

УДК 631.582 : 631.82 : 631.445.12

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ЗВЕНА КОРМОВОГО СЕВОБОРОТА НА АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ ПОЛЕСЬЯ

Н.Н. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Институт почвоведения и агрохимии
г. Минск, Беларусь

Е.В. Каранкевич, кандидат сельскохозяйственных наук
РУП «Институт мелиорации»
г. Минск, Беларусь

Н.М. Авраменко, кандидат технических наук
Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства
Лунинецкий район, Брестская область, Беларусь

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы влияния предшественника в виде редьки масличной, используемой на зеленую массу и сидерат, способов основной обработки антропогенно-преобразованных торфяных почв и систем удобрения на продуктивность культур звена кормового севооборота, вынос и баланс элементов минерального питания в системе почва – удобрение – растение.

Ключевые слова: *деградация, антропогенно-преобразованные торфяные почвы, кулисная культура, удобрения, кукуруза, ячмень, озимый рапс, урожайность, продуктивность, экономика, плодородие, баланс*

Abstract

N.N. Semenenko, E.V. Karankevich, N.M. Avramenko
**PRODUCTIVITY OF SPECIES OF FODDER
CROP ROTATION ON ANTHROPOGENICALLY
TRANSFORMED PEAT SOILS OF POLESYE**

The questions of the influence of the predecessor in the form of a radish oilseed, used for green mass and siderat, methods of the main processing of anthropogenically transformed peat soils and fertilizer systems on the productivity of the crop of the linkage of fodder crop rotation, the removal and balance of elements of mineral nutrition in the soil-fertilizer-plant system are considered.

Keywords: *degradation, anthropogenically transformed peat soils, protective species, fertilizers, corn, barley, winter rape, crop quality, productivity, economy, fertility, balance*

Введение

Антропогенно-преобразованные торфяные почвы разных стадий эволюции в зоне Полесья занимают около 700 тыс. га. Одной из наиболее актуальных экологических и экономических проблем этой зоны, причиной сдерживающей его устойчивое развитие, является снижение плодородия таких почв [1]. После осушения и в процессе сельскохозяйственного использования агроторфяные почвы подвержены дефляции и минерализации органических соединений, что приводит к потере органического вещества (ОВ) и трансформации их в торфяно-минеральные, снижению плодородия. В зависимости от условий величина общих потерь ОВ колеблется в пределах от 2 до 15 т/га и более за год. Наиболее высокие потери ОВ наблюдаются при возделывании на таких почвах пропашных культур, проведении вспашки и

применении повышенных доз минеральных, особенно, азотных удобрений [2–7]. Для сохранения плодородия агроторфяных почв рекомендуется на них больше сеять многолетних трав, в основном злаковые, вносить органические удобрения в дозах 50–60 т/га, заменять вспашку на обработку почвы без оборота пласта [6–10].

Всё казалось бы правильно. В то же время зона Полесья отличается развитым животноводством, и с целью улучшения кормовой базы сельхозпредприятия значительные площади (до 80 %) агроторфяных почв разных стадий эволюции интенсивно используют под посевы зерновых и кукурузы, как ведущих кормовых культур. Основной способ осенней обработки почвы – зяблевая вспашка, органические удобрения применяются, как правило, на полях, расположенных вблизи животноводческих комплексов.

Так же установлено, что разработанная для агроторфяных почв «базовая» система применения удобрений [11-13], предусматривающая возмещение выноса фосфора и калия с планируемой урожайностью и дополнительное внесение для повышения их плодородия, внесение усредненных по полям доз азотных удобрений, не учитывает особенностей торфяно-минеральных почв разных стадий эволюции и нуждается в совершенствовании. Для повышения производительной способности и устойчивости к деградации агроторфяных почв Полесья необходима разработка альтернативных почвозащитных, экономически и экологически обоснованных систем земледелия на них. Такие разработки должны включать научно обоснованные почвозащитные севообороты насыщенные промежуточными культурами, экологически безопасные энергосберегающие системы обработки почвы и комплексное применение макро – и микроудобрений, биологически активных веществ на основе новых методических решений. Однако подобные рекомендации для зоны Полесья неизвестны.

Цель исследований: установить наиболее эффективные сочетания предшественников, способов основной обработки почвы и систем применения удобрений, обеспечивающих высокую продуктивность культур кормового севооборота, сохранение почвы и более экономное использование минеральных удобрений.

Объекты и методы исследований

В технологиях возделывания основных сельскохозяйственных культур севооборота важнейшее значение имеют подбор предшественника, способ основной обработки почвы и система применения удобрений. В результате исследований, проведенных нами ранее на торфяно-минеральных почвах [14], установлено, что одними из лучших предшественников основных культур севооборота являются промежуточные культуры с использованием зеленой массы на корм и заделкой в почву пожнивнокорневых остатков (ПКО). Однако использование и такого предшественника под пропашные культуры на этих почвах не исключает проведения зяблевой вспашки, внесения органических удобрений, интенсивную дефляцию и минерализацию ОВ в течение длительного периода вегетации, приводящих к снижению её плодородия. Поэтому в последние годы в ряде стран (Англия, Германия, США и др.) в качест-

ве предшественника кукурузы, сахарной свеклы и сои используют кулисные посевы промежуточных культур.

