

Промежуточные культуры – важнейший фактор интенсификации почвозащитного земледелия на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья

Н. Н. Семененко, доктор с-х наук

Институт почвоведения и агрохимии

П. П. Крот, кандидат с.-х. наук

Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства

(Дата поступления статьи в редакцию 04.12.2017 г.)

В статье представлены результаты многолетних стационарных исследований по сравнительной оценке эффективности использования промежуточных культур на зеленый корм, последствия промежуточных культур, способа использования их продукции на зеленое удобрение или в виде кулисной культуры на продуктивность культур различных типов севооборотов на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья.

Введение

Сельское хозяйство Полесья ориентировано на производство молока и мяса. Поэтому главной задачей земледелия этой зоны является улучшение кормовой базы животноводства. Особое внимание, прежде всего, необходимо уделять повышению урожайности, валовых сборов и качества кормов, снижения себестоимости продукции на антропогенно-преобразованных торфяных почвах, площади которых составляют около 700 тыс. га. Эти почвы в значительной степени подвержены дефляции и минерализации органического вещества (ОВ), снижению плодородия и производительной способности. Ежегодные потери ОВ почвы за счет этих процессов могут составлять от 3 до 20 т/га. При этом происходит заилнение наносами почвы мелиоративных каналов и снижение урожайности сельскохозяйственных культур на 30–50 % и более. Выход из создавшегося положения видится в насыщении севооборотов промежуточными культурами. Агроклиматические ресурсы в зоне Полесья позволяют при возделывании основных и промежуточных культур получать 2–3 урожая и достигать средней продуктивности кормовых севооборотов на антропогенно-преобразованных торфяных почвах 8–10 т/га к. ед. и более. За счет правильного подбора почвозащитных культур можно достигнуть создания практически постоянного растительного покрова на пашне и до минимума снизить потери органического вещества почв. Растительная масса промежуточных культур является ежегодно возобновляемым наиболее дешевым биологическим ресурсом кормов, питательных веществ и органического вещества почвы, поддерживающая механизм саморегуляции в агроэкосистемах. Придавая большое значение использованию промежуточных культур для повышения плодородия почв и эффективности земледелия, в Германии принят закон, согласно которому ежегодные их посевы должны занимать не менее 20 % площади пашни.

Промежуточные культуры высевают в полях между основными культурами севооборота. В зависимости от срока сева они подразделяются на следующие группы:

- озимые – культуры озимого сева, которые убирают весной следующего года;
- поукосные – сев проводят после уборки культуры на зеленый корм;
- пожнивные – сев проводят после уборки зерновых и зернобобовых культур на зерно;

The article presents the results of long-term stationary studies on the comparative evaluation of the effectiveness of the use of intermediate crops for green fodder, the aftereffect of intermediate crops, the way their products are used for green fertilizer, or in the form of a backstage culture on the productivity of crops of various types of crop rotations on anthropogenic transformed peat soils of Polissya.

- подсевные – высевают под покров зерновых культур поздней осенью или ранней весной.

Промежуточные культуры по содержанию элементов питания в зеленой массе молодых растений приблизительно равноценны, но существенно различаются по агробиологическим свойствам и требованиям к условиям произрастания. Несмотря на ценность бобовых культур как азотонакопителей, они имеют и недостатки: требовательны к почвенным условиям и фосфорному питанию, требуют применения гербицидов, после сева медленно наращивают биомассу, что вызывает сомнения в целесообразности их посева в качестве пожнивных культур.

У люпинов относительно слабо развита корневая система, ее сухая масса в пахотном слое составляет около 0,8–1,0 т/га, в то время как у редьки масличной – 1,6–1,8, а озимой ржи и райграса однолетнего – 4–6 т/га [1, 2]. Поэтому при заделке пожнивно-корневых остатков промежуточных культур в почву поступает разное количество элементов минерального питания. Например, по данным В. П. Валько [2], количество азота, накопленного в течение вегетации в пахотном слое почвы с пожнивно-корневыми остатками узколистного люпина, составляло 46,2 кг/га, а райграсом однолетним – 73,1 кг/га. Одной из лучших промежуточных культур по ряду показателей является редька масличная. Она интенсивно растет, подавляя сорняки, по урожайности зеленой массы в 2–3 раза превосходит люпин, выдерживает заморозки до –5 °С, среднеустойчива к недостатку влаги, лучше других культур защищает почву от водной и ветровой эрозии.

Промежуточные культуры используются в качестве зеленой массы на корм, сидератов (зеленого удобрения) или кулисной культуры в почвозащитном земледелии. Анализ литературных источников показывает, что вопрос о выращивании на дерново-подзолистых почвах промежуточных культур на зеленый корм достаточно хорошо изучен [3–7]. В наших исследованиях по использованию промежуточных культур на зеленый корм на антропогенно-преобразованных торфяных почвах установлено, что суммарная продуктивность кормового поля в уплотненных посевах за счет промежуточных культур по выходу кормовых единиц для зеленого конвейера превосходит продуктивность поля с кукурузой на зеленую массу на фоне NPK на 32–36 %, а на фоне NPK + навоз – на 11–15 %, овес на зерно – на 73–79 % [8]. При этом себесто-

имость 1 т к. ед. промежуточных культур в несколько раз ниже, чем кукурузы.

