

ОТЗЫВЧИВОСТЬ ОВСА И ВИКИ НА МЕЛИОРАТИВНЫЕ ПРИЕМЫ И СРЕДСТВА ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАКУСТАРЕННЫХ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ

*А.И. Иванов, чл.-корр. РАН, СЗЦППО-ФГБУН СПбФИЦ РАН
E-mail: ivanovai2009@yandex.ru. Тел.: +7 (911) 082-57-81*

В трехфакторном микрополевым опыте изучена отзывчивость однолетних трав, представленных бинарным посевом овса посевного и вики посевной, на применение комплекса традиционных мелиорантов (птичьего помета и доломитовой муки), продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности (ДКР) и орошения супесчаной и среднесуглинистой дерново-подзолистых почв. Установлено, что вика посевная на тяжелой почве повысила продуктивность на 89 %, а овес посевной – снизил на 16 %. Орошение увеличило урожайность их зеленой массы на 30 и 36 %, а применение комплекса традиционных мелиорантов – на 66 и 52 % соответственно. Заделка в почву хвойной и лиственной древесной сечки и их биоуглей снизила в среднем по вариантам продуктивность однолетних трав на 7, 36 и 4 % соответственно.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, традиционный мелиорант, древесная сечка, биоуголь, орошение, птичий помет, агрономическая эффективность.

Для цитирования: *Иванов А.И.* Отзывчивость овса и вики на мелиоративные приемы и средства при освоении закустаренных залежных земель. // *Плодородие.* – 2026. – №1. – С. 9-15. DOI: 10.25680/S19948603.2026.148.02.

В конце 20-х годов 20 в. Д.Н. Прянишников настаивал на всемерном освоении земельного фонда Нечерноземья, видя в этом главный залог избавления крестьянства от безработицы, а народа – от голода [19]. Его идеи в значительной мере были реализованы лишь в 70-80-е годы [20]. Однако сохранить и приумножить безусловные достижения целого поколения крестьян к настоящему времени не удалось [5, 20].

Анализ имеющихся статистических и мониторинговых данных показывает, что современное агрономическое состояние и плодородие почв сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны России быстро ухудшаются [12, 24, 26]. На фоне низкой хозяйственной востребованности сельскохозяйственных (61 %), в том числе мелиорированных (69 %), угодий [20] сельскохозяйственные земли подвергаются вторичному заболачиванию и зарастанию древесно-кустарниковой растительностью (ДКР) [1, 3, 26]. Постепенная деградация агрономического состояния угодий и необходимость в регулярном культуртехническом сопровождении являются естественной особенностью земледелия Нечерноземной полосы [11, 20].

В современных погодноклиматических условиях кратковременное переувлажнение может проявляться на 92 % площади сельскохозяйственных угодий Нечерноземья, а опасное длительное – на 54 % [6]. В Ленинградской, Псковской и Новгородской областях Северо-Запада РФ фактический уровень зарастания пашни ДКР составляет 42, 46 и 57 % соответственно. Средний запас её надземной биомассы сегодня в настоящее время оценивается в 132-154 т/га, а максимальный – может достигать 250 т/га и более [8, 20]. В пересчете на углерод это составляет от 20 до 33 т/га, которые при правильном обращении могут преобразоваться в 44-72 т/га органического вещества почвы различной степени устойчивости, а при неправильном – в 74-121 т/га диоксида углерода. Последнее недопустимо ни с агрономических, ни с экологических позиций [2, 7, 9]. Тем более, что в нашей стране официально принят курс на низкоуглеродное технологическое перевооружение и устойчивое развитие сельского хозяйства.

Однако, агротехнологическая проблематика вторичного освоения залежных земель региона усугубляется необходимостью преодоления ряда негативных

факторов. Среди них наибольшие риски представляют скрытая деградация эффективного плодородия почв [10, 14, 24], резкое повышение частоты погодноклиматических аномалий [6, 20] и негативное влияние на почву древесно-кустарниковой биомассы на начальном этапе освоения [7, 16, 23].

По этой причине успех реализации Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации [4] в Нечерноземной зоне напрямую зависит от принимаемых технологических решений в ходе проведения культуртехнической мелиорации и восстановления плодородия дерново-подзолистых почв [8, 24-27]. И в этом отношении существенным недостатком в поиске углероднейтральных технологических решений является слабая изученность применения в качестве мелиоранта дерново-подзолистых почв биоуглей, обладающих определенным потенциалом для улучшения физических и физико-химических свойств дерново-подзолистых почв [9, 15]. По-прежнему, далеко не безупречны в экологическом и экономическом отношении и технологические решения по преобразованию биомассы ДКР в органические [13, 18] и органоминеральные удобрения [21].

Цель исследования – оценить агрономическую эффективность применения в виде мелиорантов продуктов технологической переработки ДКР различной природы на однолетних травах в контрастных агроэкологических условиях (почвы тяжелого и легкого гранулометрического состава, естественный и прецизионный режимы увлажнения почвы).

Методика. Методической базой исследования служил микрополевым опыт в развернутом во времени овощекормовом севообороте однолетние травы – капуста белокочанная – свекла столовая – люпин узколистный – картофель – морковь столовая, заложенный в опорном пункте СЗЦППО в д. Речицы Гдовского района Псковской области. Объектами исследования были супесчаная и среднесуглинистая дерново-подзолистые почвы и доминирующие в современной структуре посевных площадей Северо-Запада РФ культуры овощекормового севооборота. В 2024 г. это были однолетние травы,

представленные бинарным посевом овса посевного и вики посевной.

