



**Хуснидинов Ш.К., Замашиков Р.В., Дмитриев Н.Н., Анатолян А.А.,
Иванова Е.И., Дмитриев Н.Н., Тириков А.В., Шурко Д.А.**

ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Молодежный 2021

УДК 633.39:582.522.68(571.53)

ББК 42.22

Печатается по решению научно-методического совета ФГБОУ ВО «Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского» (протокол № 2 от 6 ноября 2020 г.).

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор Солодун В.И.;

кандидат биологических наук, профессор, начальник инспектуры по сортоиспытанию и охране селекционных достижений Крутиков Г.А.

Хуснидинов Ш.К., Замашиков Р.В., Дмитриев Н.Н., Иванова Е.И., Анатолян А.А., Дмитриев Н.Н., Тириков А.В., Шурко Д.А. Фитомелиорация почв в органическом земледелии Предбайлья: научно-практические рекомендации. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2021. – 51 с.

В научно-практических рекомендациях излагаются теоретические основы и практические приемы технологии возделывания интродуцируемых растений (свербиги восточной, горца растопыренного, козлятника восточного) на кормовые, сидеральные и фитомелиоративные цели.

Рекомендуется для руководителей и специалистов сельского хозяйства, преподавателей, студентов и аспирантов сельскохозяйственных учебных заведений, слушателей факультета повышения квалификации

© Хуснидинов Ш.К., Замашиков Р.В., Дмитриев Н.Н., Иванова Е.И., Анатолян А.А., Дмитриев Н.Н., Тириков А.В., Шурко Д.А., 2021.

© ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», 2021.

© ФГБНУ Иркутский НИИСХ, 2021.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Особенности использования малораспространенных растений на сидеральные и фитомелиоративные цели.....	5
1.1 Значение и классификация органического вещества почв	5
1.2 Функции лабильного органического вещества.....	6
1.3 Оценка содержания органического вещества в почвах региона.....	8
2. Технологические особенности использования малораспространенных растений на сидеральные и фитомелиоративные цели.....	11
3. Влияние фитомелиоративных растений на элементы плодородия и продуктивность серых лесных почв.....	19
3.1 Накопление свежего органического вещества в корневых и поукосных остатках многолетних растений.....	19
3.2 Изменение содержания гумуса в серой лесной почве под влиянием фитомелиоративных растений.....	22
3.3 Обогащение пахотного слоя почв элементами минерального питания.....	24
3.4 Накопление симбиотрофного азота многолетними бобовыми растениями.....	26
3.5 Влияние фитомелиоративных растений на кислотность почвы.....	29
3.6 Влияние фитомелиоративных растений на структурное состояние почвы.....	32
3.7 Продуктивность звеньев полевых севооборотов с участием фитомелиоративных растений.....	35
3.7.1 Продуктивность фитомелиоративных растений.....	36
3.7.2 Урожайность зерна пшеницы.....	36
3.7.3 Продуктивность звеньев севооборотов.....	37
3.8 Оценка качества зерна.....	38
4. Экономическая эффективность фитомелиорации.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	44
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	46

ВВЕДЕНИЕ

Сельскому хозяйству региона в последние годы удалось решить ряд важных проблем, касающихся увеличения производства зерна, картофеля, овощей, кормов.

Это явилось следствием материально-финансовых вложений в развитие сельского хозяйства – с одной стороны, а с другой – совершенствованием системы земледелия, освоением интенсивной плодосменной и зернопаровой систем земледелия.

Однако в системе земледелия региона еще очень много нерешенных вопросов. Одной из причин низкой урожайности сельскохозяйственных культур является снижение удельного веса многолетних бобовых трав, выполняющих в севооборотах роль опорных и средообразующих растений. Имеет место монокультура зерновых и мятликовых растений, используемых в кормопроизводстве. Ограниченный видовой состав возделываемых культур приводит к освоению «больных» севооборотов, снижению их устойчивости, продуктивности и плодородия почв.

Исходные условия модели устойчивого развития сельского хозяйства, поддерживаемые в России на государственном уровне – это его биологизация и экологизация, т.е. ведение отрасли в соответствии с требованиями законов экологии. До этого земледельческая наука руководствовалась законами, ориентированными на обеспечение продукционного процесса, не соотносясь в должной мере с такими общеэкологическими законами, как закон единства организма и среды, закон возврата, правила адаптации, закон ограниченности (исчерпаемости) природных ресурсов, экологичности, охраны природной среды, «мягкого» управления природой, биоразнообразия, монокультуры, дифференциации, принцип экологической рабочей надежности, истощение природно-ресурсного потенциала и др.

Одним из важнейших направлений биологизации и экологизации земледелия региона является интродукция новых растений (свербиги восточной, горца растопыренного, козлятника восточного), обладающих сверхвысокой биологической продуктивностью, положительным биогеоценотическим влиянием на уровень плодородия почв.

Эти виды растений в настоящее время рассматриваются как важнейший резерв развития кормопроизводства региона, использования их высокого эколого-биологического потенциала в качестве сидеральных и фитомелиоративных растений.

1. Особенности использования малораспространенных растений на сидеральные и фитомелиоративные цели

1.1 Значение и классификация органического вещества почв

Органическому веществу почвы всегда отводилось центральное место в решении проблемы повышения продуктивности земледелия. И это не случайно, поскольку широкий спектр режимов и свойств почвы прямо или косвенно определяется его состоянием.

Общепризнана роль органического вещества в формировании почвенного плодородия, снабжении энергетическим материалом микробиоты, снижении токсических последствий химического загрязнения почв, повышении устойчивости земледелия при неблагоприятных погодных условиях. Качественная сторона этой проблемы в общих чертах хорошо известна. Что же касается количественных оценок, то здесь картина менее ясная. Необходимо признать, что широко используемая система показателей гумусового состояния почв (Орлов Д.С., Гришина Л.А., 1981) хотя и дает возможность всесторонне охарактеризовать особенности их органической части в генетическом аспекте, однако не позволяет идентифицировать агрономическую ценность её различных компонентов. Поэтому, как считает ряд исследователей (Кирюшин В.И., 1996, Орлов Д.С., 1980, Тейт Р.Л., 1991), наиболее целесообразным подходом к решению этой проблемы будет разделение всех органических соединений почвы на 2 большие группы: группу консервативных, устойчивых веществ и группу лабильных соединений.

Первая группа объединяет органические вещества, характеризующие типовые признаки почв. Они формируются в течение длительного времени и сохраняются в вековых циклах, с их содержанием и составом связаны многие фундаментальные свойства почвы. Все эти вещества участвуют в питании растений в незначительной степени, но создают для этого благоприятную среду. Количественная оценка вклада консервативных гумусовых веществ в формирование уровня почвенного плодородия весьма проблематична и не всегда однозначна.

Вещества, относимые ко второй группе, принимают непосредственное участие в питании растений, формируют водопрочную структуру, служат энергетическим материалом для микроорганизмов и выполняют защитную функцию в отношении консервативного органического вещества. Их роль в агрономическом отношении проявляется более отчетливо. В частности, дефицит лабильных форм органического вещества определяет состояние так называемой «выпаханности» почв, т.е. ухудшение их питательного режима и структурного состояния (Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др., 1993).

К настоящему времени накоплен довольно большой фактический материал, разносторонне характеризующий консервативную часть органического вещества почвы.

К лабильным веществам относят неспецифические соединения, такие как полипептиды, некоторые углеводы, простые кислоты, липиды, хлорофилл и различные пигменты (Орлов Д.С., 1980). Кроме этого, наряду с неспецифическими

соединениями в состав лабильного органического вещества включаются новообразованные гумусовые вещества, а также гуминовые и фульвокислоты, непрочно связанные с минеральной частью почвы (Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., 1993, Когут Б.М., Булкина Л.Ю., 1987, Мамонтов В.Г., Донюшкина Е.В., Кончиц В.А., 1990). Для этой группы веществ используют термины «подвижный гумус», «лабильный гумус», «подвижное органическое вещество» и другие наименования.

Лабильное органическое вещество состоит из органических остатков растительного и животного происхождения, детрита и органических удобрений. Эту совокупность веществ называют также «легкоразлагаемое органическое вещество» и «легкогидролизуемое органическое вещество».

Лабильное органическое вещество представляет собой наиболее изменчивую и динамичную часть органического вещества почвы, формирующуюся под воздействием природных и антропогенных факторов.

Влияние природных факторов проявляется через свойства почвы, особенности тепло- и влагообеспеченности, что в совокупности определяет условия развития и функционирования живых организмов, являющихся прямым источником лабильного органического вещества почвы. Роль антропогенного фактора проявляется через характер использования пахотных угодий (виды и дозы удобрений, севооборот, обработка, мелиорация и т.д.). Очевидно, что наименее благоприятные условия для накопления лабильного органического вещества в почве создаются при экстенсивном использовании пашни.

1.2 Функции лабильного органического вещества

Продукционная. Реализуется эта функция в первую очередь благодаря тому, что лабильное органическое вещество (главным образом его легкоразлагаемые формы) является во многом легкодоступным и сбалансированным источником макро- и микроэлементов для сельскохозяйственных культур и микроорганизмов. Одновременно ЛАБОВ играет немаловажную роль в мобилизации многих биофильных элементов из трудно растворимых соединений почвы. В этом отношении его влияние может быть прямым или опосредствованным.

В первом случае благодаря комплексообразующей и растворяющей способности многих органических соединений, входящих в состав ЛАБОВ, происходит извлечение биофильных элементов из трудно растворимых форм с образованием органоминеральных соединений. Эти соединения либо непосредственно используются растениями и биотой или же высвобождают удерживаемые элементы после минерализации. В другом случае роль ЛАБОВ заключается в активизации почвенной микрофлоры, которая осуществляет микробиологическую трансформацию инертных форм биофильных элементов в доступные.

Говоря о продукционной функции ЛАБОВ, необходимо отметить, что это не только важнейший источник элементов минерального питания расте-

ний. При его минерализации в приземный слой воздуха усиливается поступление CO_2 , необходимого для фотосинтеза. С точки зрения биопродуктивности агроценозов это имеет существенное значение, поскольку при оптимизации почвенных условий именно за счет дополнительного CO_2 из почвы может заметно возрасти урожайность сельскохозяйственных культур.

Таким образом, продукционная функция ЛАБОВ заключается в его способности оказывать как косвенное, так и прямое влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур. Поэтому не случайно во многих работах отмечается наличие высокой корреляционной зависимости между содержанием в почве ЛОВ или ПОВ и урожаем, причем эта зависимость более тесная, нежели между урожайностью и содержанием общего гумуса.

Агрофизическая. Эта функция обусловлена влиянием лабильного органического вещества на ряд параметров, характеризующих физическое состояние почвы. Многие компоненты ЛАБОВ являются довольно эффективными структурообразователями, благодаря чему играют важную роль в образовании агрономически ценных водопрочных агрегатов. Кроме того, накопление в почве растительных остатков и детрита сопровождается ее разрыхлением и увеличением влагоемкости. Все это в совокупности благоприятным образом отражается на водно-воздушном режиме почвы, а кроме того облегчает её механическую обработку и ограничивает возможности для проявления водной эрозии.

Биоэкологическая. Для почвенной биоты лабильное органическое вещество является главным источником энергии и питательных веществ, причем утилизация многих его компонентов протекает с минимальными энергетическими затратами. Помимо этого ЛАБОВ в известной мере создает для почвенной биоты определенную среду обитания, оказывая регулирующее воздействие на ряд экологических факторов (влажность, температура, ОВ – условия, интенсивность газообмена и т.д.). Особенно наглядно это проявляется в естественных ценозах или при мульчировании поверхности пашни. В большинстве пахотных почв в этом плане имеет место отчетливо выраженная микроразнообразие – более благоприятные условия для функционирования почвенной биоты будут приурочены к очагам, обогащенным органическими остатками.

Поэтому вполне закономерно существование тесной зависимости между биологической активностью почвы и содержанием в ней ЛАБОВ. При обеднении почвы лабильным органическим веществом и нивелировании его качественного состава снижается напряженность биологических процессов, уменьшается видовое разнообразие почвенной биоты и возникают экологические ниши, заполняющиеся патогенными организмами. Это негативным образом влияет на продуктивность агроценозов.

Защитная. С содержанием и качественным составом ЛАБОВ связана интенсивность минерализации консервативной части органического вещества. При недостатке ЛАБОВ, что типично для экстенсивного земледелия, деградации подвергаются более устойчивые компоненты органической части почвы. Вследствие этого развивается биодегумификация, сопровождаемая широким спектром негативных явлений (снижение емкости обмена и буфер-

ное, обесструктуривание, переуплотнение и т.д.). Кроме того, различные компоненты лабильного органического вещества инактивируют разнообразные токсиканты неорганической и органической природы. За счет сорбции и связывания в комплексные соединения алюминия, марганца, тяжелых металлов, пестицидов и других веществ ЛАБОВ препятствует накоплению их в почвенном растворе в избыточных количествах. В итоге предотвращается или ослабляется негативное влияние токсикантов на сельскохозяйственные культуры и почвенную биоту.

Физиологическая. Эта функция лабильного органического вещества изучена менее всего, как впрочем, и органического вещества в целом. Её, по-видимому, следует рассматривать с двух позиций.

С одной стороны, можно предполагать о наличии в составе ЛАБОВ физиологически активных веществ, обладающих по отношению к растениям и полезным микроорганизмам, стимулирующим началом, активизирующим их развитие. Не исключено, что в нем также содержится и вещества, подавляющие развитие патогенной микрофлоры.

