

ВТОРИЧНОЕ ОСВОЕНИЕ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ УГОДИЙ

А.И. Иванов¹, член-корреспондент РАН,
Ж.А. Иванова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, И.В. Соколов²

¹Агрофизический научно-исследовательский институт,
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14

²Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения,
196608, Санкт-Петербург-Пушкин, ш. Подбельского, 7
E-mail: ivanovai2009@yandex.ru

Неиспользуемые залежные земли на Северо-Западе России быстро зарастают древесно-кустарниковой растительностью. Их эффективное освоение под кормовые угодья связано с поиском оптимальных безопасных решений как по переработке этой растительности, так и по восстановлению плодородия дерново-подзолистых почв. Целью исследования стала оценка эффективности новых технологических вариантов восстановления плодородия дерново-подзолистых почв осваиваемых закустаренных залежей с использованием продуктов переработки надземной биомассы древесно-кустарниковой растительности и дешевых местных мелиорантов. Исследовали закустаренную залежь, осваиваемую под кормовой севооборот. Установлено резкое снижение урожайности однолетних трав (до 5 раз) на фоне заделанных в почву продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности. При этом в зеленой массе трав на 8-13% снижалась содержание сырого протеина и зольных веществ. Применение комплекса химических мелиорантов позволило не только нивелировать эти неизбежные издержки культуртехнической мелиорации, но и довести урожайность зеленой массы трав в лучших вариантах опыта до 37- 44 т/га. В среднем по опыту прибавка их урожайности от комплекса мелиорантов составила 79 % в прямом действии и 27 % в последствии. Лучшие показатели достигнуты сочетанием мелиорантов с биоуглем, снизившим в 5 раз выброс CO₂ в атмосферу.

SECONDARY DEVELOPMENT OF UNUSED LAND

Ivanov A.I.¹, Ivanova Zh.A.¹, Sokolov I.V.²

¹Agrophysical Research Institute,
195220, Sankt-Peterburg, Grazhdanskiy pr., 14

²North-West Centre of Interdisciplinary Researches of Problems of Food Maintenance,
196608, Sankt-Peterburg-Pushkin, sh. Podbel'skogo, 7
E-mail: ivanovai2009@yandex.ru

Unused lands in North-West Russia for increasing wood and shrub vegetation (WSV). Their effective development for forage is associated with the search for optimal safe solutions both for the processing of WSV and for the restoration of the fertility of sod-podzolic soils. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of new technological options for the restoration of fertility of sod-podzolic soils develop bushed deposits using the products of processing of above-ground biomass of the trees and shrubs and cheap local ameliorants. The object of the study were bushed Deposit, developing under fodder crop rotation. A sharp decrease in the yield of annual grasses (up to five times) against the background of the products of processing of wood and shrub vegetation (WSV) embedded in the soil was established. At the same time, the content of raw protein and ash substances in the green mass of herbs decreased by 8 – 13%. The use of a complex of chemical meliorants allowed not only to level these inevitable costs of cultural reclamation, but also to bring the yield of green grass in the best versions of the experience to 37 – 44 t/ha. The average yield from the meliorant complex was 79% in direct action and 27% in the aftereffect, according to the experience. The best performance is achieved with the use ameliorants with biochar, reduce five times the CO₂ into the atmosphere.

Ключевые слова: закустаренная залежь, древесно-кустарниковая растительность, плодородие почвы, освоение залежи, мелиорант, агрономическая эффективность, качество продукции

Key words: bushed reservoir, wood and shrub vegetation, soil fertility, development of de-posit, ameliorant, agronomic efficiency, product quality

За последние 30 лет в Российской Федерации из хозяйственного оборота выведено более 50 млн га сельскохозяйственных угодий [1]. В условиях Северо-Западного района с его мелкоконтурностью полей и высокой лесистостью такие угодья в течение нескольких лет покрываются древесно-кустарниковой растительностью. Среднегодовую динамику зарастания полей от краев в отсутствие мероприятий по сведению такой растительности оценивают в 0,05-0,2 м [2]. Скорость восстановления естественной растительности при сплошном зарастании столь высока, что на порядок превосходит почвенные преобразования [3, 4]. Поэтому на фоне критично низкого уровня хозяйственного использования пашни (55%) степень ее зарастания дерново-кустарниковой растительностью варьирует по областям от 42 до 58% [2]. По данным наших геоботанических исследований, современный запас надземной биомассы древесно-кустарниковой растительности на

сельскохозяйственных угодьях Северо-Запада России в зависимости от возраста, ботанического состава и агроэкологических условий составляет 6-234 т/га или в среднем – 139 т/га [2].