Схема микрополевого опыта включала три фактора: разновидность почвы по гранулометрическому составу (супесчаная и среднесуглинистая); оросительная мелиорация (без орошения и орошение в режиме 65-75 % НВ); комплекс мелиорантов (контроль – без мелиорантов); древесная сечка хвойная (ДСх), 100 т/га; древесная сечка лиственная (ДСл), 100 т/га; биоуголь хвойный (БУх), экв. 100 т/га; биоуголь лиственный (БУл), экв. 100 т/га; комплекс традиционных мелиорантов (КТМ): доломитовая мука (ДМ), 1,5 Нг + птичий помет (ПП), 80 т/га; КТМ + древесная сечка хвойная (ДСх), 100 т/га; КТМ + древесная сечка лиственная (ДСл), 100 т/га; КТМ + биоуголь хвойный (БУх), экв. 100 т/га; КТМ + биоуголь лиственный (БУл), экв./100 т/га.

Почвы опыта ранее в ходе окультуривания в условиях землепользования совхоза «Гдовский» Гдовского района Псковской области были хорошо окультурены. Однако на протяжении последующей постарогенной деградации их свойства ухудшились до средней и слабой окультуренности. Супесчаная и среднесуглинистая почвы опыта развивались в пределах одного пахотного контура, почвенный покров которого был представлен литогенной мозаикой автоморфных и полугидроморфных дерново-подзолистых почв от песчаного до среднесуглинистого гранулометрического состава. После первичного естественного уплотнения супесчаная и среднесуглинистая разновидности почвы имели следующие агрофизические и агрохимические параметры: содержание физической глины – 16,2 и 32,9 %, структура – непрочная комковато-пылеватая и комковато-глыбистая, наименьшая влагоемкость – 24,2 и 37,9 %, плотность сложения – 1,22 и 1,29 г/см³, рН_{KCl} – 4,01 и 5,33, гидролитическая кислотность – 2,11 и 4,24 смоль(экв)/кг, сумма обменных оснований 6,59 и 8,12 смоль(экв)/кг, степень насыщенности основаниями – 64 и 66 %, содержание органического вещества – 3,08 и 4,45 %, подвижных соединений фосфора – 238 и 217 и калия – 92 и 125 мг/кг почвы.

В варианте с орошением ее уровень влажности почвы поддерживался в диапазоне 65-75 % НВ (15,7-18,2 % у супесчаной и 24,6-28,4 % – у среднесуглинистой почвы) нормированными поливами до 7 и 12 л/м² соответственно. Фактическая норма орошения за полевой сезон составила 142 л/м² на супесчаной почве и 104 л/м² на среднесуглинистой.

В качестве традиционных мелиорантов в опыте применялись гранулированный птичий помет (рН 7,92, влажность – 10,7 %, зольность – 36,4, валовое содержание азота – 3,55, фосфора – 4,47, калия – 2,55, кальция – 3,48, магния – 0,96 %) в дозе 80 т/га и стандартная доломитовая мука с содержанием 29,9 % СаО, 18,6 % MgO и нейтрализующей способностью 98,4 % в дозах 3,4 и 6,6 т/га в супесчаную и среднесуглинистую почву соответственно. Продукты переработки ДКР были получены из надземной биомассы растений, произрастающих на прилегающих к опыту сельскохозяйственных угодьях. Для производства сечки использовали садовый измельчитель CHAMPION SH280. Биоуголь производили из заготовленных древесных плашек посредством среднетемпературного пиролиза в закрытых металлических бочках объемом 220 л. Фактический выход биоугля из 100 т биомассы ДКР составил 10,3 т, по углероду он достиг 78 % от запаса элемента в первоначально загруженной

биомассе. Все мелиоранты последовательно (продукт ДКР → доломитовая мука → птичий помет) и равномерно вносили в почву разбросным способом и заделывали под перепахку почвы на глубину 25 см. В качестве фоновой под предпосевную фрезерную обработку почвы вносили полное минеральное удобрение в дозе N₅₀P₃₀K₇₀. В опыте возделывали однолетние травы, представляющие собой бинарную смесь овса посевного (*Avena sativa* L.) сорта Скакун и вики посевной (*Vicia sativa* L.) сорта Льговская 22 при соотношении в смеси 70/30. Посев в годы исследования проводился в третьей декаде апреля ручной механической сеялкой с нормой высева 180 кг/га.

Программа опыта включала наблюдения помимо фенологической части за ростом и развитием культур и почвенную – за водным и питательным режимами почвы. Полевая влажность почвы в пределах A_{max} контролировалась ежедневно полевым влагомером PAL-Soil, питательный режим – еженедельно с отбором тростьевым буром почвенных образцов и лабораторным определением в них минерального азота (суммы N-NO₃⁻ по ГОСТу 26951-2025 и N-NH₄⁺ по ГОСТу 58596-2019), подвижных фосфатов и калия (по ГОСТу Р 54650-2011). Учеты урожая проводили сплошным весовым методом по каждой культуре отдельно.

Общая и учетная площадь делянки в опыте составляла 3 м², повторность – 4-кратная. Основные экспериментальные данные подвергали статистической обработке на 5 %-ном уровне значимости дисперсионным методом анализа.

Результаты и их обсуждение. Среднестатистические агроклиматические условия региона весьма благоприятны для возделывания однолетних трав на основе бинарных смесей овса и вики. Как правило, максимальную их продуктивность удается достигнуть при некотором превышении относительно средних значений параметров теплообеспеченности [20]. Однако погодные условия в период исследования характеризовались острой засушливостью, когда типичная для региона поздневесенняя-раннелетняя засуха плавно переходила в свой летний вариант, где единственным плюсом было отсутствие критически высоких температур воздуха и почвы. Нормальное естественное увлажнение почвы наблюдалось только в заключительной части вегетационного периода однолетних трав – в июле. В результате средний за период роста и развития трав гидротермический коэффициент по Селянину составил 0,53 ед. Это стало одним из определяющих факторов динамики питательного и водного режима почвы, роста и развития растений, а также эффективности прецизионного орошения и применения традиционных и древесных мелиорантов.

