀₅ (г/м ²)		10	

Прим.: * - числитель - в г/м², знаменатель – в процентах к контролю.

Без применения минеральных и биологических удобрений (контроль) урожайность маслосемян равнялась 82 г/м². Прибавка урожая маслосемян от инокуляции серой лесной почвы биологическим удобрением Ризоагрин составила 14 г/м², что на 17 % больше контроля. Инокуляции вторым биологическим удобрением Унифос дала прибавку урожая в размере 11 г/м². Совместное использование двух биологических удобрений увеличило урожайность маслосемян на 16 г/м² или 20 % к уровню неудобренного варианта опыта.

Внесение полной нормы минеральных удобрений позволило увеличить урожайность основной продукции до 191 г/м². Сопоставление величин прибавок от полного минерального удобрения и комплексного применения двух биоудобрений показывает, что величина прибавки от минеральных удобрений оказалась больше прибавки урожая от биологических удобрений в 6,8 раза.

Совместное применение полного минерального удобрения и двух испытанных биологических удобрений обеспечило получение наибольшей урожайности (195 г/м²), что составило 97,5 % к уровню запланированной урожайности (200 г/м² или 2 т/га).

Двойная инокуляция почвы испытанными биологическими удобрениями, проведенная на фоне полных норм минеральных удобрений, статистически достоверную прибавку урожая маслосемян ярового рапса не дала: прибавка 4 г/м² меньше наименьшей существенной разницы ($HC P_{05} = 10$ г/м²).

На фоне бинарной инокуляции биоудобрениями уменьшение полных норм азота и фосфора на 25 % ($N_{75\%}P_{75\%}K_{100\%}$) привело к существенному снижению урожайности маслосемян (172 г/м²). Как видно, в этом случае прибавка от минеральных удобрений составила 74 г/м², что в 1,47 раза меньше, чем прибавка от полных норм всех трёх питательных элементов (109 г/м²). При двукратном сокращении норм внесения азота и фосфора ($N_{50\%}P_{50\%}K_{100\%}$) прибавка урожая основной

продукции снизилась до 51 г/м², что в 2,14 раза меньше прибавки от полных норм минеральных удобрений.

Как видим, обнаружилась достаточно заметное уменьшение урожайности основной продукции от норм внесения минеральных удобрений. Особенно наглядно отмеченное демонстрируется материалами рисунка 7.

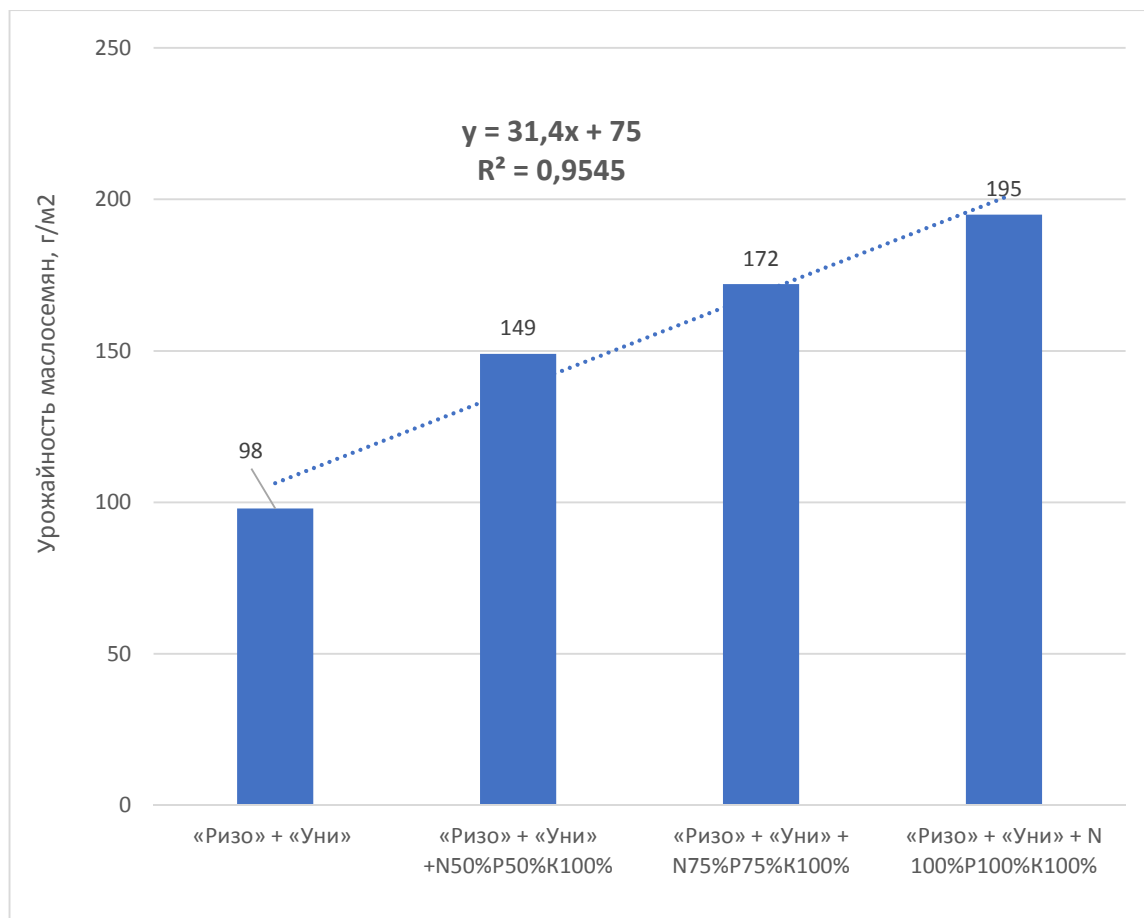


Рис. 7. Зависимость урожайности маслосемян ярового рапса от норм минеральных удобрений на фоне бинарной инокуляции биопрепаратами

Суммарное количество действующих веществ в пересчете на гектар по варианту [N_{100%}P_{100%}K_{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни» составило 396 кг, а при сокращении норм азота и фосфора на 25 и 50 % соответственно 325 и 254 кг. Линия тренда четко показывает наличие тесной зависимости урожайности маслосемян ярового рапса от возрастающих норм минеральных удобрений (от 0 до 396 кг д.в./га). Коэффициент

детерминации (R^2) урожайности от норм полного минерального удобрения равнялся 0,9545, что указывает наличие очень тесной положительной зависимости между этими двумя величинами.

Зависимость урожайности соломы ярового рапса от испытанных видов и норм удобрений показана в таблице 8 и приложении 4.

Таблица 8

Действие биологических и минеральных удобрений на урожайность соломы ярового рапса в условиях серой лесной почвы (2019 г.)

Варианты опыта	Урожайность соломы*	Прибавки урожая (г/м ²) от удобрений	
		биологических	минеральных
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	$\frac{174}{100}$		
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	$\frac{198}{114}$	24	
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	$\frac{192}{110}$	18	
4.«БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{198}{114}$	24	
5.N114P171K111 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	$\frac{313}{180}$		139
6.N114P171K111 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{332}{191}$	19	
7.N86P128K111 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{294}{169}$		96
8.N57P86K111 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{263}{151}$		65
НСР ₀₅ (г/м ²)		17	

Прим.: * - числитель - в г/м², знаменатель – в процентах к контролю.

Без применения биологических и минеральных удобрений урожайность побочной продукции ярового рапса составила 174 г/м². Применение биологического удобрения Ризоагрин обеспечило получение прибавки урожая соломы 24 г/м². При использовании другого биологического удобрения урожайность была несколько меньше и прибавка равнялась 18 г/м². Бинарная инокуляция почвы биоудобрениями не имела преимуществ по отношению к селективной инокуляции Ризоагрином.

Прибавка урожая соломы ярового рапса от внесения полного минерального удобрения составила 139 г/м², что в 5,8 раза больше от совместного применения двух биологических удобрений.

На фоне полных норм минеральных удобрений бинарная инокуляция почвы биологическими удобрениями позволила получить достоверную прибавку урожая соломы (19 г/м²), хотя она оказалась чуть меньше прибавки, полученной на неудобренном фоне (24 г/м²).

Уменьшение полных норм азота и фосфора на 25 и 50 % привело к адекватному снижению урожайности соломы: если в первом случае урожайность снизилась в 1,13 (332:294) раза, то во втором случае – в 1,26 (332:263) раза. Если сравнивать масштабы снижения урожайности соломы от снижения норм азота и фосфора с таковыми снижения урожайности маслосемян, то обнаруживается более заметное снижение продуктивности генеративных органов. Как было указано выше, урожайность маслосемян ярового рапса от уменьшения норм внесения азотных и фосфорных удобрений на 25 и 50 % снизилась соответственно в 1,47 и 2,14 раза.

На рис. 8 наглядно видна тесная положительная ($R^2=0,968$) зависимость урожайности побочной продукции от возрастающих норм минеральных удобрений, внесенных на фоне бинарной инокуляции почвы биологическими удобрениями Ризоагрин и Унифос.

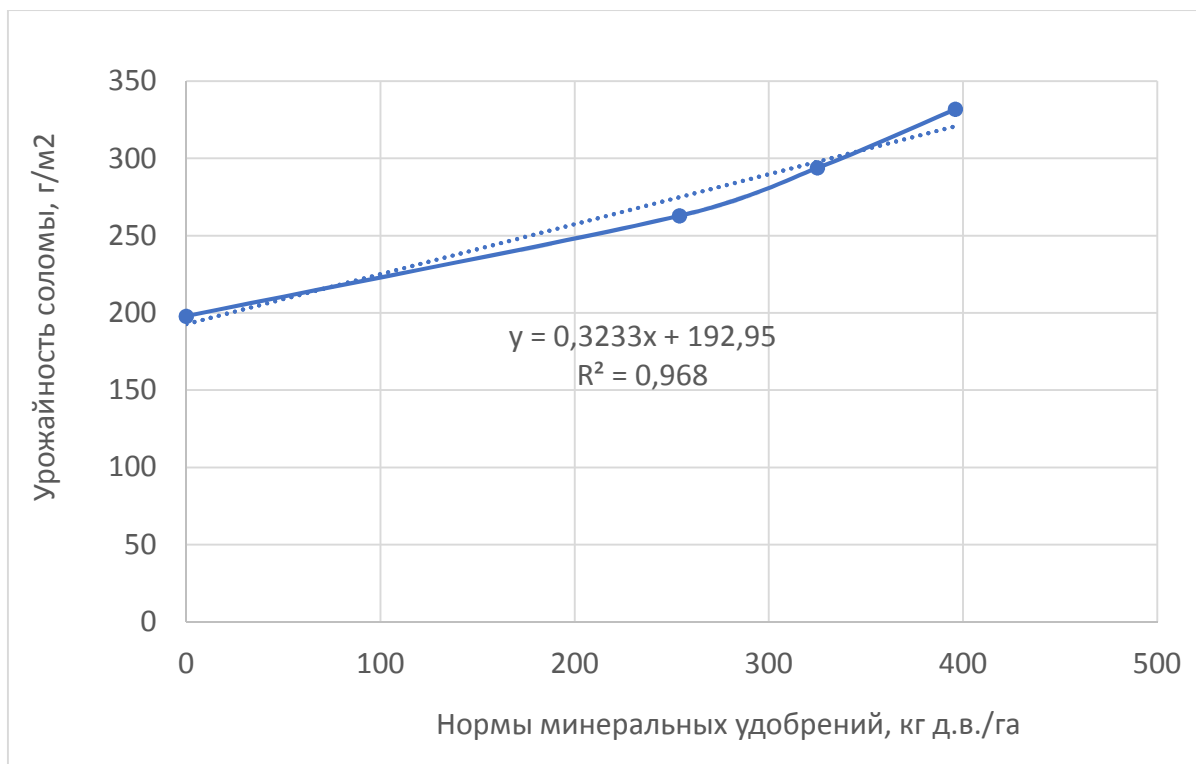


Рис. 8. Зависимость урожайности соломы ярового рапса от возрастающих норм минеральных удобрений, внесенных на фоне бинарной инокуляции биоудобрениями

Корреляция урожая соломы ярового рапса от возрастающих норм минеральных удобрений описывалась линейным уравнением:

$$Y = 0,3233 \cdot x + 192,95$$

где, Y – урожайность соломы ярового рапса, г/м²;

x – суммарная норма внесения NPK, кг д.в./га.