Взросшие потребности животноводства в качественных кормах требуют освоения закустаренных залежей [2, 5]. Однако массовое использование старых, далеких от природоподобия технологий на основе корчевки [6] неизбежно сопровождается рядом проблем, связанных не только с утратой гумусового горизонта, нерациональным расходом запасов углерода, усилением его поступления в форме CO₂ в атмосферу, но и с определенной слабостью современной научной базы. И хотя в последние годы рядом научных коллективов предприняты шаги в этом направлении [5, 7-11], проблемы экологичности и экономичности предлагаемых технологий по-прежнему актуальны. Это касается и необходимости ограничения спонтанного выброса

углекислого газа [12, 13], в том числе за счет преобразования биомассы в биоуголь [14-16], и восстановления утраченного за эти годы эффективного плодородия почв [17-19], и достижения высокого уровня агрономической и экономической эффективности [2, 5, 10].

Целью совместных исследований была оценка эффективности новых технологических вариантов восстановления плодородия дерново-подзолистых почв осваиваемых закустаренных залежей с использованием продуктов переработки надземной массы древесно-кустарниковой растительности и дешевых местных мелиорантов.

Методика. Опыты проводили на полях предприятия «София» Тосненского района Ленинградской области на закустаренной залежи прежнего долгодолетного культурного пастбища, созданного в 80-е годы прошлого века на пашне. Почва – дерново-подзолистая глееватая тяжелосуглинистая с начальной мощностью пахотного горизонта 22 см; реакция почвенной среды – сильнокислая (pH_{KCl} 4,27), содержание гумуса – 3,87%, подвижных соединений фосфора и калия – соответственно 54 и 123 мг/кг. По данным седьмого тура агрохимического обследования (1999 г.), эти показатели достигали 5,2 ед. рН, 5,15%, 138 и 207 мг/кг соответственно.

Предварительное геоботаническое обследование показало, что до 97% ботанического состава древесно-кустарниковой растительности приходится на ольху серую, осину, березу и иву. С учетом степени зарастания угодья на уровне 55-85% средняя продуктивность надземной биомассы древесно-кустарниковой растительности составляла около 100 т/га. Такую массу растительности и принимали в качестве объекта изучения в опыте (применительно к соответствующей площади опытной делянки).

Опыт – модельно-полевой мелкоделяночный двухфакторный. Фактор А – продукт технологической переработки древесно-кустарниковой растительности, соответствующий одному из технологических вариантов ее сведения в процессе культуртехнической мелиорации: щепка (5-15 см) и сечка (1-5 см) – продукты прямой фрезерной переработки биомассы машинами импортного производства; биоуголь – продукт пиролизной переработки; древесная зола – продукт сжигания евродров (высокообъемная переработка древесины, целесообразная с экономических позиций). С учетом процента выхода продуктов из 100 т древесно-кустарниковой растительности нормы внесения составили: щепы и сечки – 100 т/га, биоугля – 10 т/га, золы – 1,05 т/га. Фактор Б – химический мелиорант и способ его заделки: птичий помет с содержанием в сухом веществе N – 2,80, P_2O_5 – 4,59 и K_2O – 2,43%, легированный калием минерального удобрения до соотношения N: K_2O = 1:1 в дозах 20 и 40 т/га (сухое вещество.) с послойной заделкой (½ дозы под вспашку и ½ дозы под предпосевную культивацию) и доломит сыромолотый с нейтрализующей способностью 75% в дозе 10 т/га (1 Нг) с внесением под вспашку или послойно (равными долями под вспашку и предпосевную обработку). Опыт развернут во времени в полевом севообороте. В 2017 г. возделывали однолетние травы на зеленый корм (овес) с подсевом многолетних трав, в 2018 г. – многолетние травы (тимофеевка луговая + фестулолиум + клевер луговой). Площадь делянки – 3,3 м², учетная – 1,5 м², повторность – 3-кратная. Статистическая обработка данных выполнена дисперсионным методом с использованием программного пакета Stat.