Наблюдения за режимом влажности почвы показали, что на фоне естественного увлажнения он носил стабильно неблагоприятный характер. Так средняя полевая влажность пахотного слоя почвы у легкой и тяжелой разновидностей составила оптимальные 18,3 и 23,8 % при прорастании, критические 14,7 и 19,3 % при кущении-ветвлении культур и начале выхода в трубку, относительно благоприятные 17,0 и 21,5 % при выметывании метелки овса и бутонизации-цветении вики посевной. Необходимость в проведении нормированных поливов возникла сразу после появления полных всходов. На фоне почти провальной водопроницаемости супесчаной почвы нуждаемость в поливах здесь оказалась выше, чем на среднесуглинистой почве. При фактической полив-

ной норме от 3 до 7 л/м² (против 5-12 л/м² на тяжелой почве), частота проведения поливов здесь была более чем вдвое выше. Практически в течение всего вегетационного периода полевую влажность пахотного слоя дерново-подзолистой почвы в соответствующих делянках опыта удалось поддержать в пределах 15,5-18,0 % у супесчаной разновидности и 24,5-28,5% у среднесуглинистой.

Наблюдения за питательным режимом почвы посредством химико-аналитического исследования отбираемых в динамике образцов показали, что он был стабильно благоприятным в отношении фосфора, постепенно ухудшался в отношении калия и был крайне разнородным касательно азотного режима. Содержание подвижных фосфатов в изучаемых почвах без применения КТМ в течение вегетационного периода однолетних трав варьировало в пределах 206-247 мг/кг. Достоверное (более чем двукратное) повышение их содержания обнаружили только на фоне применения КТМ, а именно 80 т/га ПП, с которым в почву поступило 3192 кг фосфора. Фактический уровень увеличения содержания подвижных фосфатов достиг максимума к концу вегетации и составил в среднем по вариантам с КТМ от 249 мг/кг на тяжелой почве до 313 мг/кг на легкой.

В отличие от фосфора, калий внесенных удобрений (1821 кг в составе ПП и 70 кг/га – в минеральных удобрениях) быстрее взаимодействовал с почвой. Положительный эффект повышения содержания подвижного калия от фонового минерального удобрения был достоверным только в первые 2-4 нед после его внесения. Максимальный уровень содержания подвижного калия на фоне КТМ (в среднем 426 мг/кг на супесчаной и 368 мг/кг на среднесуглинистой почве), который превысил контрольные значения на 243-334 мг/кг, был достигнут по истечении 3 нед после внесения мелиорантов. По мере развития растений и проведения нормированных поливов его содержание в почве уже к июлю заметно снизилось (на 7-16 %).

Наиболее сложный характер влияния изучаемых факторов и мелиоративных средств отмечался на показателях азотного режима обеих разновидностей дерново-подзолистых почв. Наблюдение за ним велось по результатам химико-аналитического исследования почвенных образцов пахотного слоя на содержание подвижного азота (суммы азота обменного аммония – N-NH₄⁺ и нитратного азота – N-NO₃⁻). Общий характер их динамики отвечал известной закономерности, когда постепенное максимальное накопление обменного (24-29 мг/кг) аммония фиксировалось в конце мая-начале июня, а нитратного азота (18-37 мг/кг) – с отставанием в 2-3 нед. Содержание обменного аммония с начала июня постепенно сокращалось к концу вегетации до 6-11 мг/кг, а нитратного азота – с третьей декады июня до 8-15 мг/кг.

Влияние изученных мелиорантов на азотный режим дерново-подзолистых почв носило не просто достоверный, а в ряде вариантов и критический характер. Заделка в почву всех продуктов переработки ДКР ухудшало параметры азотного режима. Содержание подвижного азота в среднем за вегетационный период однолетних трав сократилось в варианте ДСл на 73 %, ДСх – на 18, БУл – на 21, БУх – на 29 %. Такой эффект от древесной сечки был связан с иммобилизирующим действием целлюлозолитических микроорганизмов, а разница между листовым и хвойным материалами – разной доступностью полисахаридов для разложения микроорганизмами [22]. Более чувствительной к таким

негативным воздействиям оказалась почва тяжелого гранулометрического состава.

Достоверная оптимизация азотного режима почвы происходила на фоне КТМ, где с 80 т/га ПП в почву поступало 2535 кг/га азота. При этом помимо общего повышения содержания подвижных соединений азота на 94-133 % отмечалось выраженное смещение максимумов накопления аммонийного и нитратного азота на 1-3 нед позже. Древесные мелиоранты и по фону КТМ ухудшали параметры азотного режима, но уровень снижения был уже менее заметным: ДСл – на 32 %, ДСх – на 11, БУл – на 17, БУх – на 18 %.

Влияние почвенно-экологических условий на азотный режим было также существенным, хотя и заметно менее выраженным. Так, в среднем по вариантам опыта супесчаная почва была на 16 % более обеспечена азотом, чем среднесуглинистая. Это, по всей видимости, отражает более благоприятные условия для минерализации азотсодержащего органического вещества как почвы, так и ПП. Можно предположить, что нормированное орошение, с одной стороны, усиливало микробиологическую активность почвы, с другой – способствовало усилению миграции, как в форме нитратов, так и в газообразной форме при денитрификации [17]. Последний процесс был сильнее выражен в вариантах с внесением в почву листовенной древесной сечки, где доступность полисахаридов для микроорганизмов существенно выше.