Таким образом, отдельное и совместное внесение биологических удобрений Ризоагрин и Унифос обеспечили получение прибавку урожая маслосемян ярового рапса от 11 до 16 г/м², что в 6,8-9,9 раза меньше прибавки урожая, полученной от внесения полной нормы минеральных удобрений. Прибавка урожая соломы ярового рапса от внесения

полного минерального удобрения оказалась в 5,8-7,7 раза больше прибавок, полученных от селективного и комплексного применения двух биологических удобрений.

3.2 Действие минеральных и биологических удобрений на урожайность проса

В 2020 году в нашем эксперименте подопытной культурой была просо сорта «Варяг». Краткая характеристика сорта дана в приложении 2. Действие биологических и минеральных удобрений на урожайность зерна проса в условиях серой лесной почвы демонстрируется данными таблицы 9 и приложения 5. На контрольном варианте опыта, то есть без использования удобрений, была получена 147 г/м² зерна, что в пересчете эквивалентно урожайности 1,47 т/га. На неудобренном фоне инокуляция серой лесной почвы биоудобрением Ризоагрин обеспечила получение 22 г/м² прибавки урожая. В случае использования для инокуляции почвы биологического удобрения Унифос прибавка зерна составила 16 г/м². Прибавка урожая зерна от совместного применения двух биологических удобрений равнялась 25 г/м². Все эти прибавки статистически достоверные, но между собой существенно не различаются.

Внесение полных норм минеральных удобрений (N96P54K118), рассчитанных для получения 300 г/м² (3,0 т/га) урожая, позволило получить 318 г/м² зерна проса, что больше запланированной урожайности. На наш взгляд, данное обстоятельство было обусловлено благоприятными погодными условиями вегетационного периода, о чем было отмечено во второй главе. Прибавка урожая зерна проса от полных норм минеральных удобрений составила 171 г/м², что в 6,8 раза больше прибавки, полученной от совместного применения двух биологических удобрений (25 г/м²). На фоне полных норм минеральных удобрений прирост урожая зерна от

Таблица 9

Действие биологических и минеральных удобрений на урожайность зерна
проса в условиях серой лесной почвы (2020 г.)

Варианты опыта	Урожайность зерна*	Прибавки урожая (г/м ²) от удобрений	
		биологических	минеральных
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	$\frac{147}{100}$	-	
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	$\frac{169}{115}$	22	
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	$\frac{163}{111}$	16	
4.« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{172}{117}$	25	
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	$\frac{318}{216}$		171
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{330}{224}$	12	
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{268}{182}$		96
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] +« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{219}{149}$		47
НСР ₀₅ (г/м ²)		11	

Прим.: * - числитель - в г/м², знаменатель – в процентах к контролю.

комплексного применения биологических удобрений составил 12 г/м², что в более чем в два раза меньше прибавки от биоудобрений, полученной в случае их использования на неудобренном фоне (25 г/м²).

На фоне совместного применения двух биологических удобрений снижение полных норм минерального азота и фосфора на 25 % привело к

резкому снижению урожайности: прибавка урожая зерна по этому варианту опыта составила только 96 г/м², что в 1,78 раза меньше прибавки от полных норм удобрений. Следовательно, совместное применение двух биологических удобрений никак не смог компенсировать уменьшение норм внесения 24 (96-74) кг д.в./га азота и 13 (54-41) кг д.в./га фосфора. Дальнейшее уменьшение норм внесения минерального азота и фосфора до 50 %, сопровождалось ещё более существенным снижением урожайности: если 25 % снижение привело к уменьшению урожая зерна на 75 (171-96) г/м², то 50 % снижение - на 124 (171-47) г/м².

Линия тренда, показывающая зависимость урожайности зерна проса от суммы NPK, четко иллюстрирует наличие тесной корреляции между этими показателями (рис. 9).

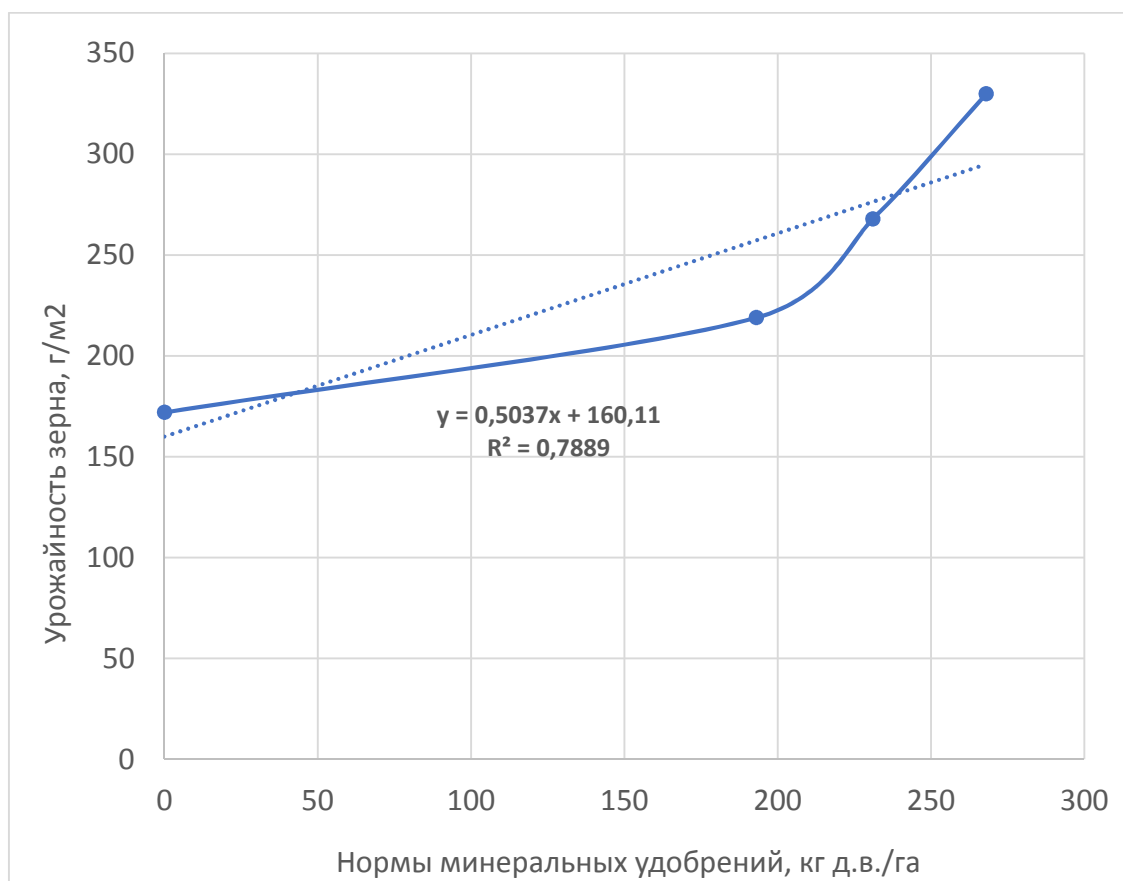


Рис. 9. Зависимость урожайности зерна проса от норм минеральных удобрений, внесенных на фоне двойной инокуляции биологическими удобрениями

Суммарное количество NPK минеральных удобрений, внесенных под просо, колебалось от 193 (N_{50%}P_{50%}K_{100%}) до 268 (N_{100%}P_{100%}K_{100%}) кг д.в./га. Линейная корреляция урожайности зерна проса от этих норм минеральных удобрений, использованных на фоне биологических удобрений, описывалась уравнением:

$$Y=0,5037 \cdot x+160,11$$

где Y – урожайность зерна проса, г/м²;

x – норма внесения минеральных удобрений, кг д.в./га.

Зависимость урожайности зерна от норм внесения удобрений оказалась достаточно тесной, о чем свидетельствует величина коэффициента детерминации ($R^2 = 0,7889$).

В таблице 10 и приложении 6 приведены урожайные данные соломы, показывающие действие биологических и минеральных удобрений на величину нетоварной части урожая. Минимальная урожайность соломы проса (302 г/м²) была получена на контрольной почве, не получившей никаких удобрений. Под влиянием биологического удобрения Ризоагрин урожайность соломы увеличилась на 16 % или 48 г/м². Действие второго биологического удобрения Унифоса на урожайность соломы оказалось слабее Ризоагрина, ибо прибавка составила только 32 г/м². Прибавка урожая соломы от совместного внесения двух биоудобрений (51 г/м²) существенно не отличалась от прибавки селективного применения Ризоагрина.

Как и в случае с зерном, максимальную прибавку соломы дало внесение полных норм минеральных удобрений (N_{100%}P_{100%}K_{100%}). Как видно, по этому варианту опыта урожайность соломы увеличилась, по отношению к контролю, в 2,48 раза, в то время как урожайность зерна возросла в 2,16 раза.

Внесение двух биологических удобрений на фоне полных норм минеральных удобрений статистически достоверную прибавку урожая

Таблица 10

Действие бактериальных и минеральных удобрений на урожайность соломы
проса в условиях серой лесной почвы (2020 г.)

Варианты опыта	Урожайность соломы*	Прибавки урожая (г/м ²) от удобрений	
		биологических	минеральных
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	$\frac{302}{100}$	-	
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	$\frac{350}{116}$	48	
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	$\frac{334}{111}$	32	
4.« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{353}{117}$	51	
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	$\frac{750}{248}$		448
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ- Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{762}{252}$	12	
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ- Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{603}{200}$		250
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] +« БУ- Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{477}{158}$		124
НСР ₀₅ (г/м ²)		18	

Прим.: * - числитель - в г/м², знаменатель – в процентах к контролю.

соломы не дало: 12 г/м² меньше НСР₀₅ (18 г/м²).

Уменьшение норм азотного и фосфорного удобрений на 25 и 50 % привело к весьма существенному и почти пропорциональному снижению урожайности соломы: если при снижении норм азота и фосфора на 25 % урожайность соломы снизилась, по отношению к полной норме, в 1,26 (762:603) раза, то при уменьшении норм азота и фосфора на 50 % - в 1,60 (762:477) раза. Тесная корреляция урожайности соломы проса от возрастающих норм минеральных удобрений, внесенных на фоне двойной инокуляции почвы биоудобрениями Ризоагрин и Унифос, наглядно иллюстрируется графиком рисунка 10.