С другой стороны, при определенных условиях в составе ЛАБОВ могут накапливаться в заметных количествах не стимуляторы роста, а фитотоксичные вещества (колины), являющиеся одним из факторов почвоутомления. Наиболее благоприятные условия для накопления колинов будут складываться при монокультуре или же при возделывании сходных по биологическим особенностям культур. Поэтому не исключено, что препараты ЛАБОВ могут быть использованы при проведении тестовых испытаний для установления степени токсичности почвы.

1.3 Оценка содержания органического вещества в почвах региона

Оптимальный уровень плодородия той или иной почвы определяется сочетанием её основных свойств и показателей, при котором могут быть наиболее полно использованы все жизненно важные для растений факторы и реализованы возможности выращиваемых сельскохозяйственных культур.

В формировании почвенного плодородия большое значение имеет органическое вещество, поступающее в почву в результате жизнедеятельности растений.

Как уже указывалось, роль гумуса в почвенном плодородии велика и многогранна:

Гуминовые вещества содержат азот и зольные элементы (Са, Р, К, S и др.), имеющие важное значение в питании растений. Гумусовые вещества обладают большой поглотительной способностью по отношению к катионам. При этом гуминовые кислоты, образуя с кальцием, магнием и полуторными окислами неподвижные устойчивые соединения, предохраняют их от вымывания. Благодаря своим клеящим свойствам гумусовые вещества связывают минеральные частицы, образуя почвенные агрегаты и тем самым играют важную роль в создании почвенной структуры и связанные с ней благопри-

ятные физические свойства почвы.

Наиболее ценной частью почвенного гумуса являются гуминовые кислоты. Почвы, богатые гумусом и гуминовыми кислотами в составе гумуса (как, например – чернозёмы), обладают более высоким потенциальным плодородием по сравнению с почвами, бедными гумусом.

Валовые запасы гумуса в почвах – важнейший показатель их потенциального плодородия. Его содержание находится в тесной зависимости от растительного покрова, деятельности микроорганизмов, гидротермического режима, аэрации, физических и химических свойств почвообразующих пород, а также характера интенсивности сельскохозяйственного использования почв.

Таблица 1 – Запасы гумуса в почвах Иркутской области (М.А. Корзун, Б.В. Надеждин, В.А. Кузьмин)

Тип почвы	Содержание гумуса, %	Содержание гумуса, т/га в слое, см	
		0-20	0-100
Черноземы	6-9	190	489
Лугово-черноземные	5-9	178	405
Серые лесные почвы			
светло-серые	2-3	69	154
серые	3-5	115	255
темно серые	5-7	153	412
Дерново-карбонатные			
малогумусные	2-3	72	162
среднегумусные	3-5	126	258
высокогумусные	5-7	168	415
Дерново-позолистые	2,25	52	105

При оценке плодородия различных типов почв возникает необходимость применения сравнительной градации их по содержанию гумуса.

Анализ запасов гумуса показал, что наиболее распространённые в области серые лесные и дерново-карбонатные почвы имеют сравнительно не высокие запасы гумуса. Так, светло-серые лесные почвы в слое 0-20 см содержат только 69, а в метровом слое 154 т/га гумуса, дерново-карбонатные малогумусные соответственно 72 и 162 т/га. По общепринятой градации эти типы почв относятся к почвам с низким содержанием гумуса.

Низкое содержание гумуса имеют также дерново-подзолистые почвы.

Серые лесные и дерново-карбонатные среднегумусные почвы относятся к среднеобеспеченным, причём верхние пределы содержания гумуса лишь незначительно превышают границы низкой обеспеченности.

Тёмно-серые, дерново-карбонатные высокогумусные и чернозёмные почвы относятся к почвам с высоким содержанием гумуса.

Среди причин, вызывающих потери гумуса в почвах области главными являются: примитивность применяемой системы земледелия и севооборотов, высокая насыщенность их зерновыми, пропашными культурами, отсутствие в применяемых системах агроэкономически обоснованных и доступных для широкого внедрения мероприятий по гумусному равновесию, в первую оче-

редь, многолетних бобовых трав и сидератов.

Как же в сложившихся современных условиях устранить этот главный недостаток в земледелии области?

В первую очередь, это совершенствование системы земледелия применительно и с учётом агрономической и экономической ситуации, поиск более экономически обоснованных и целесообразных способов сохранения почвенного плодородия, разработка и освоение в каждом хозяйстве научно-обоснованной системы севооборотов с положительным балансом гумуса.

Существенным пополнением запасов органического вещества является совершенствование структуры посевных площадей, расширение посевов многолетних трав, особенно бобовых и бобово-злаковых травосмесей.

Важнейшим фактором регулирования плодородия почв являются рациональные травопольные, зернотравяные севообороты, различные виды сидеральных удобрений, фитомелиоративные и почвозащитные мероприятия.

Эффективность всех приёмов и способов восстановления, сохранения и повышения плодородия почв во многом определяется общим уровнем развития сельскохозяйственного производства, т.е. находится в прямой зависимости от организационно-экономических факторов. Поэтому актуальным направлением в развитии земледелия области в современных условиях является переход и применение биологических и энерго-ресурсосберегающих приёмов и технологий.

Главным источником и агроэкономически обоснованным приёмом при восстановлении, сохранении и повышении плодородия почв, создании положительного баланса гумуса в современных условиях должно стать зелёное удобрение или сидерация и фитомелиорация.

Зелёное удобрение – это естественные возобновляемые ценозы и посе-вы различных культур, растительную биомассу которых частично или полностью запахивают в почву для повышения её плодородия.

Сидерация – один из самых доступных для внедрения, эффективных приёмов и неиспользованных резервов повышения плодородия почв.

Д.Н. Прянишников в этой связи писал: «И там, где для улучшения почв особенно необходимо обогащение их органическим веществом, а навоза по той или иной причине не хватает, зелёное удобрение приобретает особенно большое значение. В сочетании с навозом и другими органическими удобрениями, а также удобрениями минеральными, зелёное удобрение в качестве одного из элементов системы удобрений должно стать весьма мощным средством поднятия урожаев и повышения плодородия почв».

Зелёное удобрение оказывает многостороннее влияние на почву, оно является одним из мощных средств повышения её плодородия, положительно воздействуя на химические, физические и биологические свойства почвы, а, в конечном счёте, на урожайность сельскохозяйственных культур.

2. Технологические особенности использования малораспространенных растений на сидеральные и фитомелиоративные цели

Анализируя баланс органического вещества почв Иркутской области и отдельных её районов следует отметить, что он повсеместно складывается неблагоприятно. Это обстоятельство может иметь очень тяжёлые последствия для земледелия области в будущем.

Пахотные земли в настоящее время несут трудновосполнимые потери органического вещества.

Органическое вещество почвы находится в постоянном движении, на «конвейере жизни»: свежие растительные остатки и корневые выделения растений – свежееосаждённый перегной – гумус – минеральные продукты его разложения и скелетная часть гумуса. В саморегулирующейся природе, где нет отчуждения растительной продукции, происходит постоянное накопление гумуса.

При переводе целины в пашню процент гумуса снижается частично за счёт примешивания менее гумусированного нижнего слоя, а главным образом, за счёт усиления процессов разложения в рыхлой пашне и ежегодного отчуждения питательных веществ с выращенной продукцией.

Если отсутствует систематическое поступление свежего органического вещества и не соблюдается закон возврата, то освобождающиеся при его разложении питательные вещества выносятся с урожаем. При этом неизменно уменьшается два взаимосвязанных показателя: идёт обеднение почвы и падает урожайность возделываемых культур.

Поэтому сидерация и фитомелиорация являются основными источниками свежего органического вещества, которое способно радикально улучшить баланс в земледелии области.

Количество вносимого в почву органического вещества зависит от форм, способов использования зелёного удобрения, видов сидеральных культур.

На сидеральные цели могут использоваться различные виды растений.

Наиболее простой и доступной формой сидеральных удобрений является солома зерновых культур.

Солома – один из неиспользованных источников органического вещества. Валовое содержание сырого органического вещества в урожае соломы со всей площади зерновых культур значительно больше, чем в общей массе вносимого в почву навоза.

Солома при любом использовании (на корм скоту, для подстилки животным или для внесения её в почву в качестве удобрения) в конечном счёте становится источником органического вещества почв. Поэтому крайне важно весь выраженный урожай соломы полностью использовать для этих целей и не допускать сжигания её на полях. Исследования показали, что с соломистой формой сидерации в почву вносилось до 6 т/га органического вещества.

Значительное количество органического вещества вносится в почву при применении промежуточной и поукосной формы сидерации. При применении

этих форм сидерации (помимо влияния основных культур) почва обогащалась органическим веществом в количестве 4,9-5,6 т/га.

Механизм влияния сидерации при возделывании однолетних культур и многолетних трав внешне одинаковый. Однако за внешним сходством скрываются как количественные, так и качественные различия. Главное отличие их в том, что в первом случае сидераты способны лишь остановить деградацию почв, а многолетние травы способствуют воспроизводству плодородия почв. Многолетние травы за 2 года (клевер, донник) и эспарцет (3 года) произрастания накапливают корневой массы в 2-3 раза больше, чем однолетние.

Под пологом многолетних трав накапливается биологический азот и замедлены процессы трансформации органического вещества, в т.ч. его минерализация. Поэтому баланс органического вещества и азота под пологом многолетних бобовых трав всегда положительный, а однолетних культур отрицательный.

По количеству вновь синтезированного и поступившего в почву органического вещества многолетние травы значительно превосходят все другие культуры полевых севооборотов. Поступление органического вещества при возделывании и использования на сидеральные цели донника его массы корневых и поукосных остатков составила 14,7 т/га, эспарцета – 14,0, клевера – 13,0 т/га. Эти культуры наиболее полно отвечают требованиям, предъявляемым к сидеральным растениям.

Исследования показали, что наибольшее количество органического вещества вносилось в почву при самостоятельной форме сидерации, которая, в условиях дефицита кормов, рекомендуется в исключительных случаях на деградированных землях. Применение самостоятельной формы сидерации, когда в качестве зелёного удобрения использовался донник, способствовало обогащению почв свежим органическим веществом в количестве 14,7 т/га, редьки масличной – 9,3 т/га, т.е. бобовый сидерат (донник) по количеству органической массы превосходил не бобовый (редьку масличную) на 62%.

Проведённые исследования показали, что насыщение плодосменного севооборота многолетней бобовой культурой (клевер, донник) и использование на сидеральные цели только корневых и поукосных остатков повышает поступление свежего органического вещества в расчёте на один гектар севооборотной площади по сравнению с трёхпольным севооборотом с двумя зерновыми культурами и чистым паром на 67%, занятым паром и двумя зерновыми культурами – 55%, зерновой бобовой культурой с двумя зерновыми – на 26%, с пропашной культурой и двумя зерновыми – на 18%.

Фитомелиорация почв – новый технологический приём, который усиливает и ускоряет процессы расширенного воспроизводства плодородия почв. Для фитомелиорации используются растения с длительным сроком хозяйственного использования (четыре и более лет), обладающих мощной корневой системой, такие как козлятник, горец, свербига. Эти травы за счёт большой массы корневых и поукосных остатков оказывают многостороннее влияние на плодородие почв.

В основу условной классификации растений, используемых на сидеральные и фитомелиоративные цели принято шесть показателей: принадлежность фитомелиоративных растений к семейству бобовых, многолетие (более 3 лет), количество органического вещества, поступающего в почву (при фитомелиорации более 15,0 т/га), масса и глубина проникновения корней в подпахотные горизонты (при фитомелиорации мощность корней должна составлять не менее 10 т/га, на глубине более 50 см не менее 20% от всей биомассы корневой системы), площадь листовой поверхности не менее 50 тыс.м²/га, фотосинтетический потенциал – более 2 млн.м²/га/дней.

Таблица 2 – Отличительные свойства сидеральных и фитомелиоративных растений

Функции растения	Вид растений	Площадь листьев, тыс.м ² /га	Фотосинтетический потенциал, млн.м ² /га/дней	Площадь корневой системы, т/га	Масса органического вещества, т/га
Сидеральные	Клевер красный	41,4	1,24	6,9	13,0
Фитомелиоративные	козлятник восточный	79,9	1,89	14,7	23,1
	Свербига восточная	58,6	2,26	14,1	22,0
	Горец забайкальский	73,9	2,36	17,0	25,1

Новые кормовые и фитомелиоративные растения (козлятник восточный, горец растопыренный, свербига восточная, астрагал неожиданный) обладают высоким потенциалом продуктивности. Они синтезируют большое количество свежего органического вещества, которое остаётся на месте их возделывания, как в пахотном, так и в подпахотных горизонтах почвы. При разложении этого органического вещества, выделяющийся углекислый газ (СО₂) принимает участие не только в процессах фотосинтеза («воздушного питания») растений, но и в процессах почвообразования, т.к. в результате химических реакций СО₂ становится источником образования угольной кислоты (Н₂СО₃), участвующей в разложении сложных минеральных соединений в подпахотных горизонтах почвы. Продукты разложения органического вещества и материнских почвообразующих пород впоследствии используются последующими культурами при формировании урожая.

Хорошо развитые стержневые корни фитомелиоративных растений пронизывают плотные подпахотные горизонты, улучшая пористость почвы. Отмирая, корни оставляют многочисленные поры, наполненные воздухом, водой и рыхлым органическим веществом. Корни дренируют почву на большую глубину и это способствует улучшению сложения почвы и росту урожайности последующих культур. В этом главное отличие фитомелиорации от сидерации.