В научной литературе установилось единое мнение о том, что при использовании промежуточных культур на зеленый корм и запахке корневых и пожнивных остатков растений продуктивность последующих культур севооборота и содержание гумуса в дерново-подзолистой почве повышается [9–13]. В то же время, среди исследователей нет единого мнения о влиянии промежуточных культур, используемых в качестве сидератов, на продуктивность севооборота, плодородие почвы и накопление гумусовых веществ [1–3, 9–14]. Вероятно, это связано с тем, что исследования проводились с промежуточными культурами разных видов и длительностью вегетации, различными способами заделки зеленой массы, структурой основных культур севооборота, дозами и видами удобрений и др. К настоящему времени установлено принципиальное положение, характеризующее влияние сидератов на продуктивность севооборота и плодородие почвы [9, 15–21], которое заключается в том, что в сухой массе молодых растений (до фазы бутонизации – цветения) содержится относительно много азота (более 3 %) и мало углерода. При этом углерод находится в основном в форме минеральных соединений, а соотношение C/N колеблется в пределах 10–12. Разложение такой зеленой фитомассы сопровождается интенсивным и высоким накоплением в почве минерального азота с превышением минерализации азота над его иммобилизацией, исключая процесс накопления гумуса. В опытах было установлено, что при благоприятной температуре и влажности почвы разложение биомассы молодых растений через 6 суток составляет 50 % и заканчивается в течение тридцати суток. Поэтому зеленая масса молодых растений является эффективным источником обогащения почвы доступным для растений азотом на ближайший период. При заблаговременной же заделке в почву таких растений часть минерального азота неизбежно будет потеряна, особенно при проведении вспашки на дерготорфяных подстилаемых песком почвах Полесья. В то же время, интенсивная минерализация запаханной зеленой массы в период бутонизации – цветения и более молодых растений усиливает минерализацию органического вещества почвы, так как углеродное питание микроорганизмов удовлетворяется преимущественно за счет гумуса, что приводит к снижению его содержания в почве. Таким образом, запахка молодых растений (например, в фазе бутонизации – цветения, а также пожнивных) как бобовых, так и других промежуточных культур повышает биологическую активность почвы, обогащает её минеральным азотом на предстоящий период, но ведет к снижению содержания гумуса и миграции элементов питания, а продуктивность севооборота при этом ниже, чем при использовании зеленой массы на корм.

С возрастом накопление биомассы и содержание в растениях органических соединений углерода повышается. В более зрелой фитомассе больше накапливается лигнина, полифенолов, клетчатки, углерода, из которых образуются гумусовые вещества. Содержание азота снижается и составляет менее 2,5 %, а соотношение C/N повышается до 20–25 и более. Минерализация зеленой массы таких растений происходит в 1,5–2 раза медленнее, чем более молодых, меньше продуцируется азота. Таким образом, установлено, что при C/N < 20 жизнедеятельность микроорганизмов в почве лимитируется углеродом, а при C/N > 20 – азотом. В первом случае инициируется минерализация азота и органического вещества в почве не накапливается. Во втором – происходит иммобилизация азота и накопление углерода и свежего органического вещества. Поэтому можно предположить, что осенняя перед заморозками запахка поукосных более зрелых посевов промежуточных культур с большей надземной

и корневой массой и широким соотношением C/N будет способствовать накоплению свежего органического вещества в почве. Время последействия такого предшественника на последующие культуры будет более длительным.

Обобщив данные литературных источников и результаты собственных исследований, П. И. Никончик приходит к заключению [9], что в Беларуси промежуточные культуры целесообразнее использовать в севооборотах на кормовые цели, чем на зеленое удобрение. При этом не только увеличивается выход продукции с единицы земельной площади, но и значительно повышается содержание гумуса в почве за счет пожнивных и корневых остатков. В специализированных зерновых севооборотах для оздоровления почвы целесообразно использовать пожнивные культуры на зеленое удобрение. Однако подобные результаты исследований на антропогенно-преобразованных торфяных почвах до последнего времени не известны. В то же время, следует отметить, что при использовании зеленой массы промежуточных культур на корм и запахку только пожнивно-корневых остатков почва в зоне Полесья в течение 6–7 месяцев остается не защищенной от дефляции, потерь ОВ и снижения плодородия.

Цель наших исследований – установить агротехнические приемы повышения эффективности использования промежуточных культур в севооборотах на антропогенно-преобразованных торфяных почвах.

Место и методика проведения исследований

Исследования проводили в период с 2001 по 2015 г. на Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства (Лунинецкий район, Брестская область) в двух стационарных многолетних опытах.

Опыт 1. Цель исследования – оценить влияние способа использования зеленой массы промежуточных культур (на корм или сидерат) в качестве предшественника на продуктивность различных типов севооборотов. Агрохимическая характеристика почвы опытного поля: рН в KCl – 5,6–5,8; содержание органического вещества – 9,2–9,6 %; подвижные формы фосфора и калия (в 0,2 M HCl) – 192–262 и 184–296 мг/кг почвы. Учетная площадь делянки – 26 м², повторность – 4-кратная.

Экспериментальные полевые исследования проводили в 4 типах севооборотов (таблица 1). В качестве стандарта (контроль) в севооборотах 1 и 2 для оценки сравнительной эффективности предшественников в виде промежуточных культур была выбрана кукуруза, возделываемая на зеленую массу, а в севооборотах 3 и 4 – овес, возделываемый на зерно. Другие варианты представляли собой различные сочетания посевов озимой ржи, бобовых и крестоцветных, возделываемых на зеленый корм и зеленое удобрение. Дозы и виды вносимых удобрений под промежуточные культуры представлены в таблице 1.