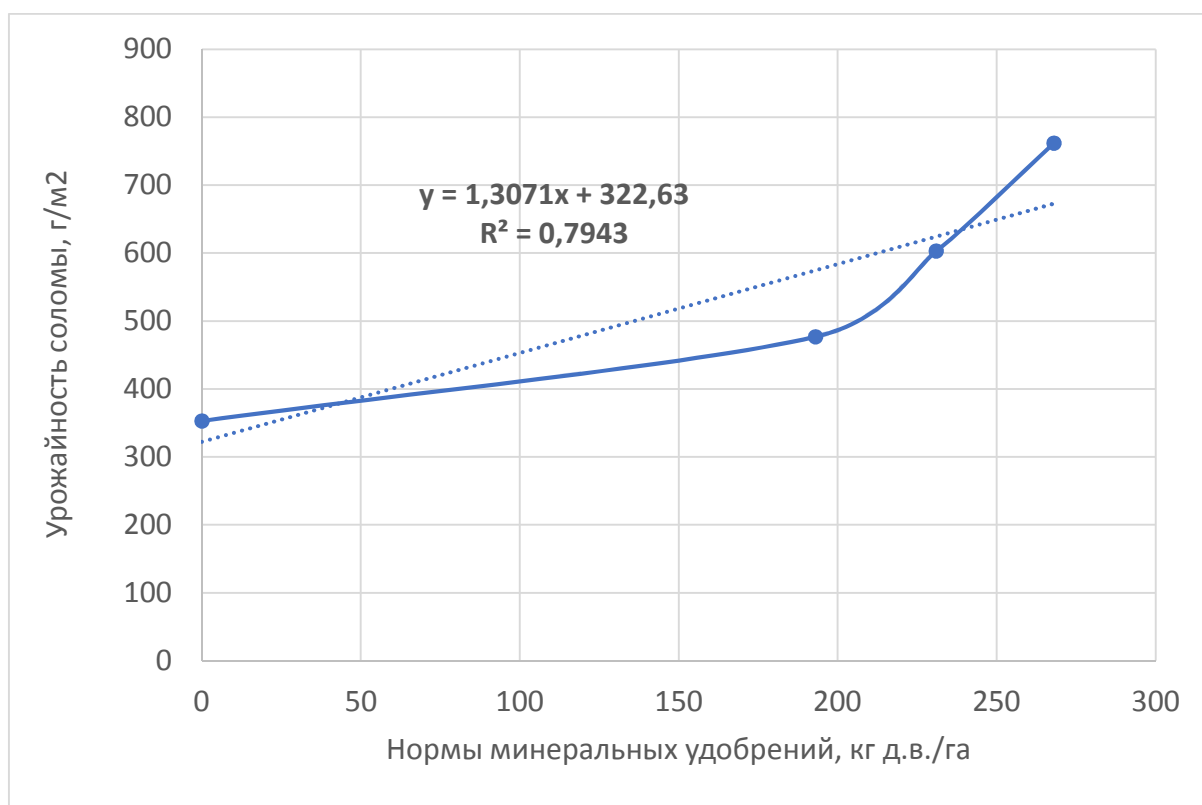


Рис. 10. Зависимость урожайности зерна проса от норм минеральных удобрений, внесенных на фоне двойной инокуляции биологическими удобрениями

О главенствующей роли норм минеральных удобрений в формировании урожайности соломы проса свидетельствует величина коэффициента детерминации ($R^2 = 0,7943$).

3.3 Влияние удобрений на структуру и химический состав урожая проса

Данные таблицы 11 показывают влияние минеральных и биологических удобрений на структуру урожая проса. Под влиянием биологических удобрений основные элементы структуры урожая - количество растений на единицу урожая, количество зерен в соцветии и масса 1000 зерен, увеличились, по отношению к контролю, на 2-10 %. При этом наибольший рост урожайности зерна проса был обусловлен за счет увеличения количества зерен в соцветии. Так, если от биологического удобрения Ризоагрин масса 1000 зерен увеличилось по сравнению с контролем на 2 %, то количество растений на единицу площади и количество зерен в соцветии увеличилось соответственно на 4 и 8 %.

Примерно аналогичным образом повлияли на элементы структуры урожая проса и минеральные удобрения: наибольший вклад в увеличение урожайности обеспечил рост числа зерен в соцветии. Например, если от полных норм минеральных удобрений ($N_{100\%}P_{100\%}K_{100\%}$) масса 1000 зерен и густота стояния растений увеличились по сравнению с контролем соответственно на 14 и 20 %, то количество зерен в соцветии проса выросло на 58 %.

Испытанные в опыте удобрения неодинаково повлияли на соотношение «солома: зерно» подопытной культуры. Как видно, биологические удобрения, как при селективном, так и совместном применении заметного влияния на данный показатель не оказали. В то же время по всем вариантам опыта, где испытывались различные нормы минеральных удобрений, произошло вполне заметное расширение соотношения основной и побочной продукции. Так, если соотношение «солома: зерно» на неободренной почве равнялось 2,05, то на почве, получившей полные нормы минеральных удобрений – 2,36. Причем по мере уменьшения норм минеральных удобрений проявилась тенденция некоторого уменьшения данного

показателя: если при совместном применении биологических и полных норм минеральных удобрений ($N_{100\%}P_{100\%}K_{100\%} + \text{«БУ-Ризо»} + \text{«БУ-Уни»}$) соотношение «солома: зерно» составило 2,31, то при применении сокращенных

Таблица 11

Влияние биологических и минеральных удобрений на основные элементы структуры урожая проса

Варианты опыта	Количество		Масса 1000 зерен, г	Вес зерна с 1-ого растения, г	<u>Солома</u> зерно
	растений, шт./м ²	зерен в соцветии, шт.			
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	$\frac{265^*}{100}$	$\frac{73}{100}$	$\frac{7,59}{100}$	$\frac{0,554}{100}$	2,05
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	$\frac{276}{104}$	$\frac{79}{108}$	$\frac{7,75}{102}$	$\frac{0,612}{110}$	2,07
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	$\frac{273}{103}$	$\frac{77}{105}$	$\frac{7,75}{102}$	$\frac{0,597}{108}$	2,04
4.« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{276}{104}$	$\frac{80}{110}$	$\frac{7,79}{103}$	$\frac{0,623}{112}$	2,05
5.N96P54K118 [$N_{100\%}P_{100\%}K_{100\%}$]	$\frac{319}{120}$	$\frac{115}{158}$	$\frac{8,67}{114}$	$\frac{0,997}{180}$	2,36
6.N96P54K118 [$N_{100\%}P_{100\%}K_{100\%}$] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{323}{122}$	$\frac{118}{162}$	$\frac{8,67}{114}$	$\frac{1,023}{185}$	2,31
7.N72P41K118 [$N_{75\%}P_{75\%}K_{100\%}$] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{296}{112}$	$\frac{107}{147}$	$\frac{8,46}{111}$	$\frac{0,905}{163}$	2,25
8.N48P27K118 [$N_{50\%}P_{50\%}K_{100\%}$] +« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{286}{108}$	$\frac{96}{132}$	$\frac{7,98}{105}$	$\frac{0,766}{138}$	2,18

Прим.: * - в числителе абсолютные значения, в знаменателе – относительные величины в процентах к уровню контроля.

норм минеральных удобрений на 25 и 50 % это соотношение сузилось соответственно до 2,25 и 2,18.

Таким образом, из основных элементов структуры урожая - количество растений на единицу урожая, количество зерен в соцветии и масса 1000 зерен, под влиянием, как минеральных, так и биологических удобрений наиболее заметно изменилось количество зерен в соцветии.

Для оценки агрономической, агрохимической и агроэкологической эффективности удобрительных средств важным показателем представляется химический состав урожая, и, прежде всего, содержание основных макроэлементов: азота, фосфора и калия.

В таблице 12 представлены данные по содержанию в зерне и соломе проса азота, играющего важнейшую роль в росте и развитии всех без исключения сельскохозяйственных культур (Кореньков, 1999; Минеев, 2004; Кидин, Торшин, 2016). В урожае проса, полученного на удобренной почве (контроль), общее содержание азота в зерне и соломе составило соответственно 1,73 и 0,56 %, то есть в генеративных органах общего азота содержалось более чем в 3 раза больше, чем в вегетационных органах.

Биологические удобрения, независимо от совместного или отдельного их применения, существенного влияния на содержание общего азота в растениях проса не оказали.

Действие минеральных удобрений на содержание азота, как в зерне, так и соломе было вполне заметным. Более заметное повышение азота произошло в вегетативной части урожая, нежели в зерне. Как видно, если при внесении полных норм минеральных удобрений общее содержание азота в зерне увеличилось, по отношению к контролю, на 8 %, то в соломе – на 12 %. Другая особенность влияния минеральных удобрений на содержание общего азота заключается в том, что обнаружилось определенная положительная зависимость между нормами минеральных удобрений и содержанием общего азота: чем больше сумма NPK (в пределах от 0 до 268 кг д.в./га), тем выше содержание общего азота в растениях проса.

Таблица 12

Действие биологических и минеральных удобрений на содержания общего азота в растениях проса в условиях серой лесной почвы

Варианты опыта	Содержание общего азота	
	зерно	солома
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	$\frac{1,73^*}{100}$	$\frac{0,56}{100}$
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	$\frac{1,75}{101}$	$\frac{0,57}{102}$
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	$\frac{1,72}{99}$	$\frac{0,56}{100}$
4.« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{1,74}{101}$	$\frac{0,57}{102}$
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	$\frac{1,87}{108}$	$\frac{0,63}{112}$
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{1,87}{108}$	$\frac{0,63}{112}$
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{1,80}{104}$	$\frac{0,59}{105}$
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] +« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{1,76}{102}$	$\frac{0,58}{104}$

Прим.: * - в числителе абсолютные значения в процентах на абсолютно сухой вес, в знаменателе – относительные величины в процентах к уровню контроля.

В таблице 13 представлены данные по содержанию в растениях проса фосфора, играющего важнейшую роль в живых организмах, в том числе в высших растениях [Чумаченко, Сушеница, Алиев, 2001; Минеев, 2004; Кидин, Торшин, 2016].

Действие биологических и минеральных удобрений на содержания общего фосфора в растениях проса в условиях серой лесной почвы

Варианты опыта	Содержание общего фосфора	
	зерно	солома
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	$\frac{0,80^*}{100}$	$\frac{0,25}{100}$
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	$\frac{0,79}{99}$	$\frac{0,25}{100}$
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	$\frac{0,80}{100}$	$\frac{0,26}{104}$
4.«БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{0,80}{100}$	$\frac{0,25}{100}$
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	$\frac{0,80}{100}$	$\frac{0,25}{100}$
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{0,79}{99}$	$\frac{0,25}{100}$
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{0,79}{99}$	$\frac{0,25}{100}$
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{0,78}{98}$	$\frac{0,24}{96}$

Прим.: * - в числителе абсолютные значения в процентах на абсолютно сухой вес, в знаменателе – относительные величины в процентах к уровню контроля.

В урожай проса, полученного на фоновой (контрольной) почве, общее содержание фосфора в зерне и соломе составило соответственно 0,80 и 0,25 %, то есть в товарной части урожая общего фосфора содержалось более чем в 3 раза больше, чем в побочной продукции.