Результаты и обсуждение. Эффективность изучаемых вариантов использования продуктов переработки древесной биомассы и воспроизводства почвенного плодородия в полевом эксперименте зависела от комплекса агроэкологических условий и уровня оптимизации водно-воздушного и питательного режимов почвы. При этом определенную негативную роль сыграли неблагоприятные погодноклиматические условия в годы исследований. В частности, заключительная часть вегетации однолетних трав проходила на фоне избыточного выпадения осадков и штормовой погоды, вызвавшей полегание посевов и увеличение потерь при уборке в вариантах с максимальной биологической продуктивностью посевов на фоне мелиорантов. В 2018 г. на многолетние травы негативное воздействие оказала продолжительная позднеосенняя-раннелетняя засуха, снизившая продуктивность культуры в первом укосе.

В год внесения в неудобренную почву продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности наблюдали резкое (на 42-80%) снижение урожайности зеленой массы овса (табл.). Подобное отмечено и в работах [20, 21], но речь в них шла об уменьшении урожайности на 15-20%. В нашем опыте в варианте с сечкой древесно-кустарниковой растительности, то есть, когда площадь контакта древесины с почвой была максимальной, урожайность зеленой массы снижалась в 5 раз, а угнетение растений происходило уже в фазе полных всходов. Этот вопрос требует отдельного изучения, поскольку только иммобилизацией минерального азота целлюлозоразлагающими бактериями такой ущерб объяснить невозможно. Вероятно, больше сказывалось накопление токсичных для растений и полезных микроорганизмов высокомолекулярных соединений (в том числе дубильных веществ), а также нарушение строения пахотного слоя. Следует отметить, что и через год прослеживалось негативное влияние щепы и сечки.

Сложнее объяснить сильное (на 42-46%) снижение урожайности в вариантах с заделкой в почву биоугля и золы. Принято считать, что удобрение золой – это основа подсебно-огневой системы земледелия. Обнаружилось вредное влияние высокой дозы золы, а точнее ее гидролитически щелочных компонентов, внесенных в ограниченный верхний слой почвы, на формирование корневой системы овса. Ее масса в пределах пахотного слоя снижалась относительно контроля с 1,15 до 0,78 кг/м², или на 32%. В свою очередь биоуголь, обладающий высокой поглотительной способностью [14-16], мог стать для растений конкурентом в поглощении элементов питания. На второй год отмечено положительное действие этих продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности на урожай.

Эффективность мелиоративных доз комплекса использованных удобрений на свободной от древесно-кустарниковой растительности почве была невысокой (средняя прибавка урожайности зеленой массы трав составила 23% в прямом действии на однолетних травах и всего 4% – в последствии на многолетних травах с доминированием клевера лугового). Вероятно, сказались высокое содержание гумуса, заделка в почву мощной дернины, потери при уборке из-за сильного полегания посевов однолетних трав на фоне высоких доз и низкая отзывчивость клевера лугового на высокие дозы птичьего помета. Однако на фоне продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности роль мелиорантов существенно возрастала.

Агрономическая эффективность продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности (ДКР) и мелиорантов при освоении залежи