Перед севом озимой ржи под предпосевную культивацию вносили фосфорные и калийные удобрения в дозах P₆₀₋₈₀K₁₂₀, а весной в подкормку – N₇₀. Уборку озимой ржи проводили в фазе выхода в трубку перед выколашиванием (14–16 мая). Затем проводили рыхление почвы дисками в два следа и сев поукосных культур. Под крестоцветные культуры перед севом вносили дополнительно азотные удобрения – N₇₀. Кукурузу убирали в фазе молочно-восковой спелости, бобовые и крестоцветные – в фазе цветения – образования стручков. Заделку зеленой массы предшественника осуществляли дисковой бороной БДТ – 3,6 и последующей вспашкой на глубину 20–22 см.

С целью более объективной оценки продолжительности действия предшественника под последующие основные культуры севооборотов применяли невысокие дозы удобрений: ячмень – N₅₀₋₇₀P₆₀₋₈₀K₁₂₀; озимая рожь

(зерно) – $N_{50-60}P_{60-80}K_{120}$; овес – $N_{60}P_{70}K_{120}$; картофель – $N_{70}P_{60}K_{120}$; злаково-бобовые травы – $N_{60}P_{60}K_{120}$. В исследованиях использовали сорт кукурузы Бемо 210 СВ, ячменя – Визит, озимой ржи – Игуменская, овса – Эрбграф, картофеля – Сантэ.

Опыт 2. Цель исследования – определить эффективность поукосных промежуточных культур в виде кулис в почвозащитном земледелии на торфяно-минеральных почвах Полесья.

Почвы торфяно-минеральные, подстилаемые песком с глубины 35–45 см. Агрохимическая характеристика почвы опытного поля: содержание органического вещества – 20–22 %; рН в KCl – 5,7–5,9; доступные растениям соединения (в 0,2 М уксусной кислоте): азот – 98 кг/га (низкое); P_2O_5 – 87 (низкое); K_2O – 513 кг/га (среднее). Подвижные формы (в 0,2 М HCl) P_2O_5 – 376 мг/кг почвы (среднее), K_2O – 399 (среднее), ZnO – 8,1 (низкое) и CuO – 5,8 мг/кг почвы (среднее). Опыт заложен в двух полях, 4-кратной повторности, площадь делянки – 24 м².

Исследования проводили в кормовом севообороте со следующим чередованием культур: однолетние травы (пелюшко-овсяная смесь, поукосно редька масличная) – кукуруза на зеленую массу – ячмень на зерно – озимый рапс на маслосемена и пожнивно пелюшко-овсяная

смесь на зеленый корм. При этом под культуры севооборота было предусмотрено два фона последствия редьки масличной и два способа обработки почвы как элементы базовой и почвозащитной технологий.

1. Базовый вариант технологии – пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, поукосно редька масличная на зеленый корм в фазе бутонизации – цветения. Поживно-корневые остатки заделывали под зяблевую вспашку на глубину 20–22 см под кукурузу, ячмень и озимый рапс.

2. Почвозащитная технология – пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, поукосно редька масличная как сидерат с соотношением C/N более 20 в качестве кулисной культуры, осенняя обработка почвы не проводится. Посевы растений редьки масличной, оставленные в зиму в качестве кулисной культуры, за зимний период отмирают. Весной при созревании почвы их заделывают дискаторм на глубину 10–12 см. При этом растительные остатки кулисной культуры продолжают сохранять почвозащитную функцию в виде мульчи после сева кукурузы. Под ячмень и озимый рапс соответственно после уборки кукурузы и ячменя проводится поверхностная обработка почвы дискаторм на глубину 10–12 см.

На фоне вариантов предшественников и способов основной обработки почвы под культуры севооборота ис-

Таблица 1 – Предшественники основных культур севооборотов (опыт 1)