Вся перечисленная совокупность почвенных режимов оказала многостороннее действие на рост и развитие овса и вики в бинарном посеве. Наиболее существенные, визуально заметные эффекты были связаны с оптимизацией водного и азотного режимов почвы. При этом и сами культуры проявляли выраженные адаптационные свойства. Под действием орошения развитие культур на начальных фазах заметно ускорилось. В фазу цветения вика вступила на 4-7 дней раньше. Под действием КТМ происходило замедление развития от фазы выметывания метелки овса и бутонизации вики. При этом превосходство в высоте посева к моменту уборки достигло 22-29 см. Ухудшение азотного режима гораздо острее чувствовал овес, сокращая все свои биометрические кондиции, но и вика реагировала на ДС и БУ на легкой почве негативно. На тяжелой почве этот эффект был замечен только в критическом варианте с ДСл.

На почве тяжелого гранулометрического состава, более соответствующей биологическим потребностям вики посевной, ее адаптивные свойства проявились наиболее ярко. Здесь любые издержки для продукционного процесса овса посевного в полной мере компенсировались усиленным развитием вики посевной, что было хорошо заметно при визуальной оценке состояния посева по резкому увеличению ее доли в составе биомассы. Одной из наиболее вероятных причин этого стал более устойчивый (по данным наблюдений в опыте) водный режим среднесуглинистой почвы. Подтверждением этого предположения стала существенная разница в адаптивности вики на фоне естественного и комбинированного увлажнения почвы.

Результаты сплошного весового учета, выполненного отдельно для двух культур, в полной мере подтвердили фенологические наблюдения и биометрические измерения (табл.).

Обе культуры в бинарном посеве имели выраженную специфику отзывчивости на изучаемые в опыте факторы и средства. Наличие адаптационной биологической

специфики позволило во многом компенсировать негативные последствия от действия отдельных факторов, которые могли ярко проявиться в одновидовом посеве.

Так влияние почвенно-экологических условий, опреде-

ляемых генетической разнородностью почвы по гранулометрическому составу, оказалось наиболее сглаженным за счет предпочтения овса посевного к легкой почве, а вики – к тяжелой почве (табл., рис. 1).

Под влиянием гранулометрического состава и режима увлажнения почвы, применения традиционных и древесных мелиорантов. Урожайность зеленой массы однолетних трав.

Вариант (фактор В)	Продуктивность однолетних трав по разновидностям почв, т/га (фактор А)									
	Супесчаная почва					Среднесуглинистая почва				
	овёс	вика	сумма	прибавка		овёс	вика	сумма	прибавка	
т/га				%	т/га				%	
Без орошения (фактор Б)										
N ₅₀ P ₃₀ K ₇₀ – фон 1 (Д1)	9,85	4,95	14,80	-	-	10,92	5,21	16,13	-	-
Фон 1 + ДСх, 100 т/га	9,92	3,15	13,07	-1,73	-12	8,08	5,95	14,03	-2,1	-13
Фон 1 + ДСл, 100 т/га	6,94	2,03	8,97	-5,83	-39	4,16	2,80	6,96	-9,17	-57
Фон 1 + БУх, 10 т/га	9,84	3,24	13,08	-1,72	-12	6,92	6,91	13,83	-2,30	-14
Фон 1 + БУл, 10 т/га	9,87	2,13	12,00	-2,80	-19	8,55	6,69	15,24	-0,89	-6
КТМ – фон 2	14,45	2,14	16,59	1,79	12	15,92	9,70	25,62	9,49	59
Фон 2 + ДСх, 100 т/га	15,71	2,34	18,05	3,25	22	13,84	10,77	24,61	8,48	53
Фон 2 + ДСл, 100 т/га	9,08	6,02	15,10	0,30	2	4,55	11,90	16,45	0,32	2
Фон 2 + БУх, 10 т/га	14,43	3,25	17,68	2,88	19	18,05	10,69	28,74	12,61	78
Фон 2 + БУл, 10 т/га	16,42	4,21	20,63	5,83	39	15,11	10,08	25,19	9,06	56
С орошением (фактор Б)										
N ₅₀ P ₃₀ K ₇₀ – фон 1 (Д1)	17,81	5,22	23,03	-	-	13,24	7,15	20,39	-	-
Фон 1 + ДСх, 100 т/га	15,23	4,08	19,31	-3,72	-16	13,20	6,85	20,05	-0,34	-2
Фон 1 + ДСл, 100 т/га	9,29	3,58	12,87	-10,16	-44	6,13	3,99	10,12	-10,27	-50
Фон 1 + БУх, 10 т/га	13,32	4,25	17,57	-5,46	-24	9,22	7,55	16,77	-3,62	-18
Фон 1 + БУл, 10 т/га	15,40	4,86	20,26	-2,77	-12	10,12	7,96	18,08	-2,31	-11
КТМ – фон 2	22,42	6,82	29,24	6,21	27	19,94	10,04	29,98	9,59	47
Фон 2 + ДСх, 100 т/га	20,21	6,52	26,73	3,70	16	16,97	11,12	28,09	7,70	38
Фон 2 + ДСл, 100 т/га	13,11	8,74	21,85	-1,18	-5	6,38	13,22	19,60	-0,79	-4
Фон 2 + БУх, 10 т/га	22,20	7,33	29,53	6,50	28	19,81	11,14	30,95	10,56	52
Фон 2 + БУл, 10 т/га	20,45	6,06	26,51	3,48	15	17,87	12,29	30,16	9,77	48

НСР₀₅: фактор А – 0,16 т/га, фактор Б – 0,37 т/га, фактор В – 0,52 т/га, взаимодействие АБВ – 0,74 т/га.