Таблица 3 – Классификация способов использования и оценки воздействия сидеральных и фитомелиоративных растений на плодородие почв, т/га/год

Сельскохозяйственная культура	Виды зеленых удобрений	Количество органического вещества				Оценка воздействия на плодородие почв
		надземная (растительный опад)	пожнивные, поукосные остатки	корневые остатки (0-50 см)	Всего	
Рапс	растительные остатки	-	1,8	3,1	4,9	деградация почв
Озимая рожь		-	2,9	2,7	5,6	
Ячмень		1,9	2,0	2,1	3,0	
Овёс		1,7	2,2	2,6	6,5	
Редька масличная	сидеральные	4,2	1,9	3,2	9,3	простое воспроизводство плодородия почв
Клевер	поукосная сидерация	3,2	2,9	6,9	13,0	
Эспарцет		3,3	3,2	7,5	14,0	
Донник		3,6	3,3	7,8	14,7	
Астрагал неожиданный		3,5	3,0	8,3	14,9	
Люцерна посевная	сидерация и фитомелиорация	3,7	3,5	8,5	15,7	расширенное воспроизводство плодородия почв
Свербига восточная		4,2	4,6	14,1	22,9	
Козлятник восточный		4,8	3,6	14,7	23,1	
Горец Забайкальский		3,7	4,4	17,0	25,1	

Количество растительных остатков (поукосных и корневых) при возделывании фитомелиоративных растений достигает 22,9-25,1 т/га, сидеральных – 13,0-15,7 т/га. Это основной источник органического вещества, который обеспечивал плодородие почвы на два-три года.

Корневые выделения трав оказывают растворяющее действие на подпахотные горизонты почвы, высвобождают элементы минерального питания, аккумулируют соединения азота, которые затем используются на формирование урожая.

Высокие агротехническая и экономическая эффективность сидеральных и фитомелиоративных растений достигается при применении летней распашки плантации (не позднее 25 июля) и повторной одно-двукратной поверхностной обработки почвы.

Мощная хорошо развитая корневая система многолетних растений обладает способностью усваивать рассеянный в почвенной толще атмосферный азот, а из труднорастворимых соединений подпахотных горизонтов – фосфор, калий и кальций. Содержание азота в корневых и поукосных остатках достигало 318,7-456,9 кг/га, фосфора – 50,2-64,6, калия – 143,6-489,3, кальция – 116,1-296,1 кг/га.

Сидеральные и фитомелиоративные растения оказывают положительное влияние на химические свойства почвы. Изменение показателей почвенной кислотности (величина рН) составило 0,17 единиц (с 5,08 до 5,25).

Под воздействием сидеральных и фитомелиоративных растений улучшились физические свойства почв, повысилось содержание агрономически наиболее ценной фракции структурных и водопрочных агрегатов (с 53,9 до 78,4% и с 24,0 до 61,7%) соответственно.

Хорошо развитые стержневые корни фитомелиоративных растений пронизывают плотные подпахотные горизонты, улучшая пористость почвы. Отмирая, корни оставляют многочисленные поры, наполненные воздухом, водой и рыхлым органическим веществом. Корни дренируют почву на большую глубину и это способствует улучшению сложения почвы и росту урожайности последующих культур. В этом главное отличие фитомелиорации от сидерации.



Рисунок 1 – Корневая система козлятника восточного



Рисунок 2 – Корневая система эспарцета песчаного



Рисунок 3 – Корневая система горца растопыренного

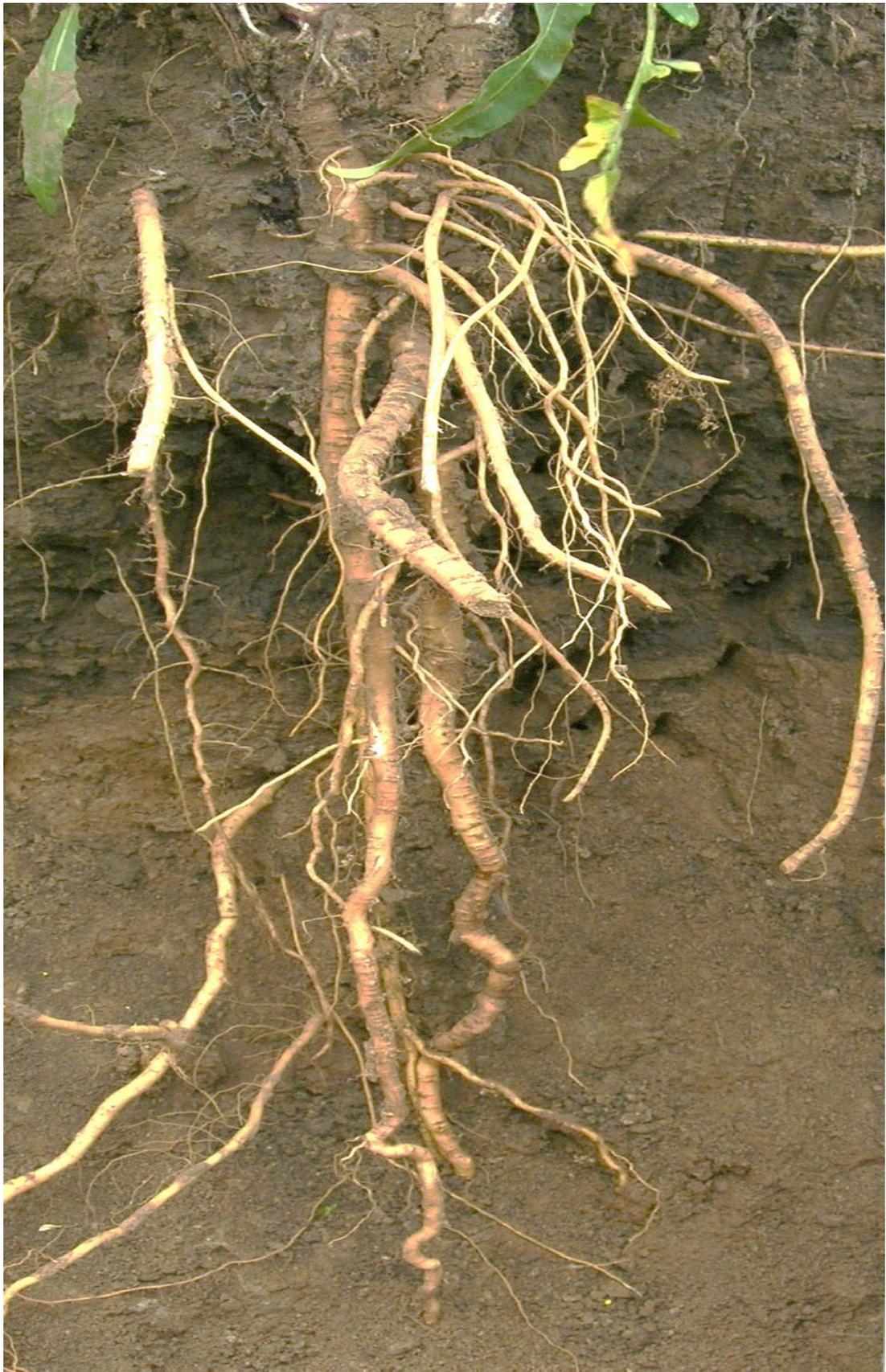


Рисунок 4 – Корневая система свербиги восточной

3. Влияние фитомелиоративных растений на элементы плодородия и продуктивность серых лесных почв

3.1 Накопление свежего органического вещества в корневых и поукосных остатках многолетних растений

Органическое вещество, концентрирующее энергию Солнца в химически связанной форме, – единственный источник энергии для развития почвы, формирования ее плодородия.

Органическое вещество, его содержание в почве и качественный состав во многом определяют ее агрономические свойства (Прянишников, 1952; Алексеев, 1959; Кононова, 1963; Тюрин, 1965; Лыков, 1982, 2000; Ковда, 1981).

В настоящее время в результате сельскохозяйственного использования в почвах резко снизилось содержание гумуса. В связи с этим возникает необходимость регулирования содержания и, прежде всего, накопления органического вещества в почве (Шконде, 1970; Довбан, 1990; Уланов, 1999).

Основным источником первичного органического вещества, поступающего в почву под естественной растительностью, являются остатки растений. Пожнивные остатки представлены стерней злаков, частями стеблей, листьев и всех других наземных частей растений, которые остаются в поле после уборки урожая (Кузнецова, 1966; Хайнацкий, 1968; Левин, 1977).

Предгумусовая фракция наиболее подвержена трансформации при сельскохозяйственном использовании почв. Несмотря на различные методические подходы к ее определению, все исследователи по органической биомассе отводят данной фракции большую роль в формировании эффективного плодородия почвы. Поэтому важно не допустить, слишком больших потерь именно свежей органической массы – непосредственного источника образования устойчивых гумусовых веществ, обеспечить его воспроизводство (Бохиев, 2003).

Агротехнически важным фактором при культуре трав является также обогащение почвы органическим веществом за счёт послеуборочных остатков, количество которых на гектар может колебаться в зависимости от техники уборки, но обычно не бывает ниже 8-12 ц/га (Шевчук, 1979).

Нами в экспериментальных посевах производилась оценка накопления органических остатков, остающихся на месте возделывания многолетних растений.

Учеты производились в посевах второго, третьего и четвертого года возделывания многолетних растений. Все изучаемые многолетние растения за время вегетации накапливали различную величину поукосных остатков. Из новых растений свербига восточная оставляла в почве 4,67 т/га поукосных остатков, горец растопыренный – 4,40, козлятник восточный – 3,62 т/га. Биомасса стерневых остатков традиционных многолетних трав колебалась от 2,93 до 4,67 т/га.

Из представленных данных можно сделать вывод, что все изучаемые многолетние растения способны оставлять после отчуждения основной биомассы значительное количество поукосных остатков, которые участвуют в повышении величины содержания свежего органического вещества почв.

Таблица 4 – Величина накопления поукосных остатков многолетних растений (сухое вещество), т/га

Растение	второй год	третий год	четвертый год	среднее за три года
Козлятник Восточный	2,23	4,06	4,58	3,62
Горец растопыренный	3,76	4,53	4,90	4,40
Свербига Восточная	3,71	4,62	5,69	4,67
НСР _{0,5}	0,13	0,15	0,24	-

* - данные за 2 год вегетации

Корневые и поукосные остатки, разлагаясь при доступе воздуха, образуют перегной, который увеличивает растворимость почвенных минералов и распадается до простых солей. Происходит процесс минерализации.

Таблица 5 – Величина накопления растительного опада многолетних растений (сухое вещество), т/га

Растение	второй год	третий год	четвертый год	среднее за три года
Козлятник Восточный	3,05	5,37	6,03	4,82
Горец растопыренный	2,61	3,97	4,53	3,70
Свербига Восточная	2,84	4,80	5,13	4,27
НСР _{0,5}	0,24	0,28	0,27	-

*- данные за 2 года вегетации.

Нами проводилась оценка накопления растительного опада в агрофитоценозах многолетних растений второго, третьего и четвертого года жизни. Представленные данные свидетельствуют о том, что наибольшее накопление массы растительного опада произошло в агрофитоценозах козлятника восточного и составило в среднем за три года 4,82 т/га сухого вещества. Масса растительного опада в посевах многолетних растений составила: свербиги восточной – 4,27 т/га, горца растопыренного – 3,70 т/га сухого вещества.

Корни растений оказывают значительное влияние на образование и жизнь почвы. Плодородие ее во многом зависит от растительного мира, в частности, от жизнедеятельности корневой системы. Непрерывно отмирая, корни обогащают почву органическим веществом, повышая ее плодородие (Станков, 1964).

Корневые остатки растений подразделяются на следующие виды: а) корни изучаемой культуры, сохранившиеся живыми к моменту уборки; б) корни изучаемой культуры, отмершие к периоду уборки; в) корневые выделения растений; г) растительные остатки предыдущих культур. К ним надо относить все целые и полуразложившиеся, но еще не гумифицированные части растений. Больше всего таких остатков бывает после распашки много-

летних трав. В течение всей вегетации идет непрерывный процесс отмирания различных частей корня, сбрасывается толстый слой эпидермиса и паренхимы, отмирают тонкие корни, особенно после цветения, к началу созревания. В почве они быстро разлагаются микроорганизмами и гумифицируются (Станков, 1964).

В программу наших исследований были включены вопросы специфики формирования, строения, глубины проникновения в подпахотные горизонты и оценка общей мощности (биомассы) корневой системы новых, малораспространённых и традиционных многолетних растений

Проведённые исследования свидетельствуют о том, что корневая система растений семейства мятликовых отличалась хорошо развитой мочковатостью. Наибольшее количество биомассы корней нами отмечалось в посевах костреца безостого.

Корневая система горца растопыренного и свербиги восточной – стержневая, глубоко проникающая в подпахотные горизонты почвы. Мощность корневой системы горца растопыренного в среднем составила 17,0 т/га, свербиги восточной – 14,1 т/га.

Таблица 6 – Величина органической массы корневой системы многолетних растений (сухое вещество) в слое почвы 0-40 см, т/га

Растение	второй год	третий год	четвертый год	среднее за три года
Козлятник восточный	11,44	14,73	18,18	14,78
Горец растопыренный	11,90	18,52	20,59	17,00
Свербига восточная	11,04	13,95	17,45	14,15
НСР _{0,5}	0,65	0,64	0,99	-

* - данные за 2 года вегетации

Корневая система растений семейства бобовых стержневая с хорошо развитой мочковатостью. По мощности корневой системы новые и малораспространённые растения (козлятник и эспарцет) превосходили традиционные (люцерну и клевер).