Севообороты					
зерно-травяно-пропашной и зерно-травяной			зерно-пропашной и зерновой		
предшественник	использование продукции предшественника	удобрение предшественника, кг/га NPK	предшественник	использование продукции предшественника	удобрение предшественника, кг/га NPK
1. Кукуруза	зеленая масса	$N_{120}P_{80}K_{120}$	1. Овес	зерно	$N_{60}P_{60}K_{120}$
2. Кукуруза	зеленая масса	навоз – 60 т/га, $N_{70}P_{80}K_{120}$	2. Овес	зерно	навоз – 60 т/га
3. Озимая рожь + пелюшка	зеленый корм; зеленый корм	$N_{70}P_{80}K_{120}$ –	3. Овес + редька масличная (пожнивно)	зерно; зеленый корм	$N_{60}P_{60}K_{120}$ N_{70}
4. Озимая рожь + пелюшка	зеленый корм; зеленое удобрение	$N_{70}P_{80}K_{120}$ –	4. Овес + редька масличная	зерно; зеленое удобрение	$N_{60}P_{60}K_{120}$ N_{70}
5. Озимая рожь + пелюшка + редька масличная	зеленый корм; зеленый корм; зеленый корм	$N_{70}P_{80}K_{120}$ – N_{70}	5. Редька масличная (запашка соломы)	зерно; солома	$N_{70}P_{60}K_{120}$
6. Озимая рожь + пелюшка + редька масличная	зеленый корм; зеленое удобрение; зеленый корм	$N_{70}P_{80}K_{120}$ – N_{70}	6. Пелюшка (запашка соломы)	зерно; солома	$P_{60}K_{120}$
7. Озимая рожь + пелюшка + редька масличная	зеленый корм; зеленый корм; зеленое удобрение	$N_{70}P_{80}K_{120}$ – N_{70}	7. Пелюшка + редька масличная	зерно; зеленое удобрение	$P_{60}K_{120}$ N_{70}
8. Озимая рожь + пелюшка + редька масличная	зеленый корм; зеленое удобрение; зеленое удобрение	$N_{70}P_{80}K_{120}$ – N_{70}	8. Рапс яровой + пелюшка	зеленый корм; зеленый корм	$N_{70}P_{60}K_{120}$ –
9. Озимая рожь + люпин	зеленый корм; зеленый корм	$N_{70}P_{80}K_{120}$ –	9. Пелюшка + редька масличная	зеленый корм; зеленое удобрение	$P_{60}K_{120}$ N_{70}
10. Озимая рожь + люпин	зеленый корм; зеленое удобрение	$N_{70}P_{80}K_{120}$ –	10. Пелюшка + редька масличная + пелюшка	зеленый корм; зеленый корм; зеленый корм	$P_{60}K_{120}$ N_{70} –
11. Озимая рожь + рапс яровой	зеленый корм; зеленый корм	$N_{70}P_{80}K_{120}$ N_{70}	11. Редька масличная + пелюшка + редька масличная	зеленый корм; зеленый корм; зеленый корм	$N_{70}P_{60}K_{120}$ – N_{70}
12. Озимая рожь + рапс яровой	зеленый корм; зеленое удобрение	$N_{70}P_{80}K_{120}$ N_{70}	12. Редька масличная + пелюшка + редька масличная	зеленый корм; зеленый корм; зеленое удобрение	$N_{70}P_{60}K_{120}$ – N_{70}
13. Озимая рожь + редька масличная	зеленый корм; зеленый корм	$N_{70}P_{80}K_{120}$ N_{70}	13. Озимая рожь + редька масличная	зеленый корм; зеленое удобрение	$N_{70}P_{60}K_{120}$ N_{70}
14. Озимая рожь + редька масличная	зеленый корм; зеленое удобрение	$N_{70}P_{80}K_{120}$ N_{70}	14. (Пелюшка + овес) + сераделла (покров)	зеленый корм; зеленый корм	$N_{50}P_{60}K_{120}$ –

следовали различные системы удобрения, представленные в таблице 2.

В исследованиях использовали культуры:

- гибрид кукурузы Алмаз, норма высева – 110 тыс. всхожих зерен/га, ширина междурядий – 70 см, планируемая урожайность – 600 ц/га зеленой массы (СВ 25 %);
- яровой ячмень, сорт Атаман, норма высева 4 млн всхожих зерен/га, планируемая урожайность – 50 ц/га;
- озимый рапс, сорт Зорны, норма высева 1 млн всхожих семян/га, планируемая урожайность маслосемян – 45 ц/га.

В базовой технологии без внесения органических расчетные дозы минеральных удобрений составили под кукурузу – $N_{180}P_{135}K_{240}$, ячмень – $N_{120}P_{90}K_{140}$ и озимый рапс – $N_{165}P_{120}K_{160}$. В подкормку растений кукурузы и ячменя применяли мочевины, а под озимый рапс – сернокислый аммоний.

При расчете сбора кормовых единиц, переваримого протеина и обменной энергии использованы нормативные показатели [22].

Результаты исследований и их обсуждение

Продуктивность разных типов севооборотов в зависимости от способа использования промежуточных культур в качестве предшественника.

Приведенные ранее в нашей работе [23] и в таблице 3 результаты исследований показывают, что в зерно-травяно-пропашном севообороте при использовании предшественников в виде различных сочетаний озимой ржи, бобовых и крестоцветных культур на зеленую массу выход кормовых единиц в среднем за 5 лет достигал 64,6 ц/га.

Это существенно выше, чем при использовании в качестве предшественника кукурузы на фоне $N_{120}P_{80}K_{120}$ (56,6 ц/га к. ед.), примерно равно последствию кукурузы на фоне навоза (66,5 ц/га) и больше на 16,2 ц/га к. ед. при использовании зеленой массы культур предшественника в качестве зеленого удобрения. При использовании зеленой массы предшественника в качестве удобрения продуктивность последующих культур севооборота снижалась в среднем на 25 % по выходу кормовых единиц, на 28 % – обменной энергии, обеспеченности кормовой единицы протеином – на 14 %. Наиболее высокая средняя продуктивность культур севооборота (75,4 ц/га к. ед.) достигалась при использовании в качестве предшественника озимой ржи на зеленый корм + редька масличная на зеленый корм при обеспеченности кормовой единицы протеином 118 г.

В зерно-травяном севообороте при использовании предшественников в виде различных сочетаний озимой ржи, бобовых и крестоцветных культур на зеленую мас-

су выход кормовых единиц в среднем за 5 лет достигал 70,1 ц/га к. ед., что выше, чем при использовании в качестве предшественника кукурузы на фоне $N_{120}P_{80}K_{120}$ (57,1 ц/га к. ед.), примерно равно последствию кукурузы на фоне навоза (68,7 ц/га к. ед.) и значительно больше, чем при использовании зеленой массы культур предшественника в качестве зеленого удобрения (55,3 ц/га к. ед.). В этом севообороте также наиболее эффективным вариантом предшественника оказалось сочетание озимой ржи на зеленый корм и редьки масличной на зеленый корм, средняя продуктивность культур по которому составила 79,0 ц/га к. ед., обменная энергия – 87,5 ГДж/га, обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином – 113 г.