Из двух биологических удобрений некоторое повышение содержания общего фосфора обеспечило только селективное внесение Унифоса, содержащего фосфатмобилизующие микроорганизмы. При совместном внесении Унифоса с Ризоагрином такое явление не наблюдалось.

Существенного влияния на содержание общего фосфора не оказало и внесение полных норм минеральных удобрений, в том числе и на фоне двойной инокуляции почвы биологическими удобрениями. Возможно, отмеченное может быть объяснено относительно небольшой нормой внесения минерального фосфора (от 27 до 54 кг д.в./га). Можно было лишь заметить некоторое снижение содержания общего фосфора по варианту опыта № 8, где была внесена минимальная норма минерального фосфорного удобрения. Этому способствовало, видимо, нарушение соотношения между азотом, фосфором и калием в составе внесенных минеральных удобрений.

Важным макроэлементом, играющим большую роль в водном и углеводном обмене, повышении иммунитета растений и качества урожая сельскохозяйственных культур, представляется калий, содержание которого в растениях существенно больше фосфора, а иногда и азота [Ониани, 1981; Минеев, 2004; Кидин, Торшин, 2016]. Содержание общего калия в растениях проса по вариантам опыта показано в таблице 14.

На удобренной почве общее содержание калия в зерне и соломе проса составило соответственно 0,45 и 1,54 %, то есть в вегетативной части урожая данного питательного элемента содержалось более чем в 3,4 раза больше, чем в генеративной части.

Из двух испытанных биологических удобрений только при селективном применении Унифоса обнаружилась слабая тенденция повышения общего калия в соломе и в меньшей степени в зерне проса.

Действие минеральных удобрений на содержание калия, как в зерне, так и соломе было вполне заметным, правда размеры этих изменений были несколько меньше, чем аналогичные изменения общего азота.

Действие биологических и минеральных удобрений на содержания общего калия в растениях проса в условиях серой лесной почвы

Варианты опыта	Содержание общего калия	
	зерно	солома
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	$\frac{0,45^*}{100}$	$\frac{1,54}{100}$
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	$\frac{0,45}{100}$	$\frac{1,53}{99}$
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	$\frac{0,46}{102}$	$\frac{1,58}{103}$
4.«БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{0,45}{100}$	$\frac{1,56}{101}$
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	$\frac{0,47}{104}$	$\frac{1,68}{109}$
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{0,47}{104}$	$\frac{1,68}{109}$
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{0,50}{111}$	$\frac{1,73}{112}$
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	$\frac{0,50}{111}$	$\frac{1,75}{114}$

Прим.: * - в числителе абсолютные значения в процентах на абсолютно сухой вес, в знаменателе – относительные величины в процентах к уровню контроля.

Более заметное повышение калия произошло в вегетативной части урожая, нежели в зерне. Например, если при внесении полных норм минеральных удобрений общее содержание калия в зерне увеличилось, по отношению к контролю, на 4 %, то в соломе – на 9 %.

Интересно изменилось содержание общего калия в растениях при уменьшении полных норм азота и фосфора на фоне полной нормы калия. Как видно, при относительном избытке калия в составе вносимых минеральных удобрений происходило заметное повышение содержания общего калия, как в зерне, так и соломы. Например, если содержание общего калия в соломе проса при внесении полных норм всех трёх элементов равнялось 1,68 %, то при уменьшении полных норм азота и фосфора на 25 и 50 % составило соответственно 1,73 и 1,75 %.

Таким образом, из трёх изученных макроэлементов под влиянием удобрений относительно заметнее изменилось содержание калия и азота. Колебания в содержании фосфора в растениях проса по вариантам опыта были незначительными, как от минеральных и биологических удобрений. Влияние минеральных удобрений на химический состав урожая проса оказалось существенно весомее, чем биологических удобрений.

3.4 Коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений в зависимости от видов и норм удобрений

Коэффициенты использования питательных элементов из почвы и удобрений – основополагающие агрохимические показатели, необходимые для установления оптимальных норм и доз внесения минеральных и органических удобрений. Кроме того, эти показатели в значительной мере служат важными критериями оценки эффективности применения удобрительных средств в конкретных почвенно-климатических условиях [Юркин, Благовещенская, Пименов, 1976; Минеев, 2004, Кидин, Торшин, 2016]. Как известно, для определения коэффициентов использования питательных элементов необходимо рассчитать запасы их в почве и хозяйственный вынос их сельскохозяйственными культурами [Ягодин, Жуков, Кобзаренко, 2003]. Следовательно, для определения коэффициентов использования элементов, как удобрений, так и почвы сначала необходимо

рассчитать хозяйственный вынос того или иного элемента сельскохозяйственной культурой. Хозяйственный вынос – это количество отчуждаемого из почвы питательного элемента в составе основной и побочной продукции, выраженное в кг/га.

В таблице 15 приведены данные, показывающие действие биологических и минеральных удобрений на величину хозяйственного выноса азота, фосфора и калия растениями просо в условиях серой лесной почвы.

Таблица 15

Действие биологических и минеральных удобрений на величину хозяйственного выноса азота, фосфора и калия просом

Варианты опыта	Азот	Фосфор	Калий
Вынос* зерном, кг/га			
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	22,0	10,2	5,7
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	25,6	11,5	6,6
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	24,3	11,3	6,5
4.« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	25,6	11,9	6,7
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	51,4	22,0	12,9
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	53,4	22,5	13,4
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	41,7	18,3	11,6
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] +« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	33,3	14,8	9,5

Вынос** соломой, кг/га			
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	14,0	6,3	38,6
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	16,6	7,3	44,4
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	15,5	7,2	43,8
4.« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	16,7	7,3	45,7
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	39,2	15,6	104,6
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	39,8	15,8	106,3
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	29,5	12,5	86,6
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] +« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	23,0	9,5	69,3
Хозяйственный вынос, кг/га			
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	36,2	16,5	44,3
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	42,2	18,8	51,0
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	39,8	18,5	50,3
4.« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	42,3	19,2	52,4
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	90,6	37,6	117,5
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	93,2	38,3	119,7
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	71,2	30,8	98,2
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] +« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	56,3	24,3	78,8

Прим.: * - при влажности зерна 13,5 %; ** - при влажности соломы 17,0 %.

Выноса питательного элемента зерном и соломой находили с учетом влажности зерна и соломы при стандартной влажности и содержания элемента в абсолютно сухом веществе.

Хозяйственный вынос азота, фосфора и калия просом в расчете на гектары на неудобренной почве составила соответственно 36,2; 16,5 и 44,3 кг/га. Азот и фосфор в основном выносились в составе зерна, а калий – в составе соломы. Так, из 36,3 кг/га хозяйственного выноса азота 22,0 кг/га или около 61 % отчуждался в составе зерна. Из 44,3 кг/га хозяйственного выноса калия в составе соломы отчуждался 38,6 кг/га или 87 %.

Благодаря биологическим удобрениям, использованным селективно, хозяйственный вынос азота, фосфора и калия просом увеличился соответственно на 3,6-6,0; 2,0-2,3 и 6,0-6,7 кг/га, причем более заметное увеличение хозяйственного выноса происходило от биоудобрения Ризоагрин. При совместном применении двух биологических удобрений более заметно вырос хозяйственный вынос калия, чем фосфора и азота. Но в целом, увеличение хозяйственного выноса изученных питательных элементов от биологических удобрений было несравнимо меньше, чем от минеральных удобрений.

Внесение полных норм минеральных удобрений привело к резкому увеличению хозяйственного выноса всех трех элементов. Как видно, по этому варианту опыта хозяйственные выносы азота, фосфора и калия выросли, по сравнению с контролем, соответственно в 2,50; 2,28 и 2,65 раза. Данное увеличение, в первую очередь, происходило за счет роста урожайности и, в меньшей степени, за счет увеличения концентрации общего содержания питательных элементов в урожае.

Бинарная инокуляция почвы биологическими удобрениями, проведенная на фоне полных норм минеральных удобрений, на хозяйственный оказала слабое влияние, хотя именно по этому варианту опыта обнаружили максимальные размеры хозяйственного выноса.

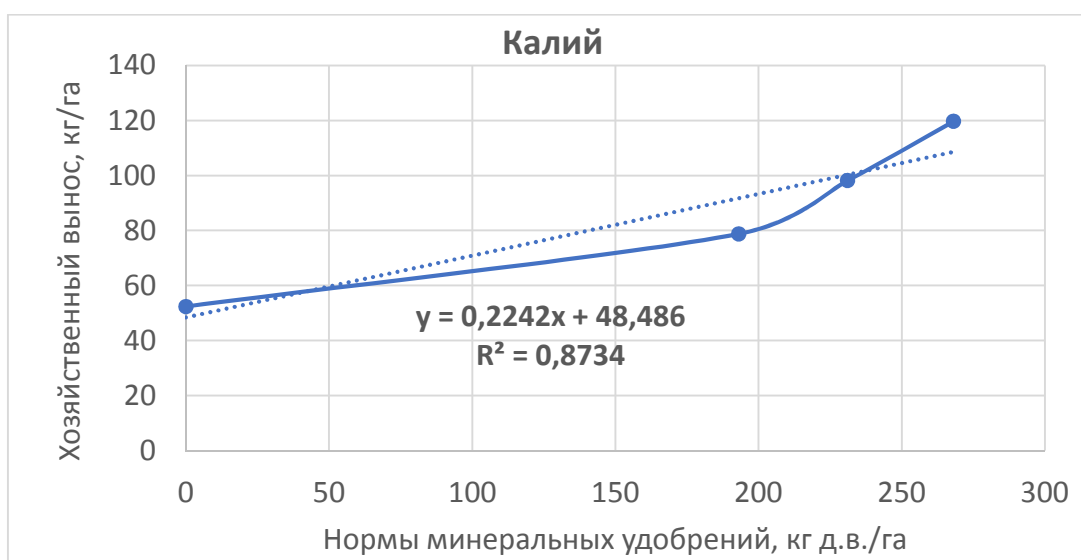
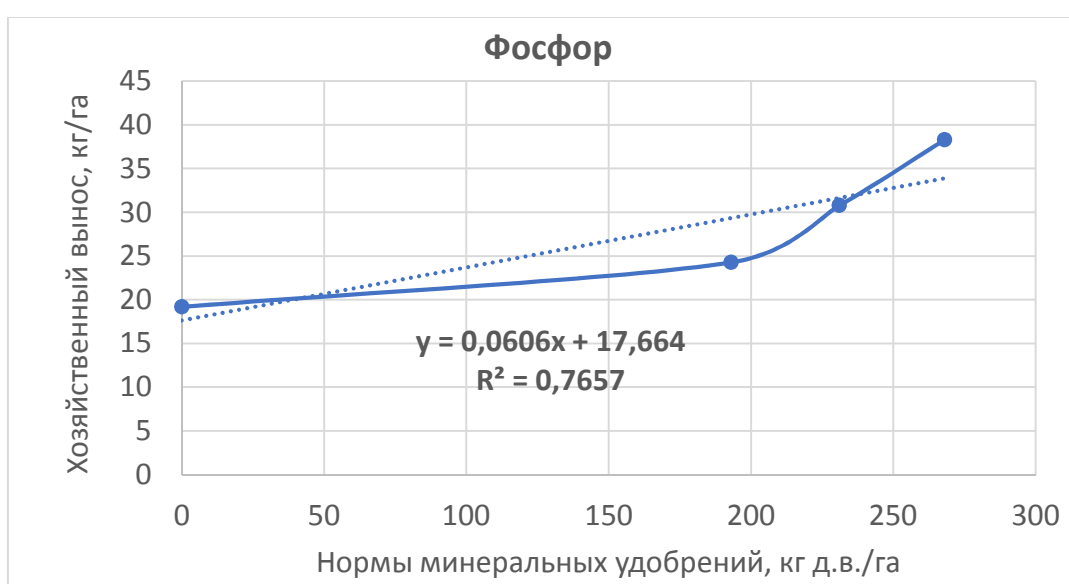
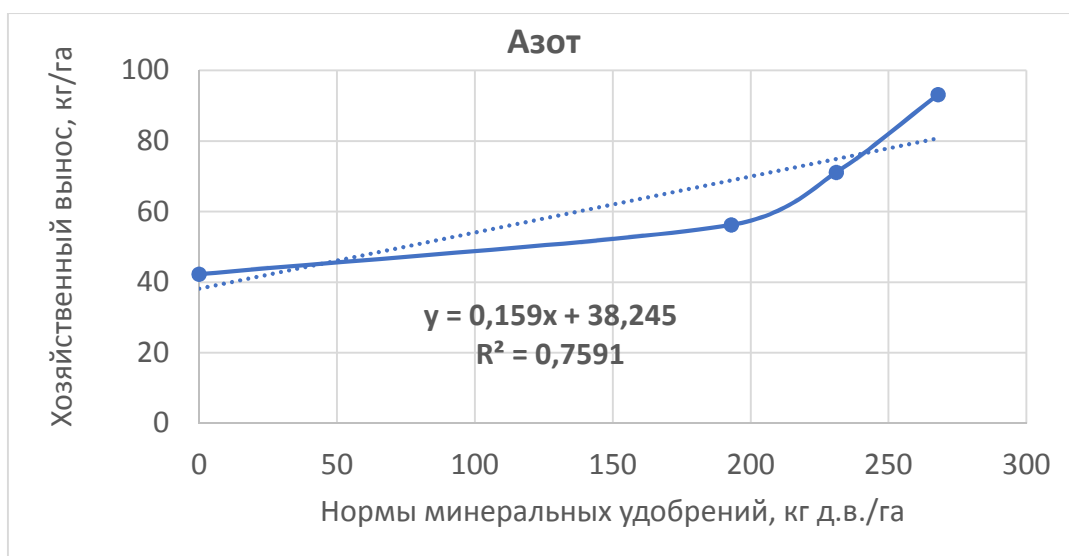