Вариант		Урожайность зеленой массы трав, т/га						Прибавка урожайности зеленой массы трав												
Фактор А	Фактор Б	однолетних			многолетних			однолетних					многолетних							
		по варианту	средняя по фактору		по варианту	средняя по фактору		от продуктов ДКР		от мелиорантов		от послыно-го внесения		от продуктов ДКР		от мелиорантов		от послыно-го внесения		
			А	Б		А	Б	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	
Контроль	Контроль	22,9	27,0	12,7	21,7	22,4	23,3	-	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Щепа		10,4	26,6		21,3	26,4									-0,4	-2	-	-	-	-
Сечка		4,6	23,1		19,1	28,8									-2,6	-12	-	-	-	-
Биоуголь		12,3	30,8		28,5	32,2									6,8	31	-	-	-	-
Зола		13,3	28,6		25,8	31,7									4,1	19	-	-	-2,6	-
Контроль	Птичий помет 20 т/га + доломит сыромолотый 1 Нг	30,2		28,1	23,8		29,1	-	-	7,3	32	4,1	16	-	-	2,1	10	0,3	12	
Щепа		28,6			26,7			-1,6	-5	18,2	175	0,4	1	2,9	12	5,4	25	3,9	1	
Сечка	(послойно) + K ₇₀	27,6			32,2			-2,6	-9	23,0	500	9,5	52	8,4	35	13,0	68	-2,7	14	
Биоуголь		28,5			30,7			-1,7	-6	16,2	132	-2,6	-8	6,9	29	2,2	8	1,4	-8	
Зола		25,7			32,3			-4,5	-15	12,4	93	-8,6	-25	8,5	36	6,5	25	2,5	5	
Контроль	Птичий помет 40 т/га + доломит сыромолотый 1 Нг	28,1		31,8	28,3		31,5	-	-	5,2	23	0,2	1	-	-	2,1	10	3,9	12	
Щепа		34,2			32,1			6,1	22	23,8	229	2,8	9	8,4	35	10,9	51	8,5	14	
Сечка	(послойно) + K ₁₄₀	29,9			36,6			1,8	6	25,3	550	-5,5	-16	12,8	54	17,0	89	-2,7	30	
Биоуголь		3,0			32,9			9,9	35	25,7	209	-6,2	-14	9,1	38	4,4	15	-5,5	-8	
Зола		28,9			32,1			0,8	3	15,6	117	-11,8	-29	8,3	35	6,3	24	-	-15	
Контроль	Птичий помет 20 т/га + доломит сыромолотый 1 Нг (глубоко)	26,1		27,6	21,3		28,0	-	-	3,2	14	-	-	-	-	-0,4	-0,2	-	-	
Щепа		28,2			26,4			2,1	8	17,8	171	-	-	5,1	24	5,1	24	-	-	
Сечка	(глубоко) + K ₇₀	18,1			28,3			-8,0	-31	13,5	293	-	-	7,0	33	9,1	48	-	-	
Биоуголь		31,1			33,4			5,0	19	18,8	153	-	-	12,1	57	4,9	17	-	-	
Зола		34,3			30,9			8,2	31	21,0	158	-	-	9,6	45	5,1	20	-	-	
Контроль	Птичий помет 40 т/га + доломит сыромолотый 1 Нг (глубоко)	27,9		35,9	21,3		30,2	-	-	5,0	22	-	-	-	-	-0,4	-0,2	-	-	
Щепа		31,4			28,2			3,5	13	21,0	202	-	-	7,0	33	7,0	33	-	-	
Сечка	(глубоко) + K ₁₄₀	35,4			28,0			7,5	27	30,8	670	-	-	6,7	32	8,9	46	-	-	
Биоуголь		44,2			35,6			16,3	58	31,9	259	-	-	14,3	67	7,1	25	-	-	
Зола		40,7			37,6			46	27,4	206	-	-	16,3	77	11,8	46	-	-	-	
НСР ₀₅ по фактору А		1,5			2,2															
по фактору Б		2,7			3,1															
по взаимодействию АБ		3,3			5,7															

Уже на первой культуре они позволили значительно уменьшить ущерб от заделки в почву щепы и сечки, а в вариантах с биоуглем и золой добиться повышения урожайности на 3,8 и 1,6 т/га соответственно. На второй культуре прибавка урожайности отмечена во всех вариантах с заделкой продуктов переработки древесной биомассы (4,0-9,8 т/га). В среднем по вариантам прибавка урожайности зеленой массы трав от применения комплекса мелиорантов составила 79% в прямом действии и 27% в последствии.