В зерно-пропашном севообороте при использовании продукции предшественников различных сочетаний бобовых и крестоцветных культур на зеленую массу выход кормовых единиц в среднем за 4 года достигал 64,6 ц/га к. ед., что выше, чем при использовании в качестве предшественника овса на фоне минеральных удобрений (41,6 ц/га), овса на фоне навоза (53,6 ц/га) и при использовании зеленой массы культур предшественника в качестве зеленого удобрения (48,4 ц/га). В целом за севооборот, в среднем за 4 года, по выходу кормовых единиц (75,8 ц/га), сбору переваримого протеина (9,7 ц/га) и обменной энергии (88,7 ГДж/га) наиболее эффективными оказались варианты 10, 11 (пелюшка + редька масличная + пелюшка и редька масличная + пелюшка + редька масличная) с использованием их продукции на зеленый корм. Худшие предшественники – пелюшка на зерно с запашкой соломы, пелюшка на зерно + пожнивно редька масличная на зеленое удобрение и редька масличная на зерно с запашкой соломы. Продуктивность культур севооборота по этим предшественникам была на 11–16 % ниже контроля (овес на фоне минеральных удобрений).

В зерновом севообороте продуктивность культур при использовании продукции предшественников на зеленый корм по сбору кормовых единиц в среднем достигала 64,9 ц/га к. ед. Это выше, чем при использовании в качестве предшественников овса на фоне минеральных удобрений на 45 % и на фоне навоза – 18 %, а также зеленой массы в качестве зеленого удобрения – на 21 %. По выходу кормовых единиц и обменной энергии, в среднем за 4 года, наиболее эффективными оказались следующие варианты предшественников: пелюшка + редька масличная + пелюшка и редька масличная + пелюшка + редька масличная с использованием продукции на зеленый корм. Продуктивность культур севооборота по этим вариантам превосходила продуктивность культур севооборота после овса на фоне минеральных удобрений по кормовым единицам на 66–90 %, переваримому протеину – 203 и об-

Таблица 2 – Схема изучения систем удобрения (опыт 2)

Технология возделывания	Предшественник	Основная обработка почвы	Система удобрения
1. Базовая	пелюшко-овсяная смесь, поукосно редька масличная на зеленый корм	зяблевая вспашка (20–22 см)	фон 1 (без удобрений) фон 1 + NPK* фон 1 + NPK** фон 1 + NPK*** фон 1 + NPK****
2. Почвозащитная, ресурсосберегающая	пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, поукосно кулисная культура редьки масличной	без обработки	фон 2 (без удобрений) фон 2 + NPK* фон 2 + NPK** фон 2 + NPK*** фон 2 + NPK****

Примечание – * Базовый – $N_{180}P_{135}K_{240}$, доза азота рассчитана на возмещение выноса, P_2O_5 и K_2O – 150 и 130 % к выносу;
 ** $N_{135}P_{90}K_{180}$, доза азота рассчитана на возмещение выноса с урожаем и уточнение на содержание N мин. в почве, P_2O_5 и K_2O – 110 % к выносу;
 *** $N_{135}P_{90}K_{180}$ + микроэлементы + Экосил, 100 мл/га + гуматы, 2 л/га + Терпал, 1,5 л/га;
 **** $N_{135}P_{90}K_{180}$ – МДУ – медленнодействующее удобрение марки $N_5P_{16}K_{35}$ с добавкой азотных, бора и цинка.

менной энергии – 77 % и на фоне последствия навоза соответственно – на 36–68, 149 и 45 %.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать заключение, что по влиянию на продуктивность культур севооборотов предшественники расположились в следующем порядке: овес как основная культура на зерно (без промежуточных культур) – 43,3 ц/га к. ед., кукуруза на зеленую массу на фоне $N_{120}P_{80}K_{120}$ – 56,9 и на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ + навоз, 60 т/га – 67,6, промежуточные культуры на зеленый корм (среднее из 20) – 67,2, на зеленое удобрение – 53,3 ц/га к. ед. Лучшими предшественниками являются следующие сочетания: озимая рожь на зеленый корм + редька масличная – 77,2 ц/га к. ед. и редька масличная + пелюшка + редька масличная на зеленый корм – 75,1 ц/га к. ед. Таким образом, в сравнении с предшественником в виде овса использование зеленой массы

промежуточных культур на зеленое удобрение повышает продуктивность севооборота в среднем на 10 ц/га, а на зеленый корм – на 24,3 ц/га. При использовании лучших составов промежуточных культур на зеленый корм в виде предшественников продуктивность севооборотов можно повысить до 75–77 ц/га к. ед. с высоким содержанием переваримого протеина.

Приведенные в таблице 3 результаты исследований показывают, что в общую среднюю (за 4–5 лет) продуктивность культур севооборотов значительный вклад вносит продукция промежуточных культур на зеленый корм. Поэтому для более объективной оценки влияния способа использования зеленой массы промежуточных на продуктивность последующих культур севооборота не учитывалась продуктивность культур предшественника. При этом установлено, что при использовании продукции промежу-

Таблица 3 – Производительная способность почв в зависимости от типа севооборота, предшественника и способа использования его продукции