Рис. 11. Зависимость хозяйственных выносов растениями проса азота, фосфора и калия от норм минеральных удобрений, внесенных на фоне биологических удобрений

Весьма заметно отразилось в размерах хозяйственного выноса сокращение полных норм азотных и фосфорных удобрений на 25 и 50 %. От сокращения норм азотных и фосфорных минеральных удобрений особенно значительно снизился хозяйственный вынос азота. Так, если сокращение полных норм азотно-фосфорных удобрений на 50 % уменьшило, по отношению к выносу при внесении полных норм минеральных удобрений, хозяйственный вынос азота на 40 %, то выносы фосфора и калия соответственно на 37 и 34 %. Как видим, от сокращения норм азотных и фосфорных удобрений уменьшился хозяйственный вынос не только указанных элементов, но и калия. Наличие тесной зависимости между нормами минеральных удобрений, внесенных на фоне бинарной инокуляции почвы биоудобрениями, наглядно иллюстрируется графиками рисунка 11.

Нормативный вынос или потребление питательных элементов – это количество отчужденного из почвы того или иного элемента в составе основной и побочной продукции в расчете на единицу основной продукции [Гилязов, 2011]. Нередко нормативный вынос называют хозяйственным выносом на единицу основной продукции.

В таблице 16 представлены величины нормативного выноса азота, фосфора и калия подопытной культурой в условиях 2020 года. На неудобренной серой лесной почве нормативные выносы азота, фосфора и калия просом равнялись соответственно 24,6; 11,2 и 30,1 кг/т, которые меньше значений, взятых нами для расчета норм минеральных удобрений (см. табл. 6).

Биологические удобрения, внесенные, как отдельно, так и совместно заметного влияния на нормативный вынос не оказали.

Внесение полных норм минеральных удобрений увеличило нормативный вынос азота и калия, и слабо повлияло на нормативный вынос фосфора. Максимальные величины нормативного выноса всех трех элементов обнаружались по варианту «N_{100%}P_{100%}K_{100%} + «БУ-Ризо» + «БУ-

Уни» и составили соответственно 28,5; 11,8 и 36,9 кг/т. Эти значения больше контрольного уровня примерно в 1,16 (азот), 1,03 (фосфор) и 1,23 (калий) раза.

Таблица 16

Действие биологических и минеральных удобрений на нормативный вынос азота, фосфора и калия растениями проса

Варианты опыта	Нормативный вынос, кг/т		
	азот	фосфор	калий
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	24,6	11,2	30,1
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	24,9	11,1	30,2
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	24,4	11,3	30,9
4.« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	24,6	11,2	30,5
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	28,5	11,8	36,9
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	28,2	11,6	36,3
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	26,6	11,5	36,6
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] +« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	25,7	11,1	35,8
Средние по всем вариантам опыта	25,9	11,4	33,4

Усредненные нормативные выносы растениями проса по всем вариантам опыта составили: азота - 25,9; фосфора – 11,4 и калия – 33,4 кг/т, которые достаточно близки к зональным значениям по фосфору (12), калию (34), и меньше по азоту (33).

Базовыми агрохимическими показателями являются коэффициенты использования питательных элементов сельскохозяйственными культурами из почвы (КИП) и удобрений (КИУ), которые показывают долю питательного элемента, поглощённого растениями из почвы или удобрений [Минеев, 2004].

Изменение коэффициентов использования питательных веществ растениями проса из серой лесной почвы при применении биологических удобрений дано в таблице 17.

Таблица 17

Влияние биологических удобрений на коэффициенты использования азота, фосфора и калия серой лесной почвы растениями проса

Коэффициенты использования из почвы, *		
минерального азота**	подвижного фосфора***	подвижного калия***
Без биологических и минеральных удобрений (контроль)		
0,524	0,039	0,113
Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)		
0,612	0,045	0,130
Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)		
0,577	0,044	0,128
«БУ-Ризо» + «БУ-Уни»		
0,613	0,046	0,133
Примерные справочные данные		
0,450-0,650	0,050-0,070	0,090-0,130

Прим.: * - почвенные запасы доступных форм питательных элементов: минерального азота – 69 кг/га; подвижного фосфора – 420 кг/га; обменного калия – 393 кг/га;

** - по рекомендациям М.Ю. Гилязова (1996);

*** - по методу Кирсанова.

Без инокуляции почвы биологическими удобрениями коэффициенты использования подвижных форм азота, фосфора и калия серой лесной почвы растениями проса составили соответственно 0,524; 0,039 и 0,113. Как видно, наши данные по азоту и калию примерно соответствуют справочным данным, а по фосфору несколько ниже.

Испытанные биологические удобрения, использованные как селективно, так и комплексно повысили коэффициенты использования всех трех питательных элементов примерно в 1,10-1,18 раза. Однако, даже в случае двойной инокуляции биологическими удобрениями, величина коэффициента использования подвижных форм фосфора почвы оказалась меньше справочных значений.

Изменение коэффициентов использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений просом в зависимости от использования биологических удобрений и норм внесения минеральных удобрений демонстрируется данными таблицы 18.

При внесении полных норм минеральных удобрений ($N_{100\%}P_{100\%}K_{100\%}$) коэффициенты использования азота, фосфора и калия составили соответственно 0,567; 0,391 и 0,620. Как видно, если коэффициенты использования азота и калия удобрений были достаточно близкими к справочным значениям, то коэффициент использования фосфора оказался существенно выше справочных данных. Возможно, низкий уровень использования почвенных запасов фосфора в определенной мере способствовал более интенсивному поглощению фосфора удобрений.

В случае применения полных норм минеральных удобрений на фоне совместного внесения Ризоагрина и Унифоса коэффициенты использования всех трех питательных элементов удобрений снизились, что вполне объяснимо, ибо биологические удобрения, как отмечалось выше, повысили коэффициенты использования питательных веществ почвы. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия минеральных удобрений на фоне бинарной инокуляции почвы биологическими удобрениями снизились (по

отношению к варианту «N_{100%}P_{100%}K_{100%}») соответственно в 1,07; 1,10 и 1,09 раза.

Таблица 18

Изменение коэффициентов использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений просом в зависимости от использования биологических удобрений и норм внесения минеральных удобрений

Варианты опыта	Коэффициенты использования питательных элементов из минеральных удобрений		
	азот	фосфор	калий
N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	0,567	0,391	0,620
N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	0,530	0,354	0,570
N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	0,401	0,283	0,388
N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	0,292	0,189	0,224
Примерные справочные данные	0,55-0,70	0,10-0,30	0,40-0,60

Сокращение полных норм азотного и фосфорного минерального удобрения на 25 и 50 % привело к резкому снижению коэффициентов использования удобрений, особенно калия. Так, если коэффициенты использования полных норм азота, фосфора и калия минеральных удобрений на фоне инокуляции почвы биологическими удобрениями равнялись соответственно 0,530; 0,354 и 0,570, то при сокращении норм азота и фосфора на 25 % они снизились до 0,401; 0,283 и 0,388 или соответственно в 1,32; 1,25 и 1,47 раза. Ещё более сильное (1,82-2,54 кратное) снижение

коэффициентов использования питательных элементов минеральных удобрений произошло при уменьшении полных норм азота и фосфора на 50 % на фоне полной нормы калийного удобрения.

3.5 Экономическая эффективность применения минеральных и биологических удобрений на посевах проса

Определение экономической эффективности применения удобрений или любых агрономических приемов – важнейший компонент оценки целесообразности внедрения их в производство.

В таблице 19 приведены расчеты экономической эффективности применения биологических и минеральных удобрений на посевах проса в 2020 году.

Стоимость товарной продукции рассчитали исходя урожайности зерна проса, приведенной к базисной влажности (13,5 %), и средней цены реализации зерна (8000 руб./т). Возделывание проса на серой лесной почве без применения никаких удобрений (контроль) позволило получить зерно на минимальную сумму - 11760 руб./га. Селективное применение биологических удобрений Ризоагрина и Унифоса позволило увеличить стоимость товарной продукции проса соответственно на 1768 и 1289 руб./га, а совместное их применение – на 2000 руб./га. Совместное применение указанных биологических препаратов на фоне полных норм минеральных удобрений увеличило стоимость товарной продукции на 960 руб./га, то есть оказалось менее эффективным, чем на неудобренном фоне (контроль).

Стоимость зерна проса при применении полных норм минеральных удобрений ($N_{100\%}P_{100\%}K_{100\%}$) возросла, по отношению к контролю, в 2,16 раза. Обнаружилась очень заметное снижение стоимости товарной продукции по мере снижения норм азотных и фосфорных удобрений. Уменьшение полных норм азотно-фосфорных удобрений

Экономическая эффективность применения биологических и минеральных
удобрений на посевах проса

Варианты опыта	Стоимость товарной продукции*, руб./га	Общие затраты**, руб./га	Условная прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	11760	6361	5399	85
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («БУ-Ризо»)	13520	7184	6336	88
3.Биологическое удобрение Унифос («БУ-Уни»)	13040	7378	5662	77
4.« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	13760	8172	5588	68
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	25440	17772	7668	43
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	26400	19553	6847	35
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	21440	17456	3984	23
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] +« БУ-Ризо» + «БУ-Уни»	17520	15341	2179	14

Прим.: * - цена реализации зерна 8000 руб./т;

** - затраты рассчитаны по технологическим картам.

на 25 и 50 % приводило к уменьшению стоимости зерна соответственно на 4960 и 8880 руб./га.