Таким образом, нами установлено, что новые и малораспространённые растения за время вегетации формируют мощную корневую систему, однако по общему накоплению биомассы традиционные многолетние растения уступали новым и малораспространённым.

3.2 Изменение содержания гумуса в серой лесной почве под влиянием фитомелиоративных растений

Поступающая в почву растительная масса корневых и пожнивных остатков входит в состав органического вещества почв и подвергается сложным биохимическим превращениям.

Органическое вещество почв находится в постоянном движении, на «конвейере жизни»: свежие растительные остатки и корневые выделения растений – гумифицированные остатки (грубый гумус, предгумусовая фракция, «детрит»), свежесаживаемый перегной – гумус – минеральные продукты его разложения и скелетная часть гумуса (Шеуджен и др., 2007).

Отмирающие элементы растительного покрова являются главным источником энергии для многочисленного мира, населяющих почву микроорганизмов и животных, деятельность которых способствует образованию гумусовых веществ.

Роль растительного покрова в гумусообразовании определяется количеством и природой растительных остатков, а также характером их поступления и разложения в почве (Кононова, 1963; Гришина, 1986).

Образование почвенного гумуса происходит в результате сложных превращений, реакций полимеризации и конденсации, под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов. Превращение растительных остатков идет в почве разными путями: а) полной минерализации до образования простых соединений CO_2 , H_2O , NH_3 , простых солей (в дальнейшем снова принимающих участие в процессах питания автотрофных организмов); б) синтеза новых органических веществ, составляющих микробные тела (микробный синтез), после автолиза которых эти вещества снова подвергаются превращениям и в) синтеза специфических гумусовых веществ в основном за счет промежуточных продуктов разложения – гумификации.

Коэффициент гумификации зависит от разнообразных абиотических, эдафических и антропогенных условий и может достигать до $1/3 \dots 1/4$ от исходной сухой массы органического вещества, поступающего в почву.

Минерализация гумуса происходит со скоростью $1 \dots 2\%$ в год (Кононова, 1963; Тюрин, 1965; Александрова, 1970; Минеев, 1988).

Образование гумуса и его разложение находится в динамическом равновесии при рациональном использовании почв. Количество синтезированных гумусовых веществ имеет тенденцию к убыли, если будет отсутствовать поступление свежего органического вещества. Накопление гумуса в почве зависит от соотношения между величиной ежегодного прихода и убыли его в процессе минерализации.

В настоящее время одной из важнейших проблем Предбайкалья является повсеместное снижение содержания гумуса в почвах.

Среди главных причин, вызывающих потери гумуса в почвах региона, следует отметить: высокую насыщенность севооборотов зерновыми культурами, эрозии почв и недостаточное поступление в почву удобрений, в

первую очередь органических.

Быстрое «сгорание» активной части органического вещества приводит к снижению содержания гумуса уже через некоторое время после освоения.

В.Б. Бохиев, А.П. Батудаев и А.К. Уланов (2003) считают, что увеличение или уменьшение содержания гумуса происходит за счет его составной части – детрита. В связи с этим общее органическое вещество можно разделить на гумус и негумифицированное вещество или собственно гумус (в состав которого входит негумифицированное вещество и детрит).

Важнейшим стабилизирующим фактором, источником поступления в почву свежего органического вещества и способствующим созданию положительного баланса гумуса, являются новые и малораспространённые растения.

Нами прослежена динамика изменения содержания гумуса в светло - серых лесных почвах в посевах многолетних растений в течение 3 лет их использования. Установлено, что образование гумуса и его разложение находится в динамическом равновесии при рациональном использовании почв. Количество синтезированных гумусовых веществ имело тенденцию к убыли при отсутствии поступления в почву свежего органического вещества. Так, в поле чистого пара в слое почвы 0-40 см содержание гумуса было наименьшим, многолетние растения оказывали положительное влияние на процессы накопления гумуса. Уже в посевах многолетних растений второго года жизни абсолютное повышение содержания гумуса в слое почвы 0-20 см составило от 1,8 до 2,9 т/га, в слое почвы 20-40 см – 0,2-0,7 т/га.

Таблица 7 – Накопление гумуса в почве под влиянием многолетних растений 4 года жизни

Растение	Слой почвы, см	Содержание гумуса		Разность с контролем +/-, т/га
		в %	в т/га	
Пар (перед посевом)	0-20	2,16	47,5	-
	20-40	2,20	52,8	-
Козлятник восточный	0-20	2,69	59,2	+11,7
	20-40	2,45	58,8	+6,0
Горец растопыренный	0-20	2,60	57,2	+9,7
	20-40	2,42	58,1	+5,3
Свербига восточная	0-20	2,66	58,5	+11,0
	20-40	2,47	59,3	+6,5
НСР ₀₅	0-20	0,11	2,1	-
	20-40	0,07	0,8	-

Аналитические данные почвенных образцов, отобранных в плантациях многолетних трав 3 года жизни, показали, что наиболее высокие показатели прироста содержания гумуса отмечались в верхних горизонтах почвы.

Процессы гумификации интенсивно протекали в посевах многолетних бобовых трав, как новых, малораспространённых (козлятник восточный, эс-парцет песчаный), так и традиционных (люцерна посевная), а также в посевах свербиги, зелёная масса которой отличается высоким содержанием.

В посевах многолетних трав семейства мятликовых интенсивность накопления гумуса была меньшей. Повышение содержания гумуса было математически достоверным.

Процессы гумификации в экспериментальных посевах 4 года жизни свидетельствуют о том, что её интенсивность возрастала от 1,77 до 2,33 раз, по сравнению с показателями предыдущего года.

Поступившее в почву свежее органическое вещество служит источником образования гумуса, который, в свою очередь, способствует повышению урожайности пшеницы. Нами выявлена корреляционная зависимость между массой органических остатков и содержанием гумуса ($r^2= 0,72$), между увеличением содержания гумуса и урожайностью пшеницы ($r^2= 0,81$).

Таким образом, посевы многолетних растений оказывали положительное влияние на процессы гумусообразования в серой лесной почве.

Процессы накопления гумуса особенно интенсивно протекали в посевах новых и малораспространённых растений (козлятника восточного и свербиги восточной). Новые и малораспространённые растения в звеньях севооборотов являются важнейшим стабилизирующим фактором, способствующим созданию положительного баланса гумуса.

3.3 Обогащение пахотного слоя почв элементами минерального питания

Эволюция жизни на Земле, от которой зависит и развитие почв, тесно связана с процессами круговорота азота и его накопления в органической форме в растениях и почве.

Основная масса азота почвы – 95-99% входит в состав сложных органических соединений почвенного гумуса, низкомолекулярные органические и минеральные соединения азота составляют небольшую часть от его общего содержания в почве.

По данным Б.В. Надеждина (1961), Мальцева (1966), В.Е. Шевчука (1977), В.А. Кузьмина (1988), Г.П. Гамзикова (1981), Л.В. Помазкиной (1985) почвы области обладают малыми природными запасами общего азота, их запасы колеблются от 2,8 до 11,3 т/га.

Также как и образование гумуса в почвах, появление в них азота связано с жизнедеятельностью организмов. В процессе почвообразования, по мере обогащения почв органическим веществом, происходит и накопление связанного азота.

Азот входит в состав белков, ферментов, нуклеиновых кислот, хлорофилла, алкалоидов, фосфатидов, большинства витаминов и других органических азотистых соединений, которые играют важную роль в процессах обмена веществ в растении.

Уровень азотного питания определяет размеры и интенсивность синтеза белка и других азотистых органических соединений в растениях, ростовые процессы. Недостаток азота особенно сильно сказывается на росте вегетативных органов (Турчин, 1972; Чупрова, 1994).

Основными источниками органического вещества и азота почв являются корневые и пожнивные остатки растений. Количество органического вещества и азота, накапливаемых в корневых и пожнивных остатках, зависит от вида растений, экологических условий и антропогенного воздействия на процессы их роста и развития.

Фосфор имеет большое значение в энергетическом обмене и в разнообразных процессах обмена веществ в растительных организмах. Он участвует в углеводном и азотном обмене, в процессах фотосинтеза, дыхания и брожения.

При недостатке фосфора растения резко замедляют рост, листья их приобретают (сначала с краев, а затем по всей поверхности) серо-зеленую, пурпурную или красно-фиолетовую окраску.

Важную роль играет обеспечение растений фосфором и в период формирования репродуктивных органов. Его недостаток в этот период тормозит развитие и задерживает созревание растений, вызывает снижение урожая и ухудшение качества продукции.

По данным Д.М. Хейфец (1950), А.Е. Возбуцкой (1968), валовое количество фосфора в разных почвах и почвенных горизонтах колеблется от 0,09 до 0,26%. При этом более выровненной является минеральная часть фосфора, она мало варьирует по горизонтам, органический же фосфор изменяется довольно значительно, достигая наибольших величин в верхних горизонтах и резко опускаясь в нижних. Такая закономерность является следствием биологической аккумуляции фосфора, переносом его корневой системой растений из подпахотных горизонтов в верхние слои почвы.

Физиологические функции калия в растении весьма разнообразны. Он положительно влияет на физическое состояние коллоидов цитоплазмы, повышает их обводненность, набухаемость и вязкость, что имеет большое значение для процессов обмена веществ в клетках, а также для повышения устойчивости растений к засухе. При недостатке калия и усилении транспирации растения быстрее теряют тургор и завядают. Хорошая обеспеченность калием повышает способность растений удерживать воду, и они лучше переносят кратковременную засуху.

Калий положительно влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образование органических кислот в растении, он участвует в углеводном и азотном обмене. При нехватке калия нарушаются процессы синтеза белка, в результате происходит нарушение всего азотного обмена.

Под действием ионов калия повышается морозостойкость растений, что связано с повышением содержания сахаров и увеличением осмотического давления в клетках. При достаточном калийном питании повышается устойчивость растений к различным заболеваниям, например, у хлебных злаков – к мучнистой росе и ржавчине, у овощных культур, картофеля и корнеплодов – к возбудителям гнилей. Калий положительно влияет на прочность стеблей и устойчивость растений к полеганию, на выход и качество волокна льна и конопли.

Кальций играет важную роль в фотосинтезе, передвижении углеводов, в

процессах усвоения азота растениями. Он участвует в формировании клеточных оболочек, обуславливает обводненность и поддержание структуры клеточных органелл.

Недостаток кальция сказывается, прежде всего, на состоянии корневой системы растений: рост корней замедляется, корневые волоски не образуются, корни ослизняются и загнивают. При дефиците кальция тормозится также рост листьев, у них появляется хлоротичная пятнистость, затем они желтеют и преждевременно отмирают. Кальций в отличие от азота, фосфора, калия не может повторно использоваться, поэтому признаки кальциевого голодания проявляются прежде всего на молодых листьях. Недостаток кальция может наблюдаться при возделывании культур на кислых почвах, особенно легкого гранулометрического состава (Прянишников, 1965; Мальцев, 1966; Петербургский, 1967; Мартынова, 1971).

Таблица 8 – Накопление элементов минерального питания в почве с корневыми и поукосными остатками многолетних растений, кг/га

Растение	Элементы минерального питания			
	N	P	K	Ca
Козлятник восточный	431,89	60,37	143,96	116,10
Горец растопыренный	318,77	50,20	220,88	296,18
Свербига восточная	456,98	64,62	489,30	256,19

Нами проводилось определение содержания основных биофильных элементов: азота, фосфора, калия, кальция в корневых, пожнивных остатках и отчуждаемой биомассе многолетних растений.

В среднем за три года наблюдений козлятник восточный накапливал: азота – 431,89 кг/га, фосфора – 60,37, калия – 143,96, кальция – 116,10; люцерна посевная: азота – 185,70 кг/га, фосфора – 48,08, калия – 152,4, кальция – 68,00. Значительное количество элементов минерального питания накапливалось в посевах многолетних растений, обладающих мощной корневой системой – свербиги восточной и горца растопыренного.

Таким образом, большое количество азота и фосфора поступало в почву с корневыми и пожнивными остатками свербиги восточной, козлятника восточного и горца растопыренного; калия – свербиги восточной, горца растопыренного, кальция – горца растопыренного и свербиги восточной.

3.4 Накопление симбиотрофного азота многолетними бобовыми растениями

Повышение плодородия почвы – одна из важнейших задач агрономической науки и сельскохозяйственной практики. В решении этой проблемы ведущая роль принадлежит биологическим факторам, и в том числе, фиксации атмосферного азота почвенными diaзотрофами (Мишустин, 1967; Johnson, 1981; Умаров, 2001). Проблема биологической азотфиксации относится к

числу приоритетных задач сельскохозяйственной науки. За последнее время интерес к биологической азотфиксации значительно возрос. Это связано не только с определяющей ролью этого процесса в азотном балансе биосферы, но и возможностью сокращения объемов применения минерального азота в технологиях выращивания полевых культур в свете современных тенденций биологизации, экологизации и устойчивости земледелия при одновременном снижении энергетических затрат на производство продукции растениеводства.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в исследованиях по рассматриваемой проблеме, практическое использование биологического азота в растениеводстве остается пока на низком уровне.

По мнению И.А. Тихоновича (1998), это связано в большой мере с недостаточной изученностью многих физиолого-биохимических и генетических особенностей процесса азотфиксации, её интенсивности под различными многолетними бобовыми культурами.

Невысокое потенциальное плодородие почв сельскохозяйственного назначения региона в совокупности с недостаточным материально – ресурсным обеспечением в сфере агропроизводства диктует необходимость изучения специфических особенностей количественных параметров азотфиксации, её агроэкологической и экономической эффективности в условиях Предбайкалья.