Севооборот	Предшественник и способ использования его продукции		Удобрение предшественника	Продуктивность культур севооборота			
				к. ед., ц/га	переваримый протеин		обменная энергия, ГДж/га
					ц/га	г/к. ед.	
1. Зерно-травяно-пропашной	1. Кукуруза – зеленый корм		$N_{120}P_{80}K_{120}$	56,6	4,85	86	59,2
	2. Кукуруза – зеленый корм		навоз – 60 т/га, $N_{70}P_{80}K_{120}$	66,5	5,61	84	68,0
	3. Озимая рожь – зеленый корм + редька масличная – зеленый корм		$N_{70}P_{80}K_{120}$ N_{70}	75,4	8,92	118	82,2
	4. Озимая рожь – зеленый корм + редька масличная – зеленое удобрение		$N_{70}P_{80}K_{120}$ N_{70}	53,2	4,95	93	54,7
	Среднее из 5 вариантов, использовано на:	зеленый корм	$N_{112}P_{80}K_{120}$	64,6	7,17	111	73,5
		зеленое удобрение	$N_{112}P_{80}K_{120}$	48,4	4,16	86	52,6
2. Зерно-травяной	1. Кукуруза – зеленый корм		$N_{120}P_{80}K_{120}$	57,1	4,92	86	62,1
	2. Кукуруза – зеленый корм		навоз – 60 т/га, $N_{70}P_{80}K_{120}$	68,7	5,95	87	74,9
	3. Озимая рожь – зеленый корм + редька масличная – зеленый корм		$N_{70}P_{80}K_{120}$ N_{70}	79,0	8,90	113	87,5
	4. Озимая рожь – зеленый корм + редька масличная – зеленое удобрение		$N_{70}P_{80}K_{120}$ N_{70}	57,0	5,25	92	61,4
	Среднее из 5 вариантов, использовано на:	зеленый корм	$N_{112}P_{80}K_{120}$	70,1	7,54	108	77,0
		зеленое удобрение	$N_{112}P_{80}K_{120}$	55,3	5,17	93	56,3
3. Зерно-пропашной	1. Овес – зерно		$N_{60}P_{60}K_{120}$	41,6	2,91	70	44,6
	2. Овес – зерно		навоз – 60 т/га	53,6	3,71	69	57,6
	3. Редька масличная – зеленый корм + пелюшка – зеленый корм + редька масличная – зеленый корм		$N_{70}P_{60}K_{120}$ — N_{70}	75,8	9,70	130	88,7
	4. Редька масличная – зеленый корм + пелюшка – зеленый корм + редька масличная – зеленое удобрение		$N_{70}P_{60}K_{120}$ — N_{70}	53,4	5,88	110	61,1
	Среднее из 5 вариантов, использовано на:	зеленый корм	$N_{92}P_{80}K_{120}$	64,6	7,17	111	73,5
		зеленое удобрение	$N_{92}P_{80}K_{120}$	48,4	4,16	86	52,6
4. Зерновой	1. Овес – зерно		$N_{60}P_{60}K_{120}$	44,9	3,19	71	51,0
	2. Овес – зерно		навоз – 60 т/га	54,8	3,88	71	62,3
	3. Редька масличная – зеленый корм + пелюшка – зеленый корм + редька масличная – зеленый корм		$N_{70}P_{60}K_{120}$ — N_{70}	74,4	9,68	130	90,5
	4. Редька масличная – зеленый корм + пелюшка – зеленый корм + редька масличная – зеленое удобрение		$N_{70}P_{60}K_{120}$ — N_{70}	56,7	6,16	109	67,5
	Среднее из 5 вариантов, использовано на:	зеленый корм	$N_{92}P_{80}K_{120}$	64,9	7,16	110	76,6
		зеленое удобрение	$N_{92}P_{80}K_{120}$	53,4	4,76	89	61,5

точных культур на зеленый корм и запашке только пожнивно-корневых остатков продуктивность севооборота была выше в сравнении с использованием всей биомассы на зеленое удобрение: в зерно-травяно-пропашном севообороте – на 7,7, зерно-травяно – 4,9 и в зерно-пропашном – на 3,3 ц/га к. ед. Продуктивность зернового севооборота была примерно одинакова как при использовании продукции промежуточных культур на зеленый корм, так и в качестве зеленого удобрения.

Эффективность промежуточных культур в почвозащитном земледелии на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья.

Одной из наиболее актуальных экологических и экономических проблем Полесья, сдерживающих его устойчивое развитие, является деградация агроторфяных почв. В наших исследованиях предусматривалось проведение поиска путей возможного использования промежуточных культур в качестве альтернативы замены зяблевой вспашки, применения органических удобрений и способа повышения плодородия почв. Для повышения эффективности земледелия и снижения темпов минерализации и дефицита баланса ОВ на агроторфяных почвах заслуживала внимания идея установить агроэкологическую эффективность комплексного использования кулисной культуры, ресурсосберегающих систем удобрения и почвозащитного способа обработки почвы в севообороте. Перед уходом в зиму (конец октября) сухая биомасса (надземная и корни) кулисной культуры составляла 9,8 т/га с содержанием С/Н более 20. В ней было аккумулировано 3,34 т/га углерода, 195 кг/га – азота, 84 – оксида фосфора и 567 кг/га – калия. Кроме того, кулисная культура укрывала поверхность почвы более 6 месяцев, предохраняя её от дефляции.