Затраты на возделывание проса были рассчитаны по технологическим картам возделывания культуры, которые приведены в приложениях 7-14. Минимальные общие затраты, равные 6361 руб./га, обнаружились при возделывании проса без внесения каких-либо удобрений. Использование биологических удобрений, в зависимости от вида и сочетания друг с другом, увеличило общие затраты на возделывание проса на 823-1811 руб./га, то есть относительно незначительно.

Затраты на возделывание проса резко возросли при применении минеральных удобрений. В зависимости от норм внесения, рост общих затрат, связанных с применением минеральных удобрений составил от 7169 ($N_{50\%}P_{50\%}K_{100\%}$ + «БУ-Ризо» + «БУ-Уни») до 11411 ($N_{100\%}P_{100\%}K_{100\%}$) руб./га. Несмотря на такое существенное возрастание затрат при использовании минеральных удобрений, последние, при соблюдении правильных соотношений NPK оказались наиболее экономически выгодными. Однако, нарушение соотношения расчетных норм минеральных удобрений, что происходило при сокращении азотных и фосфорных удобрений на 25 и 50 %, неизменно приводило к резкому снижению экономической эффективности. Как видно, минимальные размеры условной прибыли (2179 и 3984 руб./га) и уровни рентабельности (14 и 23 %) были получены при сокращении полных норм азотных и фосфорных удобрений на 25 и 50 %. Максимальная условная прибыль - 7668 руб./га, что на 2269 руб./га больше контрольного уровня, была получена при внесении полных норм всех трех питательных элементов ($N_{100\%}P_{100\%}K_{100\%}$) без использования биологических удобрений.

Судя по размерам условной прибыли, хорошую рентабельность проявили биологические удобрения. Из двух испытанных биологических препаратов лучший результат дал Ризоагрин, при селективном внесении которого была получена, по отношению к контролю, 937 руб./га условной

прибыли. Использование Унифоса, как селективно, так и совместно с Ризоагрином, оказалось менее эффективным, о чем свидетельствуют размеры дополнительной условной прибыли (189 и 263 руб./га). Таким образом, возделывание проса в условиях 2020 года оказалось экономически выгодным, как с использованием минеральных и биологических удобрений, так и без их использования. Однако получение наибольшей условной прибыли обеспечило внесение полных норм азота, фосфора и калия без дополнения их биологическими удобрениями.

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Двухгодичные исследования эффективности селективного и совместного применения минеральных и биологических удобрений на посевах двух культур – ярового рапс и проса позволяют сделать следующие основные выводы:

1. В условиях серой лесной почвы, характеризующей низким содержанием гумуса, повышенным содержанием подвижных форм фосфора и калия, более заметное увеличение урожайности ярового рапс и проса обеспечил Ризоагрин (15-17 %), нежели Унифос (11-13 %).

2. Совместная инокуляция почвы Ризоагрином и Унифосом позволила увеличить урожайность маслосемян ярового рапса и зерна проса соответственно на 20 и 17 %, то есть первая культура была более отзывчивой на испытанные биоудобрения.

3. Максимальные урожаи обеих сельскохозяйственных культур были получены при комплексном применении полных норм минеральных удобрений и двух биологических удобрений.

4. Установлена тесная положительная корреляция урожайности испытанных культур от норм внесения минеральных удобрений ($R^2=0,789 \div 0,968$). Прибавки урожая основной продукции ярового рапса и проса от полных норм минеральных удобрений оказались больше прибавок от биологических удобрений почти в 7 раза.

5. Резкое увеличение (2,3-2,6 кратное) хозяйственного выноса азота, фосфора и калия просом под влиянием минеральных удобрений в основном происходило за счет роста урожайности и, в меньшей степени, благодаря повышению концентрации указанных элементов в урожае.

6. Усредненные нормативные выносы растениями проса по всем вариантам опыта составили: азота - 25,9; фосфора – 11,4 и калия – 33,4 кг/т, которые достаточно близки к зональным значениям по фосфору (12), калию (34), и меньше по азоту (33).

7.Сокращение полных норм азотного и фосфорного минерального удобрения на 25 и 50 % привело к резкому снижению коэффициентов использования удобрений, особенно калия.

8.Возделывание проса в условиях 2020 года оказалось экономически выгодным, как с использованием минеральных, так и биологических удобрений. Однако получение наибольшей условной прибыли обеспечило внесение полных норм минеральных удобрений без дополнения их биологическими удобрениями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферов, А.А. Оценка эффективности действия азотного удобрения при использовании Ризоагрина на яровой пшенице /А.А. Алферов, Л.С. Чернова, Н.Я. Шмырева, А.А. Завалин // Плодородие. – 2016. - № 6 (93). – С. 4-7.
2. Амиров, А.Ф. Оценка влияния биологических препаратов и минеральных удобрений на продуктивность яровой твердой пшеницы / М.Ф. Амиров, А.М. Амиров // Вестник Казанского государственного аграрного университета. -2015. - № 4. – С. 98-102.
3. Базилинская, М.В. Биоудобрения / М.В. Базилинская. - М.: Агропромиздат, 1989. - 128 с.
4. Бердников, В. В. Влияние удобрений и биопрепаратов на продуктивность яровой пшеницы в условиях Республики Марий Эл: Автореферат дис. канд. с/х наук. - Саранск, 2002. -16 с.
5. Бунтукова, Е.К. Микроорганизмы в растениеводстве и биотехнологии / Е.К. Бунтукова, В.М. Пахомова. - Казань: Изд-во КГСХА, 2006. - 97 с.
6. ВАРЯГ - сорт растения Просо посевное [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dacha-dacha.ru/sorta/proso-posevnoe/varyag>. (Дата обращения 15.02.2020).
7. Валиуллин, И.Т. Зависимость величины и химического состава урожая ярового ячменя от совместного применения макроудобрений и биопрепарата ризоагрин / И.Т. Валиуллин, М.Ю. Гилязов // Агрохимический вестник, 2010, № 4. - С. 28-29.
8. Власов, В.Г. Влияние минеральных удобрений и биопрепарата на урожайность и качество зерна перспективных сортов пшеницы мягкой яровой Ульяновская 101 и Ульяновская 105/ В.Г. Власова, Л.Г. Захарова, В.Г. Захаров // Агромир Поволжья. – 2016. - № 1 (21). – С. 53-57.
9. Волков, Е.Г. Влияние биопрепаратов и азотного удобрения на урожайность и качество зерна озимой ржи и ячменя на дерново-

- слабоподзолистой среднесуглинистой почве: Автореферат дис. канд. с.-х. наук. – М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2003. – 17 с.
10. Гилязов, М.Ю. Методические указания к выполнению лабораторно-практических занятий по агрохимии для студентов агрономического факультета / М.Ю. Гилязов, А.С. Билалова. - Казань: Изд-во КГСХА, 1996. - 107 с.
 11. Гилязов, М.Ю. Агрономическая химия: Методические указания / М.Ю. Гилязов. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2011. - 96 с.
 12. Гужвин, С.А. Продуктивность посевов озимой пшеницы при применении биопрепаратов / С.А. Гужвин, В.Д. Кумачева // Инновации в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. – М., 2017. – С. 25-27.
 13. Давлятшин, И.Д. Справочник агрохимика Республики Татарстан / И.Д. Давлятшин, М.Ю. Гилязов, А.А. Лукманов и др. - Казань: ИД МеДДоК, 2013. – 300 с.
 14. Дегтярева, И.А. Предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур диазотрофными и фосфатмобилизующими микроорганизмами / И.А. Дегтярева, А.Х. Яппаров, Д.С. Дмитричева, С.К. Зарипова // Вестник Казан. технолог. ун-та. – Казань, 2012. – Т.15, № 7. – С.133-137.
 15. Доспехов, Б.А. Методика опытного дела. 5-е изд., перераб. и доп. / Б.А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
 16. Ефимов, В. Н. Система удобрения. Под. ред. В.Н. Ефимова / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко. - М: КолосС, 2002. - 320 с.
 17. Завалин, А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А.А. Завалин. - М.: ВНИИА, 2005. - 302 с.
 18. Завалин, А.А. Влияние азотного удобрения и биопрепаратов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на дерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почве / А.А. Завалин, Н.С. Алметов, П.Н. Семенов, Т.М. Духанина // Агрохимия, 2006, № 6. - С. 33-39.

- 19.Завалин, А.А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур / А.А. Завалин // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - № 8. - С. 9 - 11.
- 20.Завалин, А.А. Влияние азотных удобрений и Ризоагрина на урожайность яровой пшеницы на дерново-подзолистых почвах /А.А. Завалин, А.А. Алферов //Агрохимический вестник. – 2016. –Т.1. -№ 1-1. – С. 39-42.
- 21.Завалин, А.А. Использование яровой пшеницей азота почвы при внесении биомодифицированных аммиачной селитры и мочевины (исследования с ^{15}N) / А.А. Завалин, Л.С. Чернова, С.Н. Сапожников, В.А. Литвинский // Плодородие. - № 3. – 2019. – С.14-16.
- 22.Захарова, Н. Г. Создание биопрепаратов, перспективных для сельского хозяйства / Н.Г. Захарова, З.Ю. Сираева, И.П. Демидова, С.Ю. Егоров //Ученые записки Казанского государственного университета. - Том 148, кн. 2. Естественные науки, 2006. – С.102-111.
- 23.Кидин, В.В. Система удобрения. Учебник для бакалавров, обучающихся по направлению 110100 «Агрохимия и агропочвоведение» /В.В. Кидин. - М.: Изд-во РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. - 534 с.
- 24.Кидин, В.В. Агрохимия / В.В. Кидин, С.П. Торшин // Агрохимия. - М.: Проспект, 2016. – 608 с.
- 25.Кожемяков, А.П. Использование инокулянтов бобовых и биопрепаратов комплексного действия в сельском хозяйстве / А. П. Кожемяков, И.А. Тихонович. - Докл. РАСХН, – 1998. - № 6. – С. 7-10.
- 26.Кожемяков, А.П. Перспективы применения биопрепаратов азотфиксирующих микроорганизмов в сельском хозяйстве / А.П. Кожемяков, А.В. Хотянович // Бюллетень ВИУА. - М.: 1997.- №110 - С. 4-5.
- 27.Кожемяков, А.П. Перспективы применения биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов в сельском хозяйстве / А.П. Кожемяков, А.В. Хотянович // Микробиология. - 2006. - № 10. - С. 4.