Удвоение и без того высокой дозы птичьего помета, легированного калийным удобрением, мы рассматриваем как запасное внесение в системе удобрения полевого севооборота. Естественно, что потенциал этого варианта на первых двух культурах не был полностью реализован. Кроме того в условиях избытка осадков были потери от сильного полегания посевов. В среднем за два года прибавка урожайности от одинарной дозы мелиорантов составила 57%, от двойной – 80%. Лучший результат обеспечило применение мелиорантов на фоне биоугля – средняя за два года прибавка урожайности составила 34,3 т/га (на фоне щепы – 29,5, сечки – 29,3, золы – 32,8 т/га). Известно, что в Западной Европе переработку древесно-кустарниковой растительности в биоуголь рассматривают как один из резервов уменьшения выброса в атмосферу углекислого газа. В нашем опыте потенциальные выбросы углекислого газа от преобразования древесной биомассы удавалось снизить с 46,2-51,3 т/га в вариантах с корчевкой и сжиганием евродров до 35,9-38,2 т/га при ее заделке в почву и до 10,3 т/га в варианте с биоуглем (в 5 раз).

Дробное (послойное) внесение известьсодержащего мелиоранта было эффективным на фоне измельченной древесно-кустарниковой растительности: в варианте со щепой средняя по двум культурам урожайность трав составила 30,4 т/га, при однократном внесении с глубокой заделкой – 28,6 т/га, в варианте с сечкой – 31,6 и 27,5 т/га соответственно. При использовании древесной золы преимуществом глубокой заделки не вызывало сомнений (превышение урожайности относительно варианта с послойным внесением этого мелиоранта на 6,1 т/га). Очевидно, нейтрализующее действие карбонатов золы было достаточным для оптимизации кислотно-основных свойств верхнего слоя почвы.

Заделка в почву продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности ухудшала качество растительной продукции. Следует отметить, что зеленая масса овса и в контрольном варианте опыта характеризовалась невысокой кормовой ценностью. В ее сухом веществе содержалось 9,5% сырого протеина, 0,33% P_2O_5 , 2,63% K_2O , 0,27% Са и 25,3% клетчатки. При заделке продуктов переработки в неудобренную почву в среднем значение показателей снизилось: содержание протеина – на 8%, зольных веществ – на 13, в том числе калия – на 48 % (относительных). В то же время применение комплекса мелиорантов на свободной от продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности почве сопровождалось увеличением содержания сырого протеина на 77 %, фосфора – на 21, калия – на 17, кальция – на 19 % (содержание клетчатки снижалось незначительно). Эти показатели сохранялись или незначительно возрастали: в среднем по вариантам содержание сырого протеина – на 17,2, P_2O_5 – на 0,41, K_2O – на 2,80, Са – на 0,33%. Несколько ниже они были в вариантах с заделкой сечки (особенно содержание сырого протеина), а выше – в вариантах с биоуглем и золой.

Таким образом, современный фонд закустаренных залежных земель в Северо-Западном районе России столь обширен, что позволяет выбрать для первоочередного освоения менее закустаренные угодья с достаточно плодородными почвами. Для этого обязательно предварительное геоботаническое и почвенное обследование. Использование данных прошлых лет не дает объективной картины, поскольку за годы нахождения в залежи окультуренные ранее почвы существенно деградировали.

Сводимая в процессе культуртехнической мелиорации древесно-кустарниковая растительность в любой форме технологической переработки резко (на 42-80%) снижала урожайность первой неприхотливой сельскохозяйственной культуры. Предотвращение или значительное ослабление этих негативных последствий обеспечивалось применением комплекса химических мелиорантов (20-40 т/га сухого вещества птичьего помета, 10 т/га сыромолотого доломита и 70-140 кг/га калия). Лучший результат (28,5-44,2 т/га зеленой массы) достигался на фоне полученного из дерново-кустарниковой растительности биоугля, обеспечившего прибавку продуктивности до 58%. На второй культуре положительный эффект сочетания мелиорантов со всеми продуктами переработки древесной биомассы был стабильным. Прибавка урожайности зеленой массы трав от применения комплекса мелиорантов составила 79% в прямом действии и 27% в последствии.