В программу исследований были включены вопросы изучения динамики формирования клубеньков – азотфиксаторов, оценки общего и активного симбиотического потенциала, удельной активности симбиоза, накопление симбиотрофного азота.

Объектами исследований явились посевы многолетних бобовых трав, второго, третьего, четвертого года жизни.

Отбор клубеньков азотфиксирующих бактерий на корневой системе бобовых растений, подсчет количества клубеньков и оценка симбиотической деятельности проводились по методике П.П. Вавилова (1983) и Г.С. Посыпанова (1991).

В течение вегетационного периода нами в экспериментальных посевах проводились наблюдения за процессом формирования и количественного накопления азотфиксирующих клубеньков, подсчитывалось общее количество клубеньков и клубеньков с розовой окраской.

П.П. Вавилов и Г.С. Посыпанов установили, что наличие леггемоглобина в клубеньках – превосходный индикатор активности симбиоза. Чем выше масса клубеньков с леггемоглобином, тем больше азота воздуха усваивает растение. Чем больше клубеньков с розовым или красным окрасом, тем активнее оно фиксирует азот атмосферы.

Наблюдения показали, что расположение клубеньков на корневой системе в большей степени характеризуют активность симбиоза. Нами установлено, что крупные клубеньки обычно располагаются на главном корне или около него. Они, как правило, бывают окрашенными в розовый цвет (ак-

тивная раса). Мелкие клубеньки рассредоточены, они не имеют окраски и отнесены к группе малоактивных и неактивных клубеньков. Однако, на наш взгляд, этот признак не всегда отражает полную картину симбиотрофической деятельности. На интенсивность процессов формирования и накопления клубеньков влияет не только почвенный покров, но и условия увлажнения. Большое влияние на активность симбиоза влияет видовой состав растений, агрономические условия, связанные с уходом за вегетирующими растениями, а также фаза развития растений.

В фазе бутонизации и цветения многолетних трав происходит ускорение процессов формирования клубеньков с розовой окраской. Затем эти процессы начинают затухать.

П.П. Вавилов, Г.С. Посыпанов отмечают, что симбиотическая фиксация азота – аэробный процесс. Кислород связывается леггемоглобином и используется в процессе окисления углеводов с высвобождением энергии для фиксации азота. На 1 мл фиксированного азота воздуха потребляется 3 мл кислорода.

Светло-серые почвы, на которых проводились полевые исследования, относятся к группе малоплодородных почв тяжёлого механического состава.

Наблюдения показали, что клубеньки на корнях экспериментальных бобовых трав образуются в наиболее аэрируемом слое почвы (0-10 см). Чаще всего клубеньки мелкие и, как правило, рассредоточены по корневой системе. Мы считаем, что с уменьшением доступа кислорода к корням растений снижается содержание леггемоглобина в клубеньках и связанная с этим интенсивность фиксации азота воздуха.

Однако количество фиксированного азота зависит не только от массы клубеньков с леггемоглобином, но и от продолжительности «работы» этой массы. Чем дольше клубеньки фиксируют азот, тем больше его будет усвоено.

Для того чтобы объединить показатели массы и времени, П.П. Вавиловым и Г.С. Посыпановым было введено понятие «симбиотический потенциал» (общий и активный), который выражается в килограммах клубеньковой ткани на 1 га, помноженной на продолжительность жизни ее в днях ($\text{кг} \times \text{дней/га}$). Общий симбиотический потенциал (ОСП) показывает всю массу клубеньков и продолжительность всего периода их жизни, а активный симбиотический потенциал (АСП) – только массу клубеньков с леггемоглобином и продолжительность их работы.

Удельной активностью симбиоза (УАС) авторы называют интенсивность азотфиксации или количество азота воздуха, усвоенного 1 кг активных клубеньков в сутки. Они считают, что в зависимости от вида культуры и величины активного симбиотического аппарата 1 кг клубеньков в сутки может зафиксировать от 1 до 30-39 г азота воздуха. Если клубеньки фиксируют азот только в середине вегетации растений и непродолжительное время, удельная активность симбиоза бывает максимальной.

Изучая биологическую фиксацию азота атмосферы, Е.Н. Мишустин и

А.В. Петербургский (1967) указывали, что многолетние бобовые травы связывают в среднем до 150 кг биологического азота.

В.Н. Мельников (1994) отмечал, что козлятник восточный обладает ярко выраженной фиксацией атмосферного азота, и он способен накапливать до 250 кг биологического азота.

Такого же мнения придерживался Н.Н. Майстренко (2000). В его исследованиях общее количество биологического азота, накапливаемого в посевах козлятника восточного за 20-летний период их функционирования, достигало 450 кг/га в год.

3.5 Влияние фитомелиоративных растений на кислотность почвы

Важнейшей экологической проблемой Предбайкалья является ухудшение химических свойств почв. В настоящее время площади кислых почв в регионе составляют 582,0 тыс. га (37,9%), в т.ч. сильнокислых и кислых – 127,0 тыс.га (Сысоев и др., 2000).

Растения по-разному реагируют на кислотность почв. Для каждого вида растений существует определенный, наиболее благоприятный интервал реакции среды, отклонение от которого в сторону кислотности или щелочности ухудшает их рост и развитие.

Таблица 9 – Группировка почв по степени кислотности и рН солевой вытяжки (Кореньков, 1980)

Номер группы	Степень кислотности	Величина рН солевой вытяжки
I	Очень сильнокислые	4 и ниже
II	Сильнокислые	4,1-4,5
III	Среднекислые	4,6-5,0
IV	Слабокислые	5,1-5,5
V	Близкие к нейтральным	5,6-6,0
VI	Нейтральные	Более 6

По отношению к кислотности почв сельскохозяйственные культуры подразделяются на следующие группы:

1. Растения, наиболее чувствительные к кислотности, требующие нейтральной или слабощелочной реакции (рН 7,0-7,2), сильно отзываются на известкование: свекла, клевер красный, люцерна, донник, горчица и др. Это группа слабых ацидопациентов (Раменский, 1971; Menzel, 1968; Работнов, 1983).

2. Растения, произрастающие в слабокислой и близкой к нейтральной реакции (рН 5,1-7,0) и хорошо отзываются на известкование: горох, куку-

руза, пшеница, ячмень, бобы, турнепс, капуста кормовая, клевер розовый, лисохвост, костер, горох полевой (пелюшка), вика.

3. Растения, переносящие умеренную кислотность почвы (рН 4,6-5,0) и положительно отзывающиеся на известкование высокими дозами извести: рожь, овес, гречиха, тимофеевка.

4. Растения, которые легко переносят умеренную кислотность почвы и не выносят избытка кальция в почве, лишь на сильно и среднекислых почвах требуют известкования пониженными дозами извести: подсолнечник, картофель, лен.

5. Растения, очень сильные ацидопациенты, мало чувствительные к повышенной кислотности почвы, мало или совсем не нуждаются в известковании: люпин, сераделла, щавель.

А.В. Петербургский (1967) показал, что большинство сельскохозяйственных культур сильно страдает при выращивании их на почвах с рН ниже 6 и гибнет, если активная кислотность опускается до рН 4. Считается, что токсичность повышенной кислотности или щелочности, т.е. ионов H^+ или OH^- , проявляется при значении рН ниже 4,3-4,5 и выше 8-8,5. При средних значениях рН на растения в основном действуют вторичные эффекты – форма питательных веществ, растворимость соединений, необходимых и токсичных для растений.

Прямое отрицательное действие кислотности на растения сказывается, когда в них через корневую систему поступает избыточное количество водорода, которое нарушает многие ферментативные процессы, углеводный и белковый обмен, затрудняет синтез хлорофилла, изменяет реакцию клеточного сока. Вторичное токсическое влияние кислотности происходит, главным образом, из-за увеличения в почвенном растворе вредных для растений элементов, в т.ч. и тяжелых металлов (Авдонин, 1969; Корнилов и др., 1971).

Вредному влиянию кислой реакции подвергается, прежде всего, корневая система растений: рост и ветвление корней прекращается, мало образуется корневых волосков, а у бобовых культур - клубеньков. Корни ослизняются и приобретают бурую окраску. По внешним признакам они напоминают корневую систему при длительном переувлажнении почвы (Hanson, MakGregor, 1966).

В целом, высшие растения, как правило, растут и развиваются при кислотности почв в интервале рН от 3,5 до 10. При этом токсичность ионов водорода и гидроксила проявляется в значениях рН, близких к крайним – ниже 4,3...4,5 и выше 8...8,5. Кислая реакция почвы усиливает поступление в растения анионов, а щелочная – катионов.

При различных значениях рН изменяется соотношение между анионами и катионами, что оказывают значительное влияние на биохимические процессы, протекающие в растениях, на использование ими питательных веществ.

Таблица 10 – Оптимальный, благоприятный интервал рН для растений (по Н.С. Авдониному, 1969; А.А. Кириенко, 1977)

Растение	рН	Растение	рН
Люцерна	7,2-8,0	Клевер	6,0-7,0
Сахарная свекла	7,0-7,5	Подсолнечник	6,0-6,8
Кострец	7,0-7,5	Турнепс	6,0-6,5
Ячмень	6,8-7,5	Вика	5,7-6,5
Райграс	6,8-7,5	Рожь	5,5-7,5
Капуста	6,7-7,4	Просо	5,5-7,5
Лук	6,4-7,9	Морковь	5,5-7,0
Огурец	6,4-7,0	Овес	5,0-7,0
Пшеница озимая	6,3-7,6	Тимофеевка	5,0-6,5
Томаты	6,3-6,7	Картофель	5,0-5,5
Свекла кормовая	6,2-7,5	Брюква	4,8-5,5
Пшеница яровая	6,0-7,5	Гречиха	4,7-7,5
Кукуруза	6,0-7,0	Люпин	4,5-6,0
Горох	6,0-7,0		

Таблица 11 – Изменение почвенной кислотности в посевах многолетних растений 4 года жизни

Растение	Слой, см	рН _{Н2О} актуальная	рН _{КСL} обменная
Пар (перед посевом)	0 – 20	5,08	4,81
	0 – 40	5,10	4,80
Козлятник восточный	0 – 20	5,22	5,00
	0 – 40	5,18	4,97
Горец растопыренный	0 – 20	5,26	5,03
	0 – 40	5,22	5,00
Свербига восточная	0 – 20	5,25	4,98
	0 – 40	5,19	4,97
НСР ₀₅	0 – 20	0,04	0,03
	0 – 40	0,02	0,02

Под влиянием кислой среды в растениях резко уменьшается содержание общего азота. При этом отмечается понижение содержания белкового азота и повышение содержания небелковых форм. Кислотность отрицательно влияет на усвоение растениями фосфора и кальция, на ферментативные процессы, протекающие в растениях.

Однако растения обладают очень важной биологической особенностью – ацидопатентностью, т.е. выносливостью и приспособляемостью к кислой реакции почвенного раствора. Многолетние наблюдения показали, что новые и малораспространенные растения могут быть отнесены к группе ацидофильных растений, переносящих кислую реакцию почвенной среды.

Следует отметить слабую изученность вопросов мелиорации светло-серых лесных почв в зональном аспекте. Вопросы фитомелиорации почв в Иркутской области как нового научного направления также остаются слабо

изученными. Слабо изученными остаются вопросы ацидопатентности новых растений.

Нами изучалось влияние многолетних растений на изменение показателей актуальной и обменной кислотности почв. Как показали наши исследования, светло - серые лесные почвы имеют высокую насыщенность почвенного раствора ионами водорода и связанные с этим низкие интервалы рН (5,08-5,10).

Проведённые исследования показали, что многолетние растения оказывают положительное влияние на изменение реакции почвенного раствора.

За четыре года возделывания многолетних растений наблюдался некоторый «сдвиг» реакции почвенного раствора в нейтральную сторону. Растения семейства бобовых и злаковых воздействовали на процессы раскисления почв примерно в равной степени.

Наибольшее изменение показателей рН наблюдалось под покровом новых малораспространённых растений – горца растопыренного и свербиги восточной. Оба растения обладают мощной разветвлённой корневой системой стержневого типа, которая усваивает питательные вещества, в т.ч. кальций и магний и перекачивает их из подпахотных горизонтов и материнской почвообразующей породы в пахотный слой.

Таким образом, вследствие повышения насыщенности почвенного поглощающего комплекса обменными основаниями происходит улучшение химических свойств почвы.

3.6 Влияние фитомелиоративных растений на структурное состояние почвы

Структура почвы влияет на ряд важнейших свойств почвы, что, в конечном итоге, сказывается на продуктивности звеньев севооборотов. В структурной почве по сравнению с бесструктурной создаются более благоприятные условия водного, воздушного, теплового и пищевого режимов.

Микроагрегаты соединяются между собой благодаря химическому, физико-химическому и механическому взаимодействиям. Эти виды связи в основном и определяют прочность агрегатов почвы. Прочность является основным критерием ценности той или иной группы агрегатов и зависит от тех факторов, которые участвуют в их образовании: гумусовых веществ, минералов и поглощенных оснований.

На изменение структуры почвы в процессе её использования действуют две группы причин. Первая группа приводит к разрушению агрегатов, а вторая – вызывает образование почвенных комочков и придание им прочности.

В.Р. Вильямс (1951), Н.А. Качинский (1963) считали, что структурный комок почвы представляет прочно склеенные перегноем отдельные почвенной массы.

По мнению К.К. Гедройца (1955), для образования водопрочной структуры почвы исключительно большое значение имеют поглощенные основа-

ния. В образовании агрегатов почвы большое значение имеет и органическое вещество. Он считал, что органическая часть почвенного поглощающего комплекса наиболее высокодисперсная и потому играет особо важную роль в процессах структурообразования.