28. Коломейченко, В.В. Растениеводство. Учебник / В. В. Коломейченко. — М.: Агробизнесцентр, 2007. — 600 с.
29. Кореньков, Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений / Д.А. Кореньков. - М.: РАСХН, 1999. - 296 с.
30. Кривова, О.И. Влияние биопрепаратов на основе diaзотрофов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / О.И. Кривова, А.И. Кривова, В.С. Смывалов // Нетрадиционные источники и приемы организации питания растений: Материалы международной научно-практической конференции. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2011. – С. 184-186.
31. Куликова, А.Х. Влияние минеральных удобрений, биологических препаратов Байкал ЭМ-1 и Ризоагрин на свойства почвы и урожайность ячменя / А.Х. Куликова, С.А. Никифорова, В.С. Смывалов // Агрохимия. – 2013. - № 5. – С. 31-39.
32. Медведев, В.В. Биохимический состав сухого вещества надземной массы и семян рапса / В.В. Медведев, Е.И. Хакимов, И.Ш. Фатыхов, Э.Ф. Вафина // Вестник Казанского государственного аграрного университета. -2020. -№ 2 (58). – С.29-34.
33. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 1990. –486 с.
34. Минеев, В.Г. Состояние и перспективы применения минеральных удобрений в мировом и отечественном земледелии / В.Г. Минеев, Л.А. Бычкова // Агрохимия. – 2003. – № 8. – С. 5–12.
35. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.
36. Минеев, В.Г. Состояние и перспективы применения минеральных удобрений в мировом и отечественном земледелии / В.Г. Минеев, Л.А. Бычкова // Агрохимия. – 2003. – № 8. – С. 5–12.
37. Муромцев Г.С. Микробиология в сельском хозяйстве / Г.С. Муромцев. – М.: Знание, 1975. – 64 с.

38. Низамов Р.М., Габассов И.И. Влияние удобрений марки Изагри на ростовые процессы и продуктивность ярового рапса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-udobreniy-marki-izagri-na-rostovye-protsessy-i-produktivnost-yarovogo-rapsa/viewer>. (Дата обращения 20.05.2020).
39. Никитин, С.Н. Влияние средств химизации и биологизации на урожайность озимой пшеницы / С.Н. Никитин // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2014. - № 1. – С. 24-29.
40. Новицкий И. Рапс. Виды и технология возделывания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://сельхозпортал.рф/articles/raps-vidy-i-tehnologiya-vozdelyvaniya/>. (Дата обращения 20.05.2020).
41. Ониани, О.Г. Агрохимия калия / О.Г. Ониани. – М.: Наука, 1981. – 200 с.
42. Панников, В.Д. О высокой культуре земледелия и росте урожаев / В.Д. Панников. – М.: Россельхозакадемия, 2003. – 372 с.
43. Посевные площади проса в России. Итоги 2019 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-prosa-v-rossii-itogi-2019-goda>. (Дата обращения 12.06.2020).
44. Посыпанов, Г.С. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Г.В. Коренев и др.; под ред. Г.С. Посыпанова. – М.: Колос, 1997. – 448 с.
45. Прокошев, В.В. Калийные удобрения: значение, производство, применение, экология / В.В. Прокошев, И.М. Богдевич. – Международный институт калия, 1994. – 68 с.
46. Прянишников, Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников. – М.: Колос, 1965. т. 3. – 448 с.
47. Савельев, В.А. Растениеводство: учеб. Пособие / В.А. Савельев. – СПб.: Лань, 2016. – 316 с.
48. Сафиоллин, Ф.Н. Рапс в лесостепи Поволжья / Ф.Н. Сафиоллин. – Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та, 2008. – 408 с.
49. Сейтуарова, А.Д. Оценка действия биопрепарата Ризоагрин на рост, развитие и урожайность яровой мягкой пшеницы в агроэкологических

- условиях Южной лесостепи Западной Сибири / А.Д. Сейтуарова, Н.А. Поползухина // Биотехнология: Состояние и перспективы развития. – Новосибирск, 2017. – С. 123-125.
- 50.Сюбаева, А.О. Эффективность биологического удобрения «Азобактерин-АФ» на столовой свекле / А.О. Сюбаева, В.И. Титова // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. - № 1. – С.36-38.
- 51.Тихонович, И.А. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений / И.А. Тихонович, А.А. Завалин, Г.Г. Благовещенская, А.П. Кожемяков // Плодородие. – 2011. – № 3 (60). – С. 9-13.
- 52.Тихонович, И.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации в РФ / И.А. Тихонович, А.А. Завалин // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 28-32.
- 53.Христенко, А.А. Проблема изучения фосфатного состояния почв /А.А. Христенко // Агрохимия. – 2001. – № 6. – С. 89–95.
- 54.Цыбулько, Н.Н. Воспроизводство плодородия почв и охрана в условиях современного земледелия / Н.Н. Цыбулько // 5 съезд Бел. общества почвоведов и агрохимиков. 2015. - С.78.
- 55.Шаркова, С.Ю. Экологические приемы регулирования несимбиотической азотфиксации яровой пшеницы / С.Ю. Шаркова // Роль почвы в сохранении устойчивости ландшафтов и ресурсосберегающее земледелие. - Пенза: РИО ПГСХА, 2005. - С. 346-347.
- 56.Чеботарь, В.К. Применение биомодифицированных минеральных удобрений / В.К. Чеботарь, А.А. Завалин, А.Г. Ариткин. – М.: ВНИИА; Ульяновск: УлГУ, 2014. – 142 с.
- 57.Чумаченко, И.Н. Агрохимия фосфора и нетрадиционного минерального сырья / И.Н. Чумаченко, Б.А. Сушеница, Ш.А. Алиев. – М., 2001. – 292 с.

- 58.Юркин, С.Н. Повышение коэффициента использования удобрений / С.Н. Юркин, З.К. Благовещенская, Е.А. Пименов. - М.: ВНИИТЭИСХ, 1976. – 82 с.
- 59.Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин и др. / Под редакцией Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1989.– 639 с.
- 60.Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. - М.: Мир, 2003. – 584 с.
- 61.Ягодин, Б.А. Агрохимия [Электронный ресурс]: учебник / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 584 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87600>. — Загл. с экрана. (ЭБС «Лань»).
- 62.Якименко, А.Ф. Просо / А.Ф. Якименко. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 146 с.
- 63.Hansen A.P. Symbiotic N₂ fixation of crop legumes: achievements and perspectives [Ed.: Center for Agricultural in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim. Managing ed.: Dietrich E. Leihner]. – Weikersheim: Margraf, 1994. – 248 p.
- 64.Manoharachary C. Rhizosphere – the hidden ecological niche and hot spot / C. Manoharachary, I.K. Kunwar, K. Babu. – Sharath. Proc. Nat. Acad. Sci., India. B. – 2006. – 76. №4. – С. 321–342.
- 65.Newton W.E. Nitrogen fixation: some perspectives and prospects / W.E. Newton// Proc. 1 st European nitrogen fixation conference. – Szeged, 1994. – P. 1–6.
- 66.Provorov, N.A. Developmental genetics and evolution of symbiotic structures in nitrogen-fixing nodules and arbuscular mycorrhiza / N.A. Provorov, A.Y. Borisov, I.A. Tikhonovich // Journal of Theoretical Biology. – 2002. – V. 214. – P. 215–232.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Описание сорта ярового рапса «ЮМАРТ»

Сорт создан совместно ГНУ Всероссийским научно-исследовательским институтом рапса и ГНУ Татарским НИИСХ. Для Волго-Вятского и Средневолжского регионов России получен сорт, сочетающий в себе высокую продуктивность с высоким качеством семян и устойчивостью к болезням. С 2012 года включен в Госреестр охраняемых сортов (Патент №6454 РФ), допущенных к использованию в производстве.

Родословная сорта: создан методом гибридизации сортов Лира x Ural.

Биологические особенности. Сорт среднеспелый, вегетационный период в среднем 89 дней. Устойчив к полеганию и осыпанию семян на корню. Характеризуется высокой степенью адаптации к агроклиматическим условиям Волго-Вятского и Средневолжского регионов РФ.

Восприимчивость к альтернариозу и пероноспорозу средняя - на уровне стандарта (сорт Ратник). Устойчив к фузариозу. В сильной степени повреждался крестоцветными блошками и в средней степени - рапсовым цветоедом.

Основные достоинства. Урожайный, с высоким качеством масла и семян, технологичный сорт. Пригоден к механизированной уборке. Рекомендуются для возделывания на семена.

Сорт при испытании в Татарском НИИСХ (КСИ 2007-2009 гг.) имел урожай семян 2,19 т/га и превышал стандарт (сорт Ратник) в среднем на 0,26 т/га или на 13,0 %. Максимальная урожайность 3,11 т/га была получена в 2009 году.

Сорт «00» типа. Эруковой кислоты в масле содержится 0,02-0,10 %, глюкозинолатов в семенах 0,41-0,52 % (9,6-12,2 мкмоль/г). Содержание сырого жира в семенах составляет в среднем 42,8% (на 3,1 % выше стандарта), белка в семенах – 26,1 % (на 0,5 % выше стандарта)

Описание сорта проса «ВАРЯГ»

Родословная: отбор из гибридной популяции, полученной с участием сортов Крупноскорое, Камское, Казанское 430. Включён в Госреестр по Центральному (3) и Волго-Вятскому (4) регионам. Рекомендован для возделывания в Рязанской области и Удмуртской Республике.

Разновидность субфлявум. Время вымётывания очень раннее - раннее. Антоциановая окраска колосковой чешуи средней интенсивности. Метёлка средней длины, развесистая, главная ось прямая, веточки раскинуты в нижней части. Зерно овальное, тёмно-жёлтое.

Урожайность. Средняя урожайность в Центральном регионе - 28,5 ц/га, в Волго-Вятском - 24,1 ц/га. Урожайность в Рязанской области - 31,2 ц/га, на уровне стандарта Квартет. В Удмуртской Республике прибавка к стандарту Удалое составила 3,3 ц/га при урожайности 29,8 ц/га. Максимальная урожайность - 38,9 ц/га, получена в 2017 г. в Чувашской Республике.

Биологические особенности. Раннеспелый, вегетационный период - 71-101 день. Высота растений средняя, 57-98 см. Устойчивость к полеганию, осыпанию и засухе выше средней - высокая, как и у стандартов. Масса 1000 зёрен высокая, 7,7-8,9 г. Технологические и кулинарные показатели отличные. Ценный по качеству. В полевых условиях поражения болезнями и повреждения вредителями не наблюдалось.