В результате проведенных исследований было установлено, что кулисная культура редьки масличной ока-

зывала положительное влияние на рост урожайности культур звена севооборота в течение 3-х лет. За счет последействия кулисной культуры максимальный прирост урожайности составил: зеленой массы кукурузы – 21,4 т/га, ячменя – 4,2 и семян рапса – 4,7 ц/га. Приведенные в таблице 4 результаты исследований показывают, что показатели выхода кормовых единиц культур севооборота по вариантам внесения удобрений на фоне базового варианта (в котором наряду с основными культурами учитывалась также и продуктивность зеленой массы редьки масличной) и кулисной культуры находятся примерно на одном уровне. Различия по вариантам систем удобрений и предшественников находятся в пределах 2–5 %. Наиболее высокая продуктивность севооборота достигнута при внесении сбалансированных по выносу с урожаем доз удобрений в комплексе с микроэлементами, ретардантами и биологически активными веществами (вариант 3). В этом варианте технологии возделывания культур получена также самая высокая окупаемость удобрений в расчете на 1 кг NPK – 6,9 к. ед., что в 1,5 раза больше базового (2) варианта внесения удобрений.

По выходу переваримого протеина базовый вариант предшественника из-за высокого содержания азота в зеленой массе редьки масличной более существенно превосходил выход переваримого протеина культур звена севооборота на фоне последействия кулисной культуры. Однако и по этому предшественнику обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином составила 112–116 г/к. ед., что выше физиологической нормы.

При разработке технологий возделывания культур почвозащитного севооборота на антропогенно-преобразованных торфяных почвах, наряду с агрономической оценкой исследуемых приемов, важное значение имеет оценка экономической и экологической целесообразности проведения тех или иных мероприятий. Экономиче-

Таблица 4 – Продуктивность культур почвозащитного севооборота в зависимости от способа использования предшественника (среднее, 2010–2014 гг.)

Система удобрения (NPK кг/га/год)	Выход кормовых единиц в год, т/га		Прибавка к. ед. от кулисной культуры, т/га
	зеленый корм, вспашка*	кулисная культура**	
1. Без удобрений	9,5	9,0	-0,5
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	11,6	10,7	-0,9
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,3	11,0	-0,3
4. Вариант 3 + МЭ, РР, БАВ	12,1	11,5	-0,6

Примечание – * Включена урожайность зеленой массы редьки масличной (64,9 т/га), а также урожайность (29,5 т/га) пелюшко-овсяной смеси на зеленый корм, высеянной пожнивно после уборки озимого рапса; **включена урожайность (29,5 т/га) пелюшко-овсяной смеси на зеленый корм, высеянной пожнивно после уборки озимого рапса.

Таблица 5 – Экономическая эффективность технологий возделывания культур в кормовом севообороте

Система удобрений (NPK кг/га / год)	Выход кормовых единиц, т/га	Стоимость продукции*	Общие затраты*	Условная прибыль	Себестоимость 1 т к. ед., \$
		\$/га			
Зяблевая вспашка, последействие пожнивно-корневых остатков					
1. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	11,6	1054	618	436	53
2. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,3	1028	556	472	49
3. Вариант 2 + МЭ, РР, Эколист	12,1	1101	567	534	47
Дискование (10–12 см), последействие сидерата в виде кулисной культуры редьки масличной					
1. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	10,7	974	506	468	47
2. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,0	1001	442	559	40
3. Вариант 2 + МЭ, РР, Эколист	11,5	1047	448	599	39

Примечание – *Расчет проведен в ценах 2016 г.

ская эффективность исследуемых приемов при возделывании культур рассчитывалась, исходя из условия, что кормовые единицы, полученные с однолетними травами и кукурузой, используются на корм скоту и производство молока. В затратах на его производство на корма приходится 55 %. Стоимость зерна ячменя и маслосемян рапса определялась, исходя из действующих закупочных цен.

Результаты исследований показывают (таблица 5), что при возделывании культур севооборота по базовой технологии получена прибыль, равная 436 \$/га, а почвозащитной, включающей использование посевов редьки масличной в качестве кулисной культуры, ресурсосберегающей системы обработки почвы и применения удобрений – 599 \$/га или на 163 \$/га больше. При такой технологии возделывания культур достигался высокий, практически равный с базовым, уровень выхода кормовых единиц (11,5 и 11,6 т/га в год соответственно) при снижении себестоимости производства на 26 % (39 против 53 \$/т к. ед.).

При оценке почвозащитной технологии необходимо особо отметить её экологическую направленность – снижение до минимума потерь почвы с дефляцией, минимизацию потерь ОВ за счет минерализации, улучшение водного режима и биологической активности почвы, сохранение плодородия, снижение засоренности посевов, а значит и снижение затрат на применение химических средств защиты растений и др. Положительной стороной этой технологии возделывания культур в севообороте является возможность её использования на удаленных от животноводческих комплексов полях мелиорированных земель.

Выводы

Проведенные на антропогенно-преобразованных торфяных почвах стационарные многолетние исследования показали высокую эффективность последствий промежуточных, используемых в качестве зеленого конвейера и предшественника основных культур в разных типах севооборотов.

Для формирования эффективного зеленого конвейера целесообразно возделывание озимой ржи на зеленый корм и поукосно редьки масличной или озимой ржи на зеленый корм, пелюшки и поукосно редьки масличной, которые обеспечивают получение 75,4–79,0 ц/га к. ед. с содержанием переваримого протеина 118–130 г/к. ед. и в своем последствии на урожайность последующих культур превосходят на 8–10 % кукурузу с внесением 60 т/га навоза.

Наиболее низкая продуктивность антропогенно-преобразованных торфяных почв (41,6–44,9 ц/га к. ед.) получена при использовании в качестве предшественника основных культур в зерно-пропашном и зерновом севооборотах овса на зерно на фоне минеральных удобрений, выше – при возделывании кукурузы в зерно-травяно-пропашном и зерно-травяном севооборотах на фоне минеральной (56,6–57,1 ц/га к. ед.) и ещё выше – на фоне органо-минеральной системы применения удобрений (66,5–68,7 ц/га к. ед.).