И.В. Тюрин (1965) считал, что в процессе цементации макроструктурных агрегатов почвы главная роль принадлежит свежееобразованным гуминовым веществам, которые, кроме того, должны обладать и значительной устойчивостью к разложению, что является необходимым условием прочности структуры.

М.М. Кононова (1963) показала, что прогумусные вещества, образующиеся при разложении корней люцерны, имеют ряд общих свойств с гуминовыми веществами и обладают способностью к агрегатированию почвы.

Известно, что почвы, лишённые органического вещества, теряют способность образовывать водопрочную структуру.

Поэтому для поддержания мелкокомковатого сложения почва должна систематически обогащаться свежим органическим веществом, как за счет внесения органических удобрений, так и за счет возделывания различных растений.

Изменения в структурном состоянии и плотности почвы в определенной степени сказываются и на показателях пористости почвы. Для большинства сельскохозяйственных культур оптимальная величина общей пористости колеблется от 50 до 65%. Важной характеристикой пористости почвы является величина ее аэрируемой части, то есть той части пористости, которая заполнена воздухом. Для пахотных почв оптимальной является пористость аэрации не менее 20%.

Под посевами многолетних трав общая пористость и пористость аэрации находилась в оптимальных пределах, варьируя соответственно от 50,7 и 18,4 у клевера лугового и до 60,7,1 и 28,9% у костреца безостого.

При возделывании многолетних трав повышается оструктуренность, снижается плотность сложения, и почва приобретает высокое потенциальное и актуальное плодородие (Childers, 1980; Кшникаткина и др., 2004).

В наших исследованиях изучалось влияние многолетних растений на процессы формирования структуры почвы и оценка ее качества.

Представленные данные свидетельствуют о положительном влиянии многолетних растений на процессы образования структурных агрегатов почвы. В посевах второго года жизни многолетних растений сумма структурных агрегатов достигала 63,47-78,57% в слое 0-20 см и 65,93-79,21% в слое почвы 0-40 см. На процессы формирования почвенной структуры большое влияние оказывала корневая система растений. Чем мощнее и разветвлённее корневая система, тем выше процент структурных отдельностей.

Нами отмечалось значительное содержание структурных агрегатов под пологом бобовых трав: козлятника восточного, эспарцета песчаного, люцерны посевной. Наибольшее значение коэффициента структурности наблюдалось в посевах костреца безостого в слое 0-20 см – 3,67.

В посевах многолетних растений третьего года создавались благоприятные условия для формирования структурных агрегатов почвы. Наибольшую эффек-

тивность на процессы структурообразования оказывали растения с мочковатой и смешанной корневой системой.

Многолетние растения третьего года жизни способствовали формированию и наиболее агрономически ценной фракции структурных агрегатов. Так, в слое 0-20 см их доля составила 43,63%-83,30% и 66,97-82,93% – в слое 20-40 см, коэффициент структурности соответственно повысился до 2,03-4,99 и 3,41-5,26.

Наибольшее влияние на структурное состояние светло - серой лесной почвы нами отмечалось в посевах многолетних растений четвертого года жизни.

В этот период корневая система изучаемых растений имела наибольшую биомассу, что положительно сказалось на формировании структурных отдельных.

Содержание структурных агрегатов (фракции от 10 до 0,25 мм) достигало 79,96%-86,67%, наиболее агрономически ценной фракции – от 3 до 1 мм – от 58,05 до 71,23%. Коэффициенты структурности резко возрастали. Так, в поле чистого пара коэффициент структурности в слое почвы 0-20 см был 1,17, в слое почвы 0-40 см – 1,41, а в посевах многолетних растений 3,27 и 6,29.

Водопрочность структурных агрегатов служит основным критерием установления ценности той или иной группы частиц и зависит от тех факторов, которые участвуют в их образовании. Почвенный перегной, как известно, образуется в процессе сложных превращений внесенного в почву органического вещества.

В посевах второго года жизни сумма водопрочных агрегатов в слое 0-20 см колебалась от 47,84 до 58,67%, в слое 0-40 см – 46,27- 63,42%. В дальнейшем с увеличением возраста растений наблюдалась тенденция к увеличению водопрочных агрегатов в почве. В посевах третьего года их доля составляла в слое 0-20 см 52, 69-66,72%, в слое 0-40 см – 51,45 – 67,68%.

Таблица 12 – Влияние многолетних растений 4 года жизни на структурное состояние почвы

Растение	Слой почвы, см	Содержание структурных агрегатов, %		Коэффициент структурности
		10-0,25 мм	3-1 мм	
Пар (перед посевом)	0-20	53,91	28,8	1,17
	20-40	58,49	31,67	1,41
Козлятник восточный	0-20	83,14	65,75	4,93
	20-40	86,28	71,23	6,29
Горец растопыренный	0-20	76,59	58,05	3,27
	20-40	80,10	60,03	4,03
Свербига восточная	0-20	80,71	61,27	4,18
	20-40	82,97	61,22	4,87
НСР ₀₅	0-20	8,80	11,61	-
	20-40	10,78	10,30	-

Многолетние растения в корневых и пожнивных остатках накапливали значительное количество органического вещества, которое служит источником образования гумуса. Вновь образованный перегной обладал свойством

склеивать почвенные частицы в комочки различной величины, не размываемые водой. Анализ качества сформировавшихся структурных агрегатов показал, что многолетние растения оказывают положительное влияние на формирование водопрочных структурных агрегатов.

Таблица 13 – Структурный состав почвы в посевах многолетних растений 4-го года жизни

Растение	Слой почвы, см	Сумма структурных агрегатов 10-0,25 мм, %	Сумма водопрочных агрегатов, %
Пар (перед посевом)	0 – 20	53,91	24,00
	20 – 40	58,49	34,26
Козлятник восточный	0 – 20	83,14	72,58
	20 – 40	86,28	76,27
Горец растопыренный	0 – 20	76,59	54,78
	20 – 40	80,10	56,22
Свербига восточная	0 – 20	80,71	60,84
	20 – 40	82,97	65,59
НСР ₀₅	0 – 20	8,80	8,68
	20 – 40	10,78	7,16

Сумма водопрочных структурных агрегатов в поле чистого пара была 24,0% в слое почвы 0-20 см и 34,26% - в слое 20 – 40 см. В посевах многолетних трав она достигала 72,58-76,27% (козлятник восточный), 71,64 – 73,81% (кострец безостый). На процессы создания водопрочных агрегатов новые растения (горец, растопыренный и свербига восточная) оказывали меньшее воздействие, чем злаковые и бобовые растения.

Между накоплением органического вещества и формированием структурных агрегатов установлена тесная корреляционная зависимость ($r^2 = 0,81$).

Формирование водопрочных агрегатов на 67% зависело от накопления биомассы свежего органического вещества.

В результате «работы» корней в течение четырёхлетнего произрастания растений пахотный горизонт приобретает благоприятную мелкокомковато-зернистую структуру. Положительное воздействие на процессы структурообразования оказывали все многолетние растения.

Нами отмечено, что большую роль на процессы формирования почвенной структуры оказывал тип корневой системы. Растения с мочковатой и смешанной корневой системой эффективнее воздействовали на формирование наиболее агрономически ценной части структурных агрегатов почвы, чем растения, имеющие стержневую корневую систему.

3.7 Продуктивность звеньев полевых севооборотов с участием фитомелиоративных растений

Для выяснения перспективности той или иной культуры важно установить, каковы ее хозяйственная ценность при обычных приемах возделывания,

устойчивость и высота урожаев, возможность получения семян на месте возделывания.

3.7.1 Продуктивность фитомелиоративных растений

Нами установлено, что горец растопыренный обладает высоким потенциалом продуктивности. Он обеспечивает высокие урожаи зелёной массы и семян. Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о том, что по урожайности горец растопыренный превосходил все другие растения. В среднем за 3 года она составила 17,81 т/га сухого вещества.

Козлятник восточный – весьма перспективная культура, так как обладает высокой урожайностью, долголетием, семеноводство его в условиях области надежное. В наших опытах козлятник восточный в среднем за 3 года обеспечивал получение 10,70 т/га сухого вещества.

Таблица 14 – Продуктивность многолетних растений (сухое вещество), т/га

Вид	второй год	третий год	четвертый год	среднее за три года
Козлятник восточный	8,47	11,22	12,41	10,70
Горец растопыренный	14,78	18,51	20,17	17,81
Свербига восточная	10,47	11,94	12,73	11,79
НСР _{0,5}	1,07	1,21	1,55	-

Свербига восточная нами отнесена к группе перспективных кормовых культур. От традиционных культур она отличается скороспелостью, высокой, устойчивой урожайностью, надёжным семеноводством. По урожайности сухого вещества свербига восточная уступала только горцу растопыренному. Урожайность свербиги в среднем за три года составила 11,79 т/га сухой биомассы.

Представленные данные позволяют сделать вывод, что высоким потенциалом продуктивности обладали: горец растопыренный, свербига восточная и козлятник восточный. Традиционно возделываемые в Предбайкалье растения, такие как люцерна, посевная, клевер красный и костреч безостый по продуктивности уступали новым и малораспространённым растениям на 37,6%.

3.7.2 Урожайность зерна пшеницы

Проведенные исследования показали, что использование многолетних растений на сидеральные и фитомелиоративные цели в качестве предшественников способствовало повышению урожайности пшеницы. В первый год после распашки пласта многолетних растений наиболее высокий урожай пшеницы был получен при размещении её по многолетним бобовым травам и свербиги восточной (3,25-3,62). По сравнению с достигнутой в звене: пар чистый – пшеница урожайностью зерна (3,08 т/га), эти звенья севооборотов обеспечивали её повышение на 0,17-0,54 т/га.

Однако, при размещении пшеницы после многолетних злаковых трав, клеверу и горцу растопыренному была получена меньшая по сравнению с чистым паром урожайностью пшеницы, полученной при размещении её по чистому пару.

Новые и малораспространённые растения как предшественники оказывали положительное влияние на рост, развитие и урожайность пшеницы, как в прямом действии - первый год, так и в последствии (во второй год использования). Высокая эффективность фитомелиоративных растений в севооборотах состояла в том, что они обладали длительным последствием.

Таблица 15 – Урожайность зерна пшеницы, размещенной после многолетних растений (в прямом действии – первый год и в последствии – во второй год), т/га

Звено севооборотов	Урожайность зерна		
	прямое действие	последствие	всего за два года
Козлятник – пшеница	3,62	2,30	5,92
Горец – пшеница	2,94	1,96	4,90
Свербига – пшеница	3,35	1,87	5,22
НСР ₀₅	0,11	0,10	-

Во второй год (в последствии) наиболее высокая урожайность была отмечена при размещении пшеницы после козлятника восточного и люцерны посевной. Паровое поле обеспечивало высокую урожайность зерна пшеницы лишь в первый год после парования, а во второй год наблюдалось резкое снижение урожайности (в 3 раза).

Урожайность пшеницы по другим многолетним растениям по сравнению с паровым предшественником в последствии была на уровне 1,51 – 1,96 т/га (выше парового предшественника на 0,40-0,85 т/га).

3.7.3 Продуктивность звеньев севооборотов

Многолетние растения оказывали многостороннее положительное влияние на основные элементы почвенного плодородия, что в конечном итоге способствовало повышению продуктивности звеньев севооборотов.

При оценке продуктивности звеньев севооборотов учитывалась продуктивность предшествующих растений и возделываемой после них пшеницы.

Наиболее высокая урожайность зерновых культур с 1 га посева получена по предшественнику – козлятник восточный – 2,96 т/га. По мятликовым предшественникам (кострец и канареечник) была получена наименьшая урожайность пшеницы – в среднем по двум полям севооборота они составили 2,16 и 2,22 т/га.

Наибольшая зерна с единицы севооборотной площади обеспечено звено севооборота с включением в схему чередования козлятника восточного –

1,97 т/га. На уровне 1,44-1,83 т/га выход зерна отмечается на других вариантах звеньев севооборотов.

Таблица 16 – Оценка продуктивности звеньев севооборотов

Звено севооборота	Урожайность зерновых с 1 га посева, т/га	Выход с 1 га севооборотной площади, т	
		зерна	кормовых единиц
Козлятник – пшеница – пшеница	2,96	1,97	4,66
Горец – пшеница – пшеница	2,45	1,63	3,69
Свербига – пшеница – пшеница	2,61	1,74	4,30

При оценке продуктивности экспериментальных схем звеньев севооборотов особый интерес представляет выход кормовых единиц с 1 га севооборотной площади. Наименьший выход кормовых единиц оказался в зернопаровом севообороте (2,04 т/га). Более 4 тонн кормовых единиц с 1 гектара севооборотной площади получены в звеньях с участием козлятника, свербиги, эспарцета и люцерны.

3.8 Оценка качества зерна

Нами изучалось влияние многолетних растений как предшественников на урожайность и качество зерна пшеницы сорта Тулунская 12. При оценке качества определялись стекловидность, натурная масса и масса 1000 зерен, содержание в зерне сырого белка, сырой клейковины.

По мнению технологов, натурная масса имеет прямое отношение к выходу муки. Пшеница с низкой натурой бывает щуплая и, следовательно, имеет пониженный выход ценной продукции.

Масса 1000 зерен характеризует выполненность зерна. Этот качественный показатель зависит от особенностей сорта и условий возделывания культуры.

По мнению Л.Л. Калеп (1970), И.М. Коданева (1976), высокая стекловидность, как правило, отражает повышенное содержание в зерне белковых веществ.

Проведенные исследования показали, что размещение пшеницы после многолетних растений способствовало улучшению показателей качества зерна пшеницы.