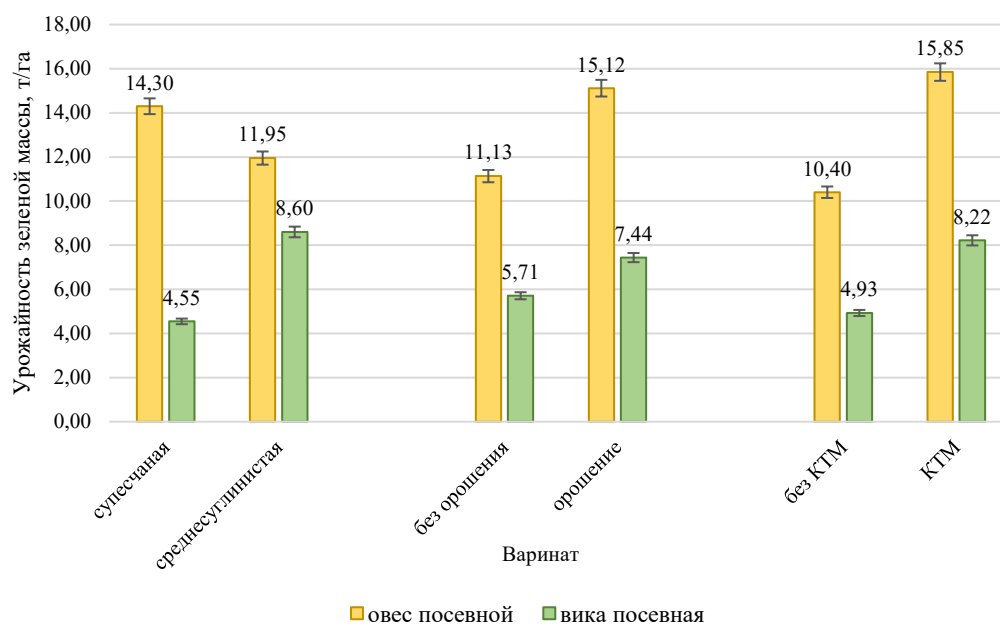


Рис. 1. Урожайность зеленой массы овса посевного и вики посевной в зависимости от гранулометрического состава почвы, орошения и КТМ

В среднем по вариантам опыта продуктивность однолетних трав составила 18,85 т/га на супесчаной почве и 20,55 т/га – на среднесуглинистой (превосходство всего 9 %). Этот вполне отражает исходную разницу в уровне плодородия этих почв и устойчивости водного режима, более чувствительной к которым оказалась вика посевная. Она увеличила свою продуктивность на тяжелой

почве относительно легкой в среднем по вариантам опыта на 89 %, а овес, напротив, уменьшил на 16 %. При этом без применения традиционных мелиорантов продуктивность однолетних трав на обеих почвенных разновидностях была практически одинаковой. И лишь при внесении лиственной древесной сечки травы однозначно предпочитали более легкую почву. Их продуктивность

на среднесуглинистой почве снизилась относительной супесчаной почвы на 22 %.

Напротив, при внесении КТМ культуры отдавали предпочтение среднесуглинистой почве, обладающей более устойчивым водным режимом, чем суресчаная разновидность. Здесь лишь в варианте с ДСл не было достоверных отличий, на фоне других древесных мелиорантов прибавка по сравнению с почвой легкого гранулометрического состава находилась в пределах 17-26 %.

Реакция растений на прецизионный полив почвы носила стабильно положительный характер, что нашло прямое отражение в показателях продуктивности культур. Поскольку нуждаемость растений во влаге была выше на супесчаной почве, более пригодной для овса, его отзывчивость на орошение (36 %) оказалась несколько выше, чем у вики (30 %). Направленное регулирование водного режима супесчаной и среднесуглинистой дерново-подзолистых почв увеличило урожайность зеленой массы однолетних трав с 16,84 до 22,56 т/га, т.е. на 34 %. Естественно на супесчаной почве отдача от полива оказалась существенно выше, чем на среднесуглинистой. Если средний уровень прибавки урожая от полива на последней составил 3,7 т/га (20 %), то на супесчаной дерново-подзолистой почве – 7,7 т/га (51 %).

На реакцию однолетних трав на изучаемые в опыте мелиоранты орошение влияло слабо. Однако уровень недобора урожая от заделки в почву 100 т/га ДСл на супесчаной разновидности при орошении заметно увеличился в абсолютном выражении. Так снижение урожайности зеленой массы трав, вызванное острым дефицитом доступного растениям азота, здесь составило 10,16 т/га, тогда как на естественном фоне увлажнения – 5,83 т/га. Но даже при этом положительный эффект от оптимизации водного режима почвы продолжал носить устойчивый характер.

Ускоренное химикомелиоративное восстановление эффективного плодородия почвы с использованием комплекса традиционных мелиорантов (ПП, 80 т/га + ДМ, 3,4 и 6,6 т/га), вызвавшее оптимизацию ряда свойств и режимов, в условиях эксперимента обеспечило повышение продуктивности овса посевного, вики посевной и их бинарного сочетания на 40, 28 и 36 %, а в среднем по вариантам – на 52; 67 и 57 % соответственно. Из этого следует, что отзывчивость культур на КТМ не только заметно возрастала на фоне применения продуктов переработки ДКР, но и видоизменялась. Если без применения последних на КТМ лучше отзывался овес посевной, то на фоне древесной сечки и биоугля – вика посевная (рис. 2).