Заделка в почву продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности ухудшала кормовую ценность зеленой массы трав. Заметное улучшение комплекса качественных показателей (увеличение содержания сырого протеина на 77 %, фосфора – на 21, калия – на 17 и кальция – на 19 %) обеспечивало применение мелиорантов.

Литература

1. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. – М.: ГЕОС, 2010. – 412 с.
2. Иванов А.И., Янко Ю.Г. Мелиорация как необходимое средство развития сельского хозяйства Нечерноземной зоны России // *Агрофизика*. – 2019. – № 1. – С. 67-78.
3. Скворцова Е.Б., Баранова О.Ю., Нумеров Г.Б. Изменение микростроения почв при зарастании пашни лесом // *Почвоведение*. – 1987. – № 9. – С. 101-109.
4. Баева Ю.И., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Почикалов А.В., Кудяров В.Н. Физические свойства и изменение запасов углерода серых лесных почв в ходе постагрогенной эволюции (юг Московской области) // *Почвоведение*. – 2017. – № 3. – С. 345-353.
5. Методика эффективного освоения разновозрастных залежей на основе многовариантных технологий под пастбища и сенокосы и очерёдности возврата их в пашню в Нечерноземной зоне РФ. – М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 2017. – 64 с.
6. Борцов Т.С., Гинтовт И.А. Культуртехника в Нечерноземной зоне. – М.: Колос, 1981. – 253 с.
7. Новиков С.А., Шевченко В.А., Соловьёв А.М., Фирсов И.П., Гаспарян И.Н. Эффективные приемы окультуривания залежных земель в Нечерноземной зоне России. – М.: Росинформагротех, 2014. – 44 с.
8. Орлова О.И. Культуртехнические работы: расчистка и восстановление залежных земель от древес-

- но-кустарниковой растительности // Карельский научный журнал. – 2015. – № 3 (2). – С. 106-108.
9. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Шуравилин А.В., Семенов Н.А. Освоение долголетней залежи под сеяные злаковые травы при прямой записке кустарниковой и лесной растительности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2017. – № 3 (47). – С.1-12.
 10. Васильев С.М., Гулюк Г.Г., Домашенко Ю.Е., Митяева Л.А. Технологические схемы удаления древесно-кустарниковой растительности при проведении культуртехнических работ // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 4 (32). – С. 126-145.
 11. Гулюк Г.Г., Семенов Н.А., Шуравилин А.В., Сурикова Н.В. Освоение долголетней залежи при возделывании сеяных злаковых трав // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 19-23.
 12. Кудяров В.Н. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации // Почвоведение. – 2019. – № 1. – С. 109-121.
 13. Minasny B. et al. Soil 4 per mille // Geoderma. – 2017. – V. 292. – P. 59-86.
 14. Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Мухина И.М., Белинец А.С., Балашов Е.В. Влияние биоугля на свойства образцов дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной степенью окультуренности (лабораторный эксперимент) // Почвоведение. – 2015. – № 2. – С. 211-220.
 15. Рижия Е.Я., Мухина И.М., Вертебный В.Е., Хорак Я., Конончук П.Ю., Хомяков Ю.В. Ферментативная активность и эмиссия закиси азота из дерново-подзолистой супесчаной почвы с биоуглем // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 3. – С. 464-470.
 16. Литвинович А.В., Хамам 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.
 17. Литвинович А.В. Постагрогенная эволюция хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв Северо-Запада Нечерноземной зоны // Агрохимия. – 2009. – №7. – С. 85-93.
 18. Иванов А.И., Воробьев В.А., Иванова Ж.А. Современные деградационные процессы в хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Проблемы агрохимии и экологии. – 2015. – № 3. – С. 15 – 19.
 19. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Воробьев В.А., Цыганова Н.А. Агроэкологические последствия длительного использования дефицитных систем удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. – 2016. – № 4. – С. 10-17.
 20. Рылов В.Н., Стариков Х.Н. Основы современной культуртехники. – М.: Колос, 1973. – 252 с.
 21. Скурдянис В.А. Опыт культуртехнических работ. – М.: Знание, 1979. – 64 с.

Поступила в редакцию 26.06.19

После доработки 30.10.19

Принята к публикации 10.11.19