Содержание белка в зерне пшеницы, выращенной при размещении её после чистого пара, было 15,0%. Содержание белка повышалось до 15,2...15,8% – при возделывания её после козлятника восточного, эспарцета песчаного, свербиги восточной, люцерны посевной, клевера красного (прибавка на 0,6...5%), содержание клейковины повышалось на 3,0...18,8%.

Таблица 17 – Качество зерна пшеницы, возделываемой после различных предшественников в прямом действии

Предшественник	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %	Стекловидность, %	Натурная масса, г/л	Масса 1000 зерен, г
Козлятник восточный	15,8	34,0	81,4	744	34,7
Горец растопыренный	15,0	26,3	75,3	740	28,7
Свербига восточная	15,2	30,7	77,4	743	30,7
НСР ₀₅	0,2	1,7	2,4	1,2	0,4

Натурная масса, стекловидность, масса 1000 семян были на уровне показателей, полученных на контроле (поле чистого пара). Высокие показатели качества зерна обеспечивали выход муки с хорошими хлебопекарными качествами. Пробные выпечки хлеба свидетельствовали о хороших хлебопекарных качествах муки.

Во второй год действия предшественника наблюдалось снижение качества зерна во всех исследуемых вариантах. Наибольшее снижение качественных показателей зерна отмечалось в посевах пшеницы, размещённой по чистому пару. Козлятник восточный, эспарцет песчаный, люцерна посевная, горец растопыренный, свербига восточная как предшественники обеспечивали получение зерна высокого качества.



Рисунок 5 – Пробная выпечка хлеба из муки пшеницы, выращенной после козлятника восточного



Рисунок 6 – Пробная выпечка хлеба из муки пшеницы, выращенной после костреца безостого

Содержание белка в зерне пшеницы, полученного в экспериментальных звеньях севооборотов, колебалось от 14,0 (при размещении её по пару) до 14,8% (при размещении её по козлятнику восточному), что соответствовало требованиям стандарта. Содержание сырой клейковины было на уровне требований стандарта лишь в зерне, полученном при размещении пшеницы по новым и малораспространённым растениям.

Низкие показатели качества были характерны для зерна, полученного при возделывании пшеницы, размещаемой после пласта многолетних растений семейства злаковых и чистого пара.

Таблица 18 – Качество зерна пшеницы, возделываемой после различных предшественников в последствии

Предшественник	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %	Стекло-видность, %	Натурная масса, г/л	Масса 1000 зерен, г
Козлятник восточный	14,8	30,7	76,4	734	30,7
Горец растопыренный	14,3	28,4	80,5	730	30,1
Свербига восточная	14,3	28,1	78,3	733	29,3
НСР ₀₅	0,3	1,3	2,8	1,4	0,6

Таким образом, введение в звенья севооборотов фитомелиоративных растений способствовало резкому повышению продуктивности и качества зерна пшеницы.

4. Экономическая эффективность фитомелиорации

Экономическая оценка позволяет судить о целесообразности использования того или иного сочетания звеньев полевых севооборотов с сидерацией в условиях Предбайкалья.

Для экономической оценки звеньев полевых севооборотов использовалась методика ВНИИК (1974) и Т.Ф. Третьяковой (1983), в соответствии с которой её эффективность определялась по следующим показателям: продуктивности, выходу зерновых и кормовых единиц, переваримого протеина, условных кормопротеиновых единиц (КПЕ) с одного гектара, затратам труда, себестоимости одного центнера сухого вещества, кормовых единиц и КПЕ. По этим показателям производились расчеты чистого дохода, уровня рентабельности производства.

Нами проводился расчет затрат труда и средств, связанных с возделыванием различных сидеральных и фитомелиоративных растений, эффективность их использования на кормовые цели и в качестве предшественников, цены по нормам и расценкам, принятым на 2015 год в хозяйствах Иркутской области.

Затраты труда и денежных средств, вложенных в первый год жизни растений, разделены нами на все годы проведения исследований, по всем рассматриваемым приемам возделывания.

В первую очередь нами рассчитывалась экономическая эффективность сидеральных и фитомелиоративных растений как кормовых культур. Новые растения при этом они сравнивались с традиционными растениями.

По продуктивности сухого вещества, выходу кормовых единиц, переваримому протеину и кормо-протеиновым единицам новые растения значительно превосходили традиционные.

Важнейшим показателем эффективности многолетних растений, используемых на кормовые цели, является себестоимость одной тонны кормо-протеиновых единиц. Себестоимость одной тонны кормо-протеиновых единиц бобовых растений была ниже, а чистый доход был значительно выше. В качестве итогового показателя эффективности новых растений рассчитывалась рентабельность (прибыльность). Все возделываемые растения имели высокую рентабельность производимой продукции. Наиболее высокий уровень рентабельности производства кормовых единиц обеспечивало возделывание козлятника восточного и эспарцета песчаного.

Экономическая эффективность сидеральных и фитомелиоративных растений как предшественников сравнивалась с чистым паром.

В основу анализа экономической эффективности многолетних растений нами положен расчет основных экономических показателей по звеньям различных севооборотов.

Таблица 19 – Показатели экономической эффективности возделывания многолетних растений на кормовые цели

Показатели		Варианты опыта		
		козлятник	горец	свербига
1	Выход сухого вещества, т/га	10,70	17,82	11,71
2	Выход кормовых единиц, т/га	5,35	3,92	5,27
3	Выход переваримого протеина, т/га	0,94	0,58	0,90
4	Выход условно кормопротеиновых единиц (КПЕ), т/га	6,91	4,57	6,69
5	Затраты труда на 1га, чел-час.	13,60	19,54	14,44
6	Производительность труда, т к.ед/га	0,39	0,20	0,36
7	Производственные затраты, руб/га	4800	5390	5970
8	Себестоимость сухого вещества, руб/т	448,60	302,47	509,82
9	Себестоимость 1 т к.ед, руб	897,20	1375,00	1132,83
10	Себестоимость 1 КПЕ, руб	694,65	1179,43	892,38
11	Стоимость продукции по ср. рыночным ценам, руб/га	13375	9800	13175
12	Чистый доход, руб/га	8575	4410	7205
13	Уровень рентабельности, %	179	81	121

Расчеты показали, что звенья севооборотов, где в качестве предшественников пшеницы использовались многолетние растения по сравнению со звеном севооборота: чистый пар – пшеница – пшеница, обеспечивали значительно более высокий выход кормовых единиц с 1 гектара севооборотной площади.

Таблица 20 – Экономическая эффективность многолетних растений, используемых в севооборотах в качестве предшественников

Показатели	Звенья севооборотов			
	Пар-пшеница	Козлятник - пшеница	Горец-пшеница	Свербига-пшеница
Урожайность, т/га Предшественника (кормовых единиц) Пшеницы	- 3,50	6,21 3,62	4,43 2,94	5,72 3,35
Выход с 1 га за 2 г, т Кормовых единиц	4,49	10,59	7,98	9,77
Переваримого протеина КПЕ	0,45 4,27	1,18 10,61	0,89 8,00	1,10 9,84
Производственные затраты, руб/га	5720	10213	10680	11340
Себестоимость к. ед., руб/т	1538	964	1338	1161
Стоимость продукции по рыночным ценам, руб/га	11225	24475	19950	24425
Условно чистый доход, руб/га	5800	14262	9270	13085
Уровень рентабельности, %	96	140	86	115

Экономическая эффективность сидеральных и фитомелиоративных растений как предшественников сравнивалась с чистым паром.

В основу анализа экономической эффективности многолетних растений нами положен расчет основных экономических показателей по звеньям различных севооборотов.

Расчеты показали, что звенья севооборотов, где в качестве предшественников пшеницы использовались многолетние растения по сравнению со звеном севооборота: чистый пар – пшеница – пшеница, обеспечивали значительно более высокий выход кормовых единиц с 1 гектара севооборотной площади.

Одним из основных показателей эффективности звеньев севооборотов с многолетними растениями, используемых на сидеральные и фитомелиоративные цели явились стоимостные. Стоимость произведенной растениеводческой продукции в этих звеньях в расчете на 1 га повысилась в 1,4-2,3 раза, условно чистый доход – в 1,5-3,8 раза.

Таблица 21 – Экономическая эффективность звеньев полевых севооборотов

Звено севооборота	Продуктивность к. ед., т/га	Затраты, тыс. руб/га	Себестоимость 1 т к.ед., руб.	Стоимость продукции, тыс. руб/га	Чистый доход, тыс. руб/га	Рентабельность, %
Козлятник – пшеница – пшеница	4,66	5,00	1,07	11,65	6,65	133
Горец – пшеница – пшеница	3,69	5,09	1,37	9,23	4,14	81
Свербига – пшеница – пшеница	4,30	5,27	1,22	10,75	5,48	104
Пар – пшеница – пшеница	2,04	3,33	1,63	5,10	1,77	53

Максимальные значения рентабельности производства отмечались в экспериментальных посевах новых и малораспространённых растений: козлятника восточного – 133%, эспарцета песчаного – 104% и свербиги посевной – 104%. На этом же уровне эффективности оказалось звено севооборота с участием традиционно возделываемой в регионе люцерны посевной – 109%. Наименьший уровень рентабельности был в звеньях севооборотов с участием растений семейства мятликовых (кострец и канареечник) и клевера красного.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Фитомелиорация почв (растительная мелиорация) – новый технологический прием, который усиливает и ускоряет процессы расширенного воспроизводства и плодородия почв.

2. Фитомелиорация – агроэкологически обоснованный и доступный агротехнический прием, рекомендованный для широкого применения в органическом земледелии Иркутской области.

3. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что наиболее полно функции фитомелиоративных растений в условиях региона выполняют козлятник восточный, свербига восточная и горец растопыренный.

4. Фитомелиоративные растения обладают комплексом ценных морфологических и эколого-биологических свойств, они засухо- и морозостойки, обеспечивают высокую продуктивность зеленой массы и семян на низкоплодородных почвах.

5. Площадь листовой поверхности фитомелиоративных растений достигает 58,6-79,9 тыс.м²/га, фотосинтетический потенциал 1,85-2,36 млн.м²/га/дней, что выше нормативов растений со сверх высокой фотосинтезирующей способностью.

6. Фитомелиоративные растения обладают мощной корневой системой. Количество свежего органического вещества, поступающего в почву вместе с корневыми и пожнивными остатками, достигало: при возделывании козлятника восточного – 23,1 т/га, сверби́ги восточной – 22,9 т/га, горца растопыренного – 25,1 т/га. Поступившее в почву свежее органическое вещество послужило источником для образования гумуса. Его содержание в слое почвы 0-40 см за четыре года увеличилось на 15-17 т/га.

7. Корневая система фитомелиоративных растений обладает способностью усваивать рассеянный в почвенной толще азот, а из труднорастворимых соединений и подпахотных горизонтов – фосфор, калий и кальций. Содержание азота в корневых и пожневных остатках достигало 318,7-456,9 кг/га, фосфора – 50,2-64,6, калия – 143,6-489,3, кальция – 116,1-296,1 кг/га.

8. Важнейшим источником регулирования азотного фонда почвы является симбиотическая азотфиксация атмосферного азота за счёт культуры бобовых растений. Масса активной клубеньковой ткани достигала 378,4 кг/га.

9. Фитомелиоративные многолетние растения оказывают положительное влияние на химические свойства почвы. Изменение показателей почвенной кислотности (величина рН) составило 0,17 единиц (с 5,08 до 5,25).

10. Под воздействием фитомелиоративных растений улучшились физические свойства почв, повысилось содержание агрономически наиболее ценной фракции структурных и водопрочных агрегатов (с 53,9 до 78,4% и с 24,0 до 61,7%) соответственно.

11. По сравнению со звеном: чистый пар – пшеница – пшеница продуктивность звеньев севооборотов с участием многолетних фитомелиоративных растений увеличивалась в 1,4-2,4 раза.

12. Анализ экономической эффективности показал, что экспериментальные звенья полевых севооборотов обеспечивали получение более высокого чистого дохода и уровня рентабельности. В звеньях севооборота с участием многолетних растений в сравнении с чистым паром чистый доход возрастал с 1,77 до 6,65 тыс. руб/га, уровень рентабельности с – 53 до 133%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин Н.С. Повышение плодородия кислых почв / Н.С. Авдонин. – М.: Колос, 1969. – 303 с.
2. Агроклиматические ресурсы Иркутской области. / Под. ред. В.И. Гонтарь. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 207 с.
3. Агроклиматический справочник по Иркутской области. – Л.: Гидрометеоиздат, 1962. – 158 с.
4. Агрохимическая характеристика сельскохозяйственных угодий Иркутской области на 01.01. 2000 /Л.И. Сысоев. – Иркутск, 2000. – 100 с.
5. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации /Л.Н. Александрова. – Л., 1980. – 298 с.
6. Алексеев Е.К. Зеленое удобрение в Нечерноземной полосе Е.К. Алексеев. – М., Сельхозгиз, 1959. – 278 с.
7. Анспок П.И. Микроудобрения. Справочная книга – Ленинград: издательство «Колос», 1978. – 272 с.
8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв /Е.В. Аринушкина. – М., 1970. – 487 с.
9. Брикман В.И. Горьц Забайкальский // Интенсивное кормопроизводство в Восточной Сибири. /В.И. Брикман, С.Г. Гренда, А.М. Емельянов. – М.: Агропромиздат, 1986. – С.24.
10. Буддо И.С. Местные дикорастущие травы в полевом травосеянии /И.С. Буддо. – Иркутск, 1950. – 36 с.
11. Вавилов Н.И. Пять континентов /Н.И. Вавилов //Повесть о путешествиях в поисках новых растений, т. 1-5, М.: Географгиз, 1962. – 256 с.
12. Вдовина М.Н. Рекомендации по семеноводству эспарцета песчаного в Иркутской области. /М.Н. Вдовина, С.Г. Гренда, Ф.С. Султанов. – Иркутск, 1985. – 9 с.
13. Возбуцкая А.Е. Химия почвы /А.Е. Возбудская. – М.: Высш. шк., 1968. – 426 с.
14. Возделывание донника в Иркутской области /Ш.К. Хуснидинов, С.Г. Гренда, С.К. Козловский и др. – Иркутск, 1984. – 29 с.
15. Воробьев С.А. Севообороты интенсивного земледелия /С.А. Воробьев. – М.: Колос, 1979. – 368 с.
16. Гамзиков Г.П. Азотный фонд почв Западной Сибири и пути использования азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры /Г.П. Гамзиков. – Новосибирск, 1981. – 46 с.
17. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири /Г.П. Гамзиков. –М.: Наука, 1981. – 266 с.
18. Ганжара Н.Ф. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества подзолистых и черноземных почв Европейской части СССР /Н.Ф. Ганжа //Автореферат дис. Д.б.н. –М.: 1988. – 31 с.
19. Гедройц К.К. Избранные сочинения в 3 томах /К.К. Гедройц. Т. 1: Почвенные каллоиды и поглощательная способность почв. – М., 1955. – 569 с.
20. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР /К.Е. Гинзбург. – М.: Наука, 1981. – 244 с.