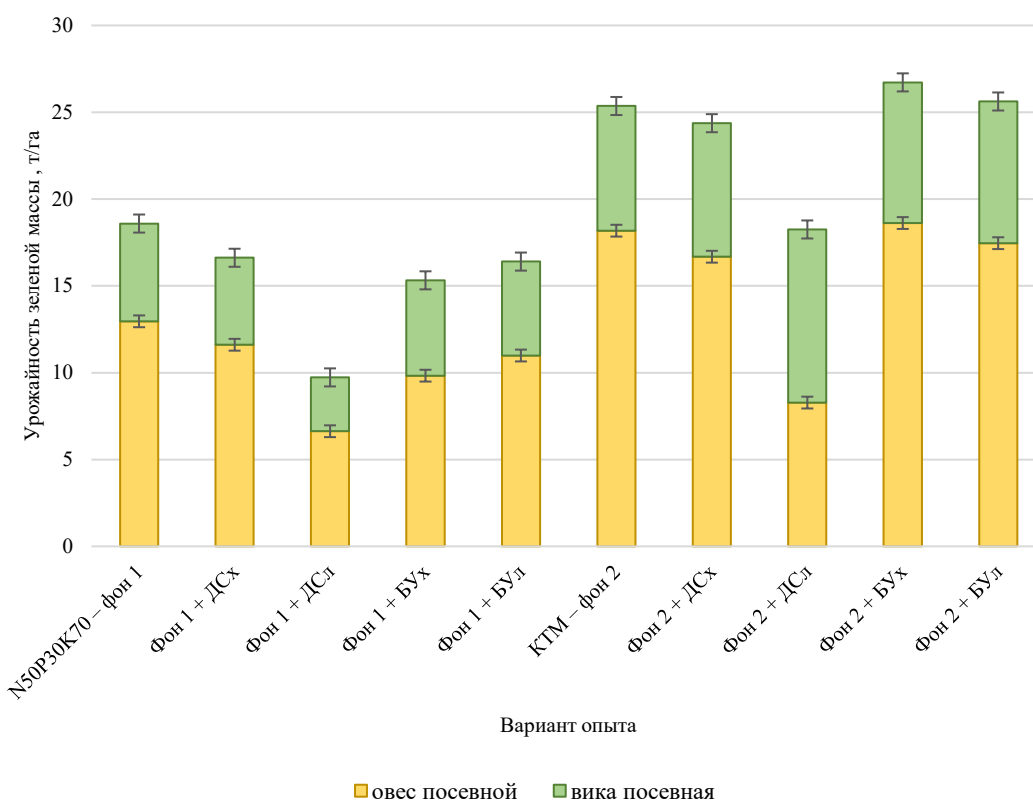


Рис. 2. Влияние мелиорантов на основе ДКР на урожайность зеленой массы овса посевного, вики посевной и их смеси (НСР₀₅ для овса посевного – 0,34, для вики посевной – 0,31, однолетних трав – 0,52 т/га)

Отзывчивость последней на применение КТМ оказалась наиболее дифференцированной (от сокращения продуктивности в 2,3 раза на супесчаной почве, до её повышения в 1,9 раза – на среднесуглинистой почве естественного увлажнения). Это стало прямым следствием конкурентных взаимоотношений культур в бинарном посеве.

Одной из наиболее важных причин повышения отдачи от КТМ по фону всех видов изученных мелиорантов на основе ДКР стало негативное влияние последних на азотный режим почв. Эти издержки в вариантах с хвойной сечкой, хвойным и листовным биоуглем вике посевной удалось в значительной мере компенсировать. А в варианте с лиственной древесной сечкой они были

столь значительны, что урожайность зеленой массы даже у вики снизилась в среднем на 45 %, а у овса – на 49 %. Наибольшее снижение продуктивности в этом варианте вики (на 59 %) испытывала на естественно увлажняемой почве супесчаного гранулометрического состава, а овес (на 62 %), напротив – на среднесуглинистой почве. Но именно этот фактор (интенсивное биологическое связывание минерального азота целлюлозолитическими микроорганизмами и, как следствие, ослабление продукционного процесса овса) обеспечил максимальную отзывчивость вики посевной на применение КТМ, которая достигла 39 %. В вариантах с использованием продуктов ДКР в форме ДСх, БУх и БУл ее отзывчивость на КТМ ограничилась 7-14 %-ной прибавкой продуктивности.

Реакция овса на сочетание традиционных и древесных химикомелиоративных средств в ряде вариантов носила противоположный характер. На фоне биоуглей его отзывчивость на КТМ соответствовала контрольному варианту. При заделке в почву хвойной и лиственной древесной сечки снижение урожайности зеленой массы овса достигло 8 и 54 % соответственно.

Совокупная оценка агрономической эффективности древесных мелиорантов на бинарном посеве однолетних трав в зависимости от фоновой системы удобрения, представленной минеральной системой в дозе $N_{50}P_{30}K_{70}$ и комплексом традиционных мелиорантов, показала абсолютное превосходство последней при проведении культуртехнической мелиорации. В среднем по вариантам продуктивности однолетних трав по фону минеральной системы удобрения составила 15,33 т/га, а по фону КТМ – 24,07 т/га, т.е. на 57 % выше.

Внесение в почву переработанной ДКР по фону МСУ достоверно снижает продуктивность однолетних трав от ДСх на 11%, ДСл – на 48 %, БУх – на 18, БУл – на 12 %. Комплекс традиционных мелиорантов полностью компенсировал негативные последствия заделки в почву биоугля и хвойной древесной сечки, а также в значительной мере и лиственной древесной сечки. Это связано с их комбинированным воздействием на микробиологическую активность почвы, агрофизические, физико-химические и агрохимические свойства, определяющие питательный и, прежде всего, азотный режим дерново-подзолистой почвы [2, 9, 23].