Использование промежуточных культур на зеленое удобрение повышает в сравнении с овсом в последствии продуктивность основных культур разных типов севооборотов: сбор кормовых единиц в среднем – на 10,2 и переваримого протеина – на 1,78 ц/га, обменной энергии – на 9,7 ГДж/га, достигая обеспеченности одной кормовой единицы переваримым протеином до 90 г.

Продукцию промежуточных культур более эффективно использовать на зеленый корм и заделывать в почву только пожнивными и корневыми остатками. При этом продуктивность последующих культур разных типов севооборотов повышается в сравнении с запашкой всей биомассы

промежуточных культур на зеленое удобрение: кормовых единиц – в среднем на 26 %, обменной энергии – 31, переваримого протеина – на 52 %, достигая обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином до 109 г.

Использование сидерата в виде кулисной культуры редьки масличной обеспечивает продуктивность севооборота (11,5 т/га к. ед. в год), близкую продуктивности, когда продукция промежуточных культур используется на зеленый корм и заделываются в почву только пожнивными и корневыми остатками. Сидерат в виде кулисной культуры по своему действию на продуктивность культур севооборота эквивалентен внесению около 45 т/га навоза, исключает необходимость проведения зяблевой вспашки почвы под кукурузу, сводит до минимума потери ОВ почвы, улучшает её водный режим и фитосанитарное состояние, обеспечивает в сравнении с базовой технологией повышение прибыли на 163 \$/га и снижение себестоимости произведенной продукции на 26 %.

Литература

1. Промежуточные посевы в почвозащитном земледелии / М. М. Ломакин [и др.] // Обзорная информация ВНИИТЭИСХ. – М., 1986. – 87 с.
2. Валько, В. П. Чтобы почва была плодородной. Минсельхозпрод РБ. – Минск., 2001. – 104 с.
3. Привалов, Ф. И. Эффективность возделывания крестоцветных культур в пожнивных посевах / Ф. И. Привалов, Е. Л. Долгова // Земледелие и защита растений. – 2013. – № 2. – С. 5–9.
4. Шершнева, П. М. Сравнительная эффективность промежуточных культур в отдельных звеньях севооборота в восточной части БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / П. М. Шершнева. – Горки, 1969. – 24 с.
5. Шлапунов, В. Н. Промежуточные культуры / В. Н. Шлапунов, Г. И. Шейгеревич, Р. А. Гольдман. – Мн.: Ураджай, 1979. – 112 с.
6. Шлапунов, В. Н. Пожнивными посевами / В. Н. Шлапунов, Т. Н. Лукашевич, Ж. А. Гуринович // Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – С. 275–282.
7. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / В. С. Антонюк [и др.]; под ред. А. А. Попкова. – Минск, 2001. – 308 с.
8. Семенов, Н. Н. Сравнительная продуктивность посевов промежуточных культур на зеленый корм на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья / Н. Н. Семенов, О. Л. Толстяк // Мелиорация переувлажненных земель. – 2007. – № 2 (58). – С. 128–132.
9. Никончик, П. И. Агроэкономические основы систем использования земли / П. И. Никончик. – Минск: Бел. наука, 2007. – 532 с.
10. Влияние промежуточных посевов на обогащение легких почв органическим веществом / Г. В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1(34). – С. 281–284.
11. Технология повышения плодородия легких почв на основе применения удобрений, мелиорантов и промежуточных культур / Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 40 с.
12. Довбан, К. И. Применение сидератов в качестве промежуточных культур / К. И. Довбан. – Минск., 2001. – 48 с.
13. Довбан, К. И. Сидерат – важный резерв повышения плодородия дерново-подзолистых почв Беларуси / К. И. Довбан // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 4 (36). – С. 17–20.
14. Рекомендации по применению различных видов органических удобрений под сельскохозяйственные культуры / В. В. Лапа [и др.]. – Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 40 с.
15. Вильямс, В. Р. Этюды о гумусе. Собрание сочинений, Т. 1 / В. Р. Вильямс. – М.: Сельхозиздат, 1948. – 238 с.
16. Кононова, М. М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения / М. М. Кононова. – М.: Из-во АН СССР, 1963. – 314 с.
17. Лыков, А. М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне / А. М. Лыков. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 143 с.
18. Минерализация органического вещества при освоении торфяно-болотной почвы / Е. Н. Мишустин [и др.] // Почвоведение. – 1974. – С. 32–38.
19. Роль растительной биомассы в формировании активного пула органического вещества почвы / В. М. Семенов [и др.] // Почвоведение. – 2004. – № 11. – С. 1350–1359.
20. Семенов, В. М. Агроэкологические функции растительных остатков в почве / В. М. Семенов, А. К. Ходжаева // Агрохимия. – 2006. – № 7. – С. 61–81.
21. Тюрин, И. В. Органическое вещество почвы и его роль в почвообразовании и плодородии / И. В. Тюрин. – М.: Сельхозгиз, 1937. – 288 с.
22. Справочник нормативных трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства. – Минск: Бел. наука, 2006. – 709 с.
23. Семенов, Н. Н. Продуктивность антропогенно-преобразованных торфяных почв Полесья в зависимости от предшественника основных культур и типов севооборотов / Н. Н. Семенов, П. П. Крот // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 6. – С. 19–25.