Приложение 3

Дисперсионный анализ данных по влиянию биологических и минеральных удобрений на урожайность маслосемян ярового рапса в условиях серой лесной почвы (2019 г.), т/га

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние
	I	II	III	IV		
1. Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	1,04	0,86	0,71	0,67	3,28	0,82
2. Биоудобрение Ризоагрин («Ризо»)	1,08	1,13	0,79	0,85	3,85	0,96
3. Биоудобрение Унифос («Уни»)	1,10	1,04	0,77	0,82	3,73	0,93
4. «Ризо» + «Уни»	1,15	1,05	0,86	0,87	3,93	0,98
5. N _{100%} P _{100%} K _{100%}	2,10	2,07	1,74	1,73	7,64	1,91
6. «Ризо» + «Уни» + N _{100%} P _{100%} K _{100%}	2,13	2,12	1,81	1,75	7,81	1,95
7. «Ризо» + «Уни» + N _{75%} P _{75%} K _{100%}	1,90	1,81	1,68	1,49	6,88	1,72
8. «Ризо» + «Уни» + N _{50%} P _{50%} K _{100%}	1,58	1,50	1,49	1,38	5,95	1,49
Сумма, P	12,08	11,58	9,85	9,56	43,07	1,35

N=32

C = (43,07)²: 32 = 57,969528

C_y = 64,9273 – C = 6,957772

C_v = 257,041: 4 – C = 6,290722

C_p = 468,4389: 8 – C = 0,585334

C_z = 0,081716

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F ₀₅
Общая	6,957772	31	-	-	-
Повторений	0,585334	3	-	-	-
Вариантов	6,290722	7	0,8986745	230,95	2,49
Остаток	0,081716	21	0,0038912	-	-

$$Sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0038912}{4}} = 0,0441089$$

$$HCP_{05} = 2,08 \cdot 0,0441089 = 0,0917465 \approx 0,10 \text{ (т/га)} = 10 \text{ (г/м}^2\text{)}.$$

Приложение 4

Дисперсионный анализ данных по влиянию биологических и минеральных удобрений на урожайность соломы ярового рапса в условиях серой лесной почвы (2019 г.), т/га

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние
	I	II	III	IV		
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	1,86	1,79	1,64	1,66	6,95	1,74
2.Биоудобрение Ризоагрин («Ризо»)	2,05	2,10	1,90	1,87	7,92	1,98
3.Биоудобрение Унифос («Уни»)	2,08	1,90	1,98	1,73	7,69	1,92
4.«Ризо» + «Уни»	2,10	2,07	1,86	1,90	7,93	1,98
5.N _{100%} P _{100%} K _{100%}	3,27	3,20	2,93	3,11	12,51	3,13
6.«Ризо» + «Уни» + N _{100%} P _{100%} K _{100%}	3,45	3,53	3,22	3,09	13,29	3,32
7.«Ризо» + «Уни» + N _{75%} P _{75%} K _{100%}	2,86	3,05	3,12	2,73	11,76	2,94
8.«Ризо» + «Уни» + N _{50%} P _{50%} K _{100%}	2,85	2,53	2,71	2,44	10,53	2,63
Сумма, Р	20,52	20,17	19,36	18,53	78,58	2,46

N=32

C = (78,58)²: 32 = 192,96301

Cy = 204,4028 – C = 11,43979

Cv = 815,353: 4 – C = 10,87524

Cr = 1546,07: 8 – C = 0,29574

Cz = 0,26881

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F ₀₅
Общая	6,957772	31	-	-	-
Повторений	0,29574	3	-	-	-
Вариантов	6,290722	7	0,8986745	70,20	2,49
Остаток	0,26881	21	0,0128004	-	-

$$Sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,01280041}{4}} = 0,0800012$$

$$HCP_{05} = 2,08 \cdot 0,0800012 = 0,1664024 \approx 0,17 \text{ (т/га)} = 17 \text{ (г/м}^2\text{)}.$$

Приложение 5

Дисперсионный анализ данных по влиянию биологических и минеральных удобрений на урожайность зерна проса в условиях серой лесной почвы (2020 г.), т/га

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние
	I	II	III	IV		
1.Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	1,60	1,53	1,43	1,33	5,89	1,47
2.Биологическое удобрение Ризоагрин («Ризо»)	1,85	1,81	1,58	1,52	6,76	1,69
3.Биологическое удобрение Унифос («Уни»)	1,78	1,72	1,60	1,43	6,53	1,63
4.«Ризо» + «Уни»	1,79	1,79	1,71	1,60	6,89	1,72
5.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	3,30	3,24	3,13	3,04	12,71	3,18
6.N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «Ризо» + «Уни»	3,64	3,47	3,06	3,02	13,19	3,30
7.N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «Ризо» + «Уни»	2,82	2,78	2,64	2,48	10,72	2,68
8.N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] + «Ризо» + «Уни»	2,37	2,34	2,05	2,00	8,76	2,19
Сумма, Р	19,15	18,68	17,2	16,42	71,45	2,23

$$N=32$$

$$C = (71,45)^2 : 32 = 159,53445$$

$$C_y = 175,1405 - C = 15,60605$$

$$C_v = 697,679 : 4 - C = 14,8853$$

$$C_p = 1281,121 : 8 - C = 0,60567$$

$$C_z = 0,11508$$

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F ₀₅
Общая	15,60605	31	-	-	-
Повторений	0,60567	3	-	-	-
Вариантов	14,8853	7	2,1264714	388,0	2,49
Остаток	0,11508	21	0,00548	-	-

$$S_d = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,00548}{4}} = 0,052345$$

$$HCP_{05} = 2,08 \cdot 0,052345 = 0,1088776 \approx 0,11 \text{ (т/га)} = 11 \text{ (г/м}^2\text{)}$$

Приложение 6

Дисперсионный анализ данных по влиянию биологических и минеральных удобрений на урожайность соломы проса в условиях серой лесной почвы (2020 г.), т/га

Варианты опыта	Повторения				Сумма, V	Средние
	I	II	III	IV		
1. Без биологических и минеральных удобрений (контроль)	3,20	3,04	2,98	2,87	12,09	3,02
2. Биологическое удобрение Ризоагрин («Ризо»)	3,72	3,54	3,39	3,34	13,99	3,50
3. Биологическое удобрение Унифос («Уни»)	3,49	3,56	3,27	3,05	13,37	3,34
4. «Ризо» + «Уни»	3,76	3,73	3,30	3,33	14,12	3,53
5. N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}]	7,78	7,52	7,42	7,29	30,01	7,50
6. N96P54K118 [N _{100%} P _{100%} K _{100%}] + «Ризо» + «Уни»	8,02	7,77	7,36	7,33	30,48	7,62
7. N72P41K118 [N _{75%} P _{75%} K _{100%}] + «Ризо» + «Уни»	5,93	6,20	5,99	6,01	24,13	6,03
8. N48P27K118 [N _{50%} P _{50%} K _{100%}] + «Ризо» + «Уни»	5,00	4,96	4,68	4,44	19,08	4,77
Сумма, Р	40,9	40,32	38,39	37,66	157,27	4,91

N=32

$C = (157,27)^2 : 32 = 772,93287$

$C_y = 875,1889 - C = 102,25603$

$C_v = 3495,95 : 4 - C = 101,05463$

$C_p = 6190,58 : 8 - C = 0,88963$

$C_z = 0,31177$

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F ₀₅
Общая	102,25603	31	-	-	-
Повторений	0,88963	3	-	-	-
Вариантов	101,05463	7	14,436375	972,4	2,49
Остаток	0,31177	21	0,0148461	-	-

$$S_d = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0148461}{4}} = 0,0861568$$

г/м²

$$HCP_{05} = 2,08 \cdot 0,0861568 = 0,1792061 \approx 0,18 \text{ (т/га)} = 18 \text{ (г/м}^2\text{)}$$

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

[illegible]

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

[illegible]

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

[illegible]

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

культура		яровой рапс		ц/га		валовой сбор ц		урожайность		Яровой рапс 2019 г.		№ 50P0.50K1.00P-Рисовая грин-Унифос		Стоимость ГСМ, руб.		39,5																
сорт		Юмарт		14,90		1480		основая		Норма высева, г/га		0,015		Стоимость 1 т/км, руб.		37																
площадь, га		100		27,3		2730		побочной						Стоимость 1 кг/ч, руб.		3,75																
№п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ		Сроки проведения работ	Состав агрегата	Количество человек для выполнения нормы		Норма выработки	Количество нормосмен в работе		Затраты труда, чел. час.		Тарифная ставка за норму, руб.	вспомогательных работников		Транспортных машинистов	вспомогательных работников	Транспортных машинистов	вспомогательных работников	Тарифный фонд оплаты труда за весь объем работ, руб.	Дополнительная оплата за качество и сроки, руб.	Повышенная оплата на уборке, руб.	Горючее		Авотранспорт		Электроэнергия				
			в фазическом выражении	этапная сменная выработка			в условиях, этапных га	начало работ		рабочих дней	марка	количество	Транспортных машинистов		вспомогательных работников	Транспортных машинистов								вспомогательных работников	количество всего, руб.	количество т/км	стоимость, руб.	количество, кВт ч	стоимость, руб.			
1	Вспахка	га	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Вспахка	га	100	7,7	142,4	6	МТЗ-1221	ПН-3-35	1	1	1	9,80	10,20	71,43	183,4	1871,43	2620,00	10,30	10,30	40685												
2	Заделка влаги	га	100	7,7	17,7	2	ДТ-75	БЗТС-1	24	1	1	61,00	1,64	11,48	161,82	265,28	371,39	1,80	1,80	7110												
3	Культивация	га	100	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КТИР-3,6	1	1	1	18,00	5,56	38,89	161,82	899,00	0,00	899,00	2,50	2,50	9875											
4	Разделение почвы	га	100	7,7	21,5	2	МТЗ-82	КН-3	1	1	1	25,00	4,00	28,00	161,82	847,28	0,00	847,28	2,50	2,50	9875											
5	Полноразный мин. удобрений	т	80,9	4,9	0,5	1	МТЗ-82	ПЗ-0,8	1	1	1	151,00	0,54	3,75	95,12	50,96	71,35	0,30	0,24	980,665												
6	Полноразный мин. удобрений	т	80,9	3,7	1,5	1	КАМАЗ																									
7	Разбрасывание	га	100	7,7	22,3	2	МТЗ-1221	Амалзон	1	1	1	56,00	1,79	12,50	0,00	183,4	93,22	327,50	0,00	327,50	468,50	3,60	3,60	14220								
8	Инструментальная сеян	т	1,5	4,9	0,5	1	эпдв.	ПЗ-10А	1	1	1	67,60	0,02	0,16	0,16	95,12	62,26	2,11	1,38	3,49	4,89	0,30	0,00	17,775				9,1	34,125			
9	Полноразный сеян	т	1,5	3,7	2,6	1	КАМАЗ	ПЗ-0,8	1	1	1	151,00	0,01	0,07	95,12	0,94	0,94	1,32	0,30	0,00	7,775			0	7,5	277,50						
10	Посев	га	100	7,7	27	2	СЗП-3,6	2	1	2	20,00	5,00	35,00	70,00	183,4	93,22	917,00	932,20	1849,20	2588,88	5,70	5,70	22515									
12	Принятие	га	100	7,7	18,5	1	МТЗ-82	ЗКШ-6	1	1	1	67,00	1,49	10,45	142,68	212,96	298,14	1,50	1,50	5925												
13	Подвоз воды	т	21	3,7	1,1	1	МТЗ-82	СТК-5	1	1	1	31,70	0,66	4,64	95,12	63,01	88,22	1,20	0,25	995,4												
14	Опрыскивание	га	100	4,9	5,4	1	МТЗ-82	ОП-2000	1	1	1	54,00	1,85	12,96	122,26	226,41	316,97	0,86	0,86	3397												
15	Прямое комбинирование	га	100			3	ДОН	1500	1	1	1	12,00	8,33	58,33	143,5	1195,83	925,67	2121,50	2970,10	12,30	12,30	48585										
16	Транспортировка зерна на ток	т	149,0				КАМАЗ																0	745	27565,00							
17	Очистка транспортировка зерна	т	149,0				эпдв.	ОБС-25	1	3	40,00	3,73		78,23		69,74						779,34	779,34	1091,08					43,21	162,0375		
18	на склад	т	137,1				КАМАЗ																0		685,4							
Всего		руб.												44,82	287,65	206,71		6679,71	2638,59	9318,31	13045,63	х	41,56	164158,84	1842,40	68168,80	52,31	196,16		0,00		
			</																													