21. Гладкий М.Ф. и др. Эспарцет /М.Ф. Гладкий. – М.: Колос. – 1971. – 53 с.
22. Головин В.П. Нетрадиционные культуры /В.П. Головин //Земледелие. – 1993. - № 6. – С. 16.
23. Гончаров П.Л. Научные основы травосеяния в Сибири /П.Л. Гончаров //Все-союз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 288 с.
24. Горец забайкальский /К.А. Моисеев, В.С. Соколов, М.И. Александрова и др. // Малораспространенные силосные культуры. – Л.: Колос, 1979. – С. 94-117.
25. Гренда С.Г. Рекомендации по возделыванию эспарцета на корм и семена. / С.Г. Гренда, Ф.С. Султанов, Г.Н. Черненко. – Иркутск, 1988. – 16 с.
26. Гринченко А.М. Трансформация гумуса при сельскохозяйственном использовании почв /А.М. Гринченко, В.Д. муха, Г.Я. Чесняк // Вестник с-х науки. – 1979. – №1. – С. 36-40.
27. Гришина Л.А. Гумусообразование и Гумусное состояние почв /Л.А. Гришина. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 243 с.
28. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 2007 году / Е.В. Кучменко, Т.А. Маркова, Иркутск: ООО «Бланкиздат», 2008. – 360 с.
29. Демина А.Е. Горец Забайкальский /А.Е. Демина, П.Е. Суслов //Земледелие. – 1983. – № 7. – С. 40.
30. Дмитриев В.Е. Семеноводство эспарцета сибирского /В.Е. Дмитриев //Кормо-производство. –1986. - №2. – С. 46-48.
31. Добровольский Г.В. Экологические функции почв /Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 137 с.
32. Дьяконова К.В. Баланс и трансформация органического вещества пахотных почв /К.В. Дьяконова, В.С. Булева //Сборник науч. тр. Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. – м.: 1987. – С. 12-22.
33. Ефимов Д.А., Донских И.Н., Царенко В.П. Система удобрения – М.: «Колос», 2003. – 319 с.
34. Житов, В.В. Агрохимия в условиях юга Восточной Сибири : учеб. пособие / В.В. Житов, А.А. Долгополов, Н.Н. Дмитриев. – Иркутск: ИрГСХА, 2004. – 336 с.
35. Житов В.В., Дмитриев Н.Н. Зональные основы системы удобрений в земледелии Иркутской области – Иркутск, ИрГСХА, 2013. – 140 с.
36. Житов В.В., Долгополов А.А., Дмитриев Н.Н., Прокопьева Л.Р. Плодородие почв, эффективность удобрений, методы оптимизации питания в земледелии Иркутской области. Учебное пособие – Иркутск, ИрГСХА, 200. – 144 с.
37. Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи /П.М. Жуковский. – Л.: Колос, 1971. – 751 с.
38. Карашук И.М. Возделывание эспарцета в Западной Сибири: Методические рекомендации. /И.М. Карашук, И.М. Глинчиков, Р.П. Титова. – Новосибирск, 1976. – 43 с.

39. Карпенко А.П. Свербига восточная / А.П. Карпенко, А.И. Вакуленко, Т.В. Мацына //Кормопроизводство. – 1990, № 6. – С. 16-17.
40. Картушин В. Агроклиматические ресурсы юга Восточной Сибири /В. Картушин: Пояснительный текст к серий агроклиматических карт Иркутской, Читинской областей и Бурятской АССР. – Иркутск, Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1969. – 99 с.
41. Каталымов М.В. Справочник по минеральным удобрениям. Теория и практика применения / М.В. Каталымов – М.: Сельхозгиз, 1960. – 552 с.
42. Качинский Н.А. Структура почвы / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во МГУ, 1963. – 100 с.
43. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур – М : ВО «Агропромиздат», 1989. – 320 с.
44. Кефели В.И. Продуктивность растений и плодородие почв как биосферное явление / В.И. Кефели, А.Е. Калевич, М.В. Филимонова //Почвоведение, 1995. – № 1. – С. 43-49.
45. Кирюшин В.Н. Концепция оптимизации режима органического вещества в агроландшафтах /В.Н. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара, И.С. Кауричев и др. – М.: Изд – во МСХ, 1993. – 98 с.
46. Климов Л.И. Некоторые агротехнические приемы возделывания эспарцета песчаного в Пензинской области /Л.И. Климов: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. – Воронеж, 1963. – 17 с.
47. Ковальский В.В. Микроэлементы в растениях и кормах /В.В. Ковальский, Ю.И. Раецкая, Т.И. Грачева. – М.: Колос, 1971. – 236 с.
48. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова /В.А. Ковда. – М., 1985. – 263 с.
49. Кононова М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения /М.М. Кононова. –М.: Изд-во АН СССР, 1963.- 314 с.
50. Кореньков В.Н., Продуктивное использование минеральных удобрений – М.: Россельхозиздат, 1985. – 221 с.
51. Корзун М.А. Почвы Иркутской области /М.А. Корзун, В.А. Кузьмин //Почвы Иркутской области, их использование и мелирация. – Иркутск, 1979. – С. 17-33.
52. Кочергин А.Е. Условия азотного питания зерновых культур в черноземах Сибири / А.Е. Кочергин //Агробиология. – 1956. – №2. С. 76-88.
53. Кузнецов В.М. Горец Забайкальский и перспективы его введения в культуру /В.М. Кузнецов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 97 с.
54. Кузнецова А.И. Агроэкономические обоснования системы земледелия и севооборотов в лесостепной зоне Иркутской области /А.И. Кузнецова. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1970. – 110 с.
55. Кузнецова Е.Н. Эколого-биологические основы интродукции горца забайкальского (растопыренного) *Polygonum divaricatum* L. в Иркутской области /Е.Н. Кузнецова: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Иркутск, 1999. – 18 с.
56. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья /В.А. Кузьмин. – Новосибирск: Наука, 1988. – 159 с.

57. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений /Т.Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.
58. Ларина В.И. Свербига восточная в лесостепи Украины / В.И. ларина //Кор-мопроизводство. – 1999. – №8. – С. 22-23.
59. Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне /А.М. Лыков. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 143 с.
60. Лыков А.М. Гумус и плодородие почвы /А.М. Лыков. – М.: Моск. Рабочий, 1985. – 191 с.
61. Макаров В.Т. Комплексный метод преобразования дерново – подзолистых почв и его эффективность /В.Т. Макаров. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 176 с.
62. Масалимов Т.М. Донник /Т.М. Масалимов. – Уфа, 1991. – 176 с.
63. Медведев П.Ф. Малораспространенные кормовые культуры /П.Ф. Медведев. – Л.: Колос, 1970. – С. 64-69.
64. Мелешко Н.А. Донник /Н.А. Мелешко СХЧ, 1934. – 140 с.
65. Мельников В.Н. Изменение симбиотической активности и урожайности козлятника восточного в зависимости от параметров технологических приемов и интенсивности использования посева /В.Н. Мельников: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. - М., 1994.- 16 с.
66. Минеев В.Г. Агрохимия – М: Издательство МГУ им. М.В.Ломоносова, 2004. – 718 с.
67. Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция – М: Издательство ЦИНАО, 2000. – 40 с.
68. Надеждин Б.В. Лено-Ангарская лесостепь /Б.В. Надеждин: Почвенно-геогра-фический очерк. – М., 1961. – С. 149-312.
69. Нарциссов В.П. Научные основы систем земледелия /В.П. Нарциссов. – М.: Колос, 1982. – 328 с.
70. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев /А.А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1956.- 93с.
71. Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений /А.В. Петербургский. – М., Россельхозиздат. – 1981. – 184 с.
72. Помазкина Л.В. Агрохимия азота в таежной зоне Прибайкалья /Л.В. Помазкина. – Новосибирск: Наука. – 1985. – 176 с.
73. Пономарева В.В. Теория почвообразовательного процесса /В.В. Пономарева. – М.: Наука, 1964. – 273 с.
74. Посыпанов Г.С. Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях /Г.С. Посыпанов //Изв. ТСХА. – М., 1983. – Вып.5. – С. 17-26.
75. Прянишников Д.Н. Об удобрении полей и севооборотах /Д.Н. Прянишников: Избр. статьи. – М., 1962. – 255 с.
76. Ревут И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 314 с.
77. Рекомендации по возделыванию козлятника восточного в Иркутской области /Ш.К. Хуснидинов, Р.А. Василевич, Г.И. Покровская и др.– Иркутск: Редакционно-изд. центр ГП «Облиформпечать», 1993.-11 с.

78. Рябинина О.В. Особенности формирования травостоя и продуктивности эспарцета песчаного в зависимости от сроков, способов посева и норм высева /О.В. Рябинина, Ш.К. Хуснидинов. – Иркутск, 1999. – Вып. № 15. – С. 4-7.

79. Соколов А.В. Определение запасов в почве усвояемых фосфатов, их состава, степени подвижности /А.В. Соколов //Почвоведение. – 1968. - № 8. – С. 10-18.

80. Солодун В.И., Зайцев А.М., Филиппов А.С., Такаландзе Г.О. Научные основы адаптивно-ландшафтных систем земледелия Предбайкалья. Учебное пособие – Иркутск, Издательство ФГОУ ИрГСХА, 2012. – 448 с.

81. Суворов В.В. Донник /В.В. Суворов. – Л.-М.: Сельхозгиз, 1962. – 182 с.

82. Тейт Р. Органическое вещество почвы /Р. Тейт. – М.: Мир, 1991. – 397 с.

83. Третьякова Г.Ф. Методические указания по составлению технологических карт в растениеводстве / Г.Ф. Третьякова. – Иркутск, 1993. – 7 с.

84. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии /И.В. Тюрин. – М., 1965.- 319 с.

85. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах /А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.И. Чмора и др. – М.: Изд-во АН СССР. – 1961. – 135 с.

86. Хейфец Д.М. Запасы фосфора в различных почвах Советского Союза /Д.М. Хейфец //Тр. ин-та Почв, ин-т. ВАСХНИЛ. – М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 5-19.

87. Хуснидинов, Ш.К. Сидеральная система земледелия Предбайкалья: Монография / Ш.К. Хуснидинов, Н.Н. Дмитриев, Г.О. Хуснидинов, Р.В.Замашиков. – М.: Из-во «Перо», 2014. – 232 с.

88. Хуснидинов Ш.К., Долгополов А.А., Покровская Г.Н. Растениеводство Предбайкалья – Иркутск, Издательство ИрГСХА, 2000. – 462 с.

89. Хуснидинов Ш.К. Долголетие и продуктивность галеги (козлятника) восточной /Ш.К. Хуснидинов, Т.Г. Кудрявцева //Вестник ИрГСХА. – Иркутск, 1999. – Вып. 15. – С. 17-20.

91. Хуснидинов Ш.К. Научно-методические основы применения удобрений и мелиорантов в Предбайкалье/Ш.К. Хуснидинов, М.В. Бутырин, Н.Н. Дмитриев, Е.И. Романчук: Учебное пособие. – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2017. – 248 с.

92. Хуснидинов Ш.К. Нетрадиционные сидеральные культуры и плодородие почв Прибайкалья /Ш.К. Хуснидинов. – Иркутск, 1999. – 187 с.

93. Хуснидинов Ш.К. Новые малораспространенные культуры в Иркутской области/ Ш.К. Хуснидинов. – Иркутск, 1999. – 232 с.

94. Шарков И.Н. Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири /И.Н. Шарков //Автореф. Дис. Д.б.н. – Новосибирск, 1997. – 37 с.

95. Шевчук В.Е. Донник в Иркутской области /В.Е. Шевчук. – Иркутск, Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1969. – 75 с.

Хуснидинов Ш.К., Замащиков Р.В., Дмитриев Н.Н., Анатолян А.А.,
Иванова Е.И., Дмитриев Н.Н., Тириков А.В., Шурко Д.А.

ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ
ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

Научно-практические рекомендации

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.
Подписано в печать 14.10.2021 г.
Тираж 60 экз.

Издательство ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н,
пос. Молодежный