Таким образом, в ходе исследования значительная часть теоретических ожиданий, изложенных в научной гипотезе, нашла свое экспериментальное подтверждение. Принципиальной ошибкой оказалось предположение, что мелиоранты хвойного происхождения окажутся для культурных растений вреднее, чем лиственные. Их разная податливость целлюлозолитическому разложению предопределила высокую конкурентность за ресурсы почвенного азота и неизбежные в этом случае издержки для продукционного процесса возделываемых полевых культур [16, 22, 23].

Заключение. Агрономическая эффективность вторичного освоения закустаренных залежных земель Нечерноземья определяется спецификой почвенно-экологических, погодно-климатических, агротехнологических условий и их соответствием биологическим потребностям отдельных культур. Изученные в опыте однолетние травы на основе бинарной смеси овса посевного и вики посевной подтвердили высокий уровень адаптивности к широкому диапазону условий возделывания, которая во многом обеспечивалась спецификой

их отзывчивости на динамику водного и питательного режимов почвы.

Вика посевная предпочитала среднесуглинистую дерново-подзолистую почву, увеличив продуктивность относительно супесчаной почвы в среднем на 89 %, а овес посевной, напротив, снизил ее на 16 %. В итоге продуктивность однолетних трав повысилась на среднесуглинистой почве на 9 % (с 18,85 до 20,55 т/га). Отдача от внесения в почву комплекса традиционных и древесных мелиорантов на тяжелой почве оказалась на 17-26 % выше, чем на легкой.

Отзывчивость на прецизионное орошение в весьма засушливых условиях первой половины вегетационного периода у овса и вики достигла, соответственно, 36 и 30 %-ной прибавки урожайности зеленой массы, что позволило повысить продуктивность посева однолетних трав на 34 % (с 16,84 до 22,56 т/га). Агрономическая эффективность орошения на супесчаной почве оказалась в 2,1 раза выше, чем не среднесуглинистой.

В среднем по вариантам продуктивность овса, вики и их совокупности по фону минеральной системы удобрения составила 10,40; 4,94 и 15,33 т/га, а по фону комплекса традиционных мелиорантов – 15,85; 8,22 и 24,07 т/га соответственно, т.е. на 52; 66 и 57 % выше. Отдача от последних при заделке в почву древесной сечки и биоугля у овса посевного сокращалась в среднем на 16 %, а у вики посевной – увеличивалась на 18 %.

Наиболее чувствительным к внесению древесных мелиорантов, сокративших содержание в почве подвижного азота на 11-73 %, оказался овес посевной, продуктивность которого сократилась на 10-49 % по фону минеральной системы удобрения и на 4-54 % по фону традиционных мелиорантов. Вика посевная не смогла преодолеть лишь критических последствий заделки в почву лиственной древесной сечки (-45 %) на фоне минеральной системы удобрения, тогда как по фону КТМ повысила продуктивность на 7-39 %. В результате, если на фоне полного минерального удобрения продуктивность трав снизилась от применения ДСх на 11%, ДСл – на 48, БУх – на 18, БУл – на 12 %, то на фоне КТМ от применения ДСх и ДСл она снизилась на 4 и 28 %, а от БУх и БУл – повысилась на 1-5 %.

Литература

1. Аверина М.В., Феклистов П.А., Третьяков С.В., Кононов О.Д. Вторичные сукцессии на землях из-под сельскохозяйственного пользования на территории Кенозерского национального парка // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 5. – С. 25-32. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25961894>
2. Агротехнологические приемы восстановления плодородия деградированных и вышедших из оборота сельскохозяйственных земель и пастбищных территорий. / Под ред. В.А. Шевченко. – М.: ВНИИГИМ им. А.Н. Костякова, 2022. – 205 с. <https://doi.org/10.37738/VNIIGIM.2022.98.82.001>
3. Беляев В.В., Кононов О.Д., Карабан А.А., Старицын В.В. Состояние древесной растительности на землях, вышедших из хозяйственного оборота в Архангельской области // Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия: естественные науки. – 2013. – № 2. – С. 5-11. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19127257>
4. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации. – М.: Правительство РФ, 2021. – 180 с. <https://mcs.gov.ru/upload/iblock/33c/33cb65f42ba0914d4b19c0859bf32c08.pdf>

5. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2022 году. М.: Росинформагротех, 2023. – 372 с.
6. Дубенок Н.Н., Иванов А.И., Чесноков Ю.В., Янко Ю.Г. Актуальные вопросы научного и кадрового обеспечения развития мелиорации в Нечерноземье // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 6. – С. 14-19. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/6/14-19>
7. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Соколов И.В. Агрономическая эффективность освоения закустаренной залежи при воспроизводстве плодородия почв // Плодородие. – 2020. №2. – С. 37-40. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.11>
8. Иванов А.И. Актуальные вопросы обоснования технологий освоения закустаренных залежных земель в Нечерноземье // Агрофизика. – 2024. – № 4. – С. 48-58. <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2024.04.06>
9. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Соколов И.В., Вязовский А.А. Биоуголь в технологиях освоения закустаренной залежи // Агрохимический вестник. – 2020. – № 2. – С. 21-26. <https://doi.org/10.24411/1029-2551-2020-10017>
10. Иванов А.И., Фесенко М.А., Вертебный В.Е., Дубовицкая В.И. Результаты исследований в многолетнем стационарном полевом опыте в семипольном севообороте // Агрофизика. – 2012. – № 3. – С. 50-57. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17907395>
11. Мерзлова О.А., Ариненко В.О. Повышение эффективности использования почвенно-земельных ресурсов посредством культуртехнической мелиорации // Вестник Белорусской ГСХА. – 2023. – № 3. – С. 199-203. <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-ispolzovaniya-pochvenno-zemelnyh-resursov-posredstvom-kulturnykh-melioratsii>
12. Кирейчева Л.В., Шевченко В.А. Состояние пахотных земель Нечерноземной зоны Российской Федерации и основные направления повышения плодородия почв // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 2. С. 12-16. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-12021>
13. Кононов О.Д., Лагутина Т.Б. Удобрения из отходов лесопредприятий // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 6. – С. 14-17. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23342916>
14. Литвинович А.В. Постагрогенная эволюция хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв Северо-Запада Нечерноземной зоны // Агрохимия. – 2009. – № 7. – С. 85-93. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12600820>
15. Литвинович А.В., Хаммам А.А.М., Лаврищев А.В., Павлова О.Ю. Мелиоративные свойства и удобрительная ценность различных по размеру фракций биоугля (по данным лабораторных экспериментов) // Агрохимия. – 2016. – № 9. – С. 39-46. <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=agro&y=2021&v=0&n=1&a=Agro2101007Litvinovich>
16. Овчинников А.С., Бородых В.В., Шуравили А.В., Семенов Н.А. Освоение долголетней залежи под сеяные злаковые травы при прямой запашке кустарниковой и лесной растительности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2017. – № 3. – С. 1-12. <https://cyberleninka.ru/article/n/osvoenie-dolgoletney-zalezhi-pod-seyanye-zlakovye-travy-pri-priyamoj-zapashke-kustarnikovoy-i-lesnoy-rastitelnosti/viewer>
17. Пироговская Г.В., Сазоненко О.П. Миграция и баланс азота в дерново-подзолистых почвах при разных уровнях применения азотных удобрений (по данным лизиметрических исследований РУП «Институт почвоведения и агрохимии») // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2 (47). – 2011. – С. 149-164. <https://www.brissa.by/wp-content/uploads/2017/10/pochvovedenie-i-agrokhimiya-47.pdf>
18. Производство, изучение и применение удобрений на основе птичьего помёта. Под общей редакцией А.И. Иванова и В.В. Лапы. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2018. – 317 с. <https://doi.org/10.25695/agrophys.mono.ivanovai.fertilizer.2018.317>
19. Прянишников Д.Н. Резервный миллиард / Избранные сочинения в трех томах. – Т. 3. Общие вопросы земледелия и химизации. М.: Сельхозиздат, 1963. – С. 259-265.
20. Рекомендации по развитию агропромышленного комплекса и сельских территорий Нечерноземной зоны Российской Федерации до 2030 года. Версия 2.0. / Под ред. Митина С.Г., Иванова А.Л. – М.: ООО «Изд-во МБА», 2021. – 400 с.
21. Романов В.Н., Козулина Н.С., Сныткова Т.А. и др. Свойства гранулированных азотсодержащих удобрений на основе сосновых опилок и исследование их эффективности при выращивании пшеницы в земледельческой зоне Красноярского края // Журнал Сибирского Федерального университета. Химия. – 2021. – № 14. – С. 570-581. <https://doi.org/10.17516/1998-2836-0264>
22. Семенов В.М., Паутова Н.Б., Лебедева Т.Н., Хромыкина Д.П., Семенова Н.А., Лопес де Гереню В.О. Разложение растительных остатков и формирование активного органического вещества в почве инкубационных экспериментов // Почвоведение. – 2019. – № 10. – С. 1172-1184. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19100113>
23. Соколов И.В. Освоение запущенных земель в Ленинградской области: проблема не одна // Агрофизика. – 2020. – № 2. – С. 27-33. <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2020.02.05>
24. Сычев В.Г., Аканова Н.И. Современные проблемы и перспективы химической мелиорации кислых почв // Плодородие. – 2019. – № 1. – С. 3-7. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.106.01>
25. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. – М.: РАН, 2019. – 325 с.
26. Шевченко В.А., Соловьев А.М., Бондарева Г.И., Попова Н.И. Оптимизация содержания гумуса агромелиоративными приемами при освоении залежных земель Нечерноземной зоны // Мелиорация и водное хозяйство. – 2024. – № 4. – С. 26-29. <https://mivh.editorum.ru/ru/nauka/article/90871/view?ysclid=mls44vooiX106442756>
27. Шевченко В.А. Современное состояние выбывших из оборота мелиорированных земель и перспективы их освоения. – М.: ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2021. – 410 с. <https://doi.org/10.37738/VNIIGIM.2021.25.43.001>

RESPONSIVENESS OF OATS AND WIKI TO RECLAMATION TECHNIQUES AND TOOLS FOR DEVELOPMENT OVERGROWN FALLOW LANDS

A.I. Ivanov, chief research fellow, D. Sc. (Agr.), prof., corresponding member of the RAS, North-West Centre of Interdisciplinary Researches on Problems of Food Maintenance St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

In a three-factor microfield experiment, the responsiveness of annual grasses, represented by binary sowing of oats and vetches, to the use of a complex of traditional meliorants (bird droppings and dolomite flour), processed products of woody and shrubby vegetation (WSV) and irrigation of sandy loam and medium loamy sod-podzolic soils was studied. It was found that sown vetch on heavy soil increased productivity by 89%, and sown oats decreased by 16%. Irrigation increased the yield of their green mass by 30 and 36%, and the use of a complex of traditional meliorants – by 66 and 52%, respectively. Embedding coniferous and deciduous wood sections and their biochar into the soil reduced the productivity of annual grasses by 7, 36 and 4% on average for the variants.

Keywords: sod-podzolic soil, traditional meliorant, wood cutting, bio-coal, irrigation, bird droppings, agronomic efficiency.