Считаем возможным [4, 15] снизить потери ОВ агроторфяных почв, затраты на зяблевую вспашку и применение органических удобрений, химических средств защиты растений, а также повысить продуктивность культур севооборота и поступление ОВ в почву за счет использования в качестве предшественника сидерата в виде кулисной культуры более зрелых растений семейства капустных, например, редьки масличной. В фитомассе таких растений больше накапливается лигнина, полифенолов с соотношением С: N 20–25 и более, из которых образуются гумусовые вещества. Такой предшественник укрывает поверхность почвы в течение 6–7 месяцев в осеннее-зимний период, что предотвращает дефляцию и развитие сорной растительности (рисунок 1). При этом исключается такой энергоемкий прием агротехнологий, как зяблевая вспашка, улучшается водный режим, снижаются потери ОВ и миграция элементов минерального питания.



Рисунок 1. – Состояние поверхности почвы под кулисной культурой в конце марта

Наши исследования проводились в 2010–2015 гг. 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 пожнивнопелюшко-овсяная смесь на зеленый корм на двух фонах последствия редьки масличной и трех способов обработки почвы:

1. базовый вариант технологии: пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, поукосно редька

масличная на зеленый корм. Пажитно-корневые остатки заделываются под зяблевую вспашку на глубину 20–22 см под кукурузу, ячмень и озимый рапс;

2. ресурсосберегающая: пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, поукосно редька масличная на зеленый корм, пажитно-корневые остатки заделываются дискатором на глубину 10–12 см под кукурузу, ячмень и озимый рапс;

3. почвозащитная: пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, поукосно редька масличная как сидерат 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 они заделываются в почву дискатором на глубину 10–12 см. При этом растительные остатки кулисной культуры продолжают сохранять почвозащитную функцию в виде мульчи после посева кукурузы. Под ячмень и озимый рапс соответственно после уборки кукурузы и ячменя проводится поверхностная обработка почвы дискатором на глубину 10–12 см.

На фоне приведенных вариантов предшественников и способов основной обработки почвы под культуры севооборота исследовались различные системы удобрения (таблица 1).

Таблица 1. – Схема распределения удобрений по культурам звена севооборота

Вариант системы удобрений основных культур ¹⁾	КУЛЬТУРЫ				Внесено удобрений NPK, кг/га	
	Однолетние травы ¹⁾	Кукуруза на силос	Ячмень	Озимый ²⁾ рапс	Всего за звено севооборота	Среднее за год
1. Основные культуры без удобрений (общий фон – N ₁₆₁ P ₉₉ K ₁₅₀)	N ₁₁₅ P ₅₀ K ₇₅	-	-	N ₄₆ P ₄₉ K ₇₅	N ₁₆₁ P ₉₉ K ₁₅₀	N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈
2. Базовая: доза азота рассчитывается на возмещение выноса, P ₂ O ₅ – 150 и K ₂ O – 130 % к выносу	N ₁₁₅ P ₅₀ K ₇₅	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₂₄₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₄	N ₁₆₅ P ₁₂₀ K ₁₆₀ N ₄₆ P ₄₉ K ₇₅ .	N ₆₂₆ P ₄₄₄ K ₆₉₀	N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇
3. Доза азота определяется по выносу и корректируется с учетом содержания N мин. в почве, P ₂ O ₅ и K ₂ O – 110 % к выносу	N ₁₁₅ P ₅₀ K ₇₅	N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₈₀	N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀	N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₂₀ N ₄₆ P ₄₉ K ₇₅ .	N ₅₂₁ P ₃₄₉ K ₅₇₀	N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃
4. Вариант 3 + микроэлементы, регуляторы роста (PP)	N ₁₁₅ P ₅₀ K ₇₅	N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₈₀ , Zn, Экосил	N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ Cu, Экосил, PP	N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₂₀ Cu, B, Экосил N ₄₆ P ₄₉ K ₇₅ .	N ₅₂₁ P ₃₄₉ K ₅₇₀ MЭ, PP, Экосил,	N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃
5. Вариант 3 в форме МДУ	N ₁₁₅ P ₅₀ K ₇₅	N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₈₀	N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀	N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₂₀ элегум В, гуматы N ₄₆ P ₄₉ K ₇₅	N ₅₂₁ P ₃₄₉ K ₅₇₀ элегум В, гуматы	N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃

Примечание

Вариант системы удобрений¹⁾: 1. Без удобрений. Для выравнивания плодородия почвы опытного участка доза удобрений применялась одного уровня под однолетние травы (две культуры) – N₁₁₅P₅₀K₇₅ (пелюшка+ овес – N₄₅P₅₀K₇₅; поукосно редька масличная – N₇₀).

2. Базовая: Доза азота рассчитана на возмещение выноса, а фосфора 150 и калия 130 % к выносу (на возмещение выноса элементов с урожаем и дополнительно на повышение плодородия почвы).

3. Компенсация выноса РК на 110 %, доза азота определяется по выносу с урожаем и корректируется с учетом содержания минерального азота в почве.

4. Вариант 3 + микроэлементы, Экосил, ретарданты.

5. Медленнодействующие удобрения марки N₅P₁₆K₃₅ с добавкой азотных удобрений, бора и цинка.

²⁾ После уборки озимого рапса пажитно высеяна пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, внесено общим фоном N₄₆P₄₉K₇₅.

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

Исследования проводились с кукурузой гибрид Алмаз, норма высева 110 тыс. всхожих семян, ширина междурядий 70 см, планируемая урожайность 600 ц/га зеленой массы (СВ 25 %). Яровой ячмень сорт Атаман, норма высева 4 млн. всхожих семян, планируемая урожайность – 50 ц/га. Озимый рапс сорт Зорны, норма высева 1 млн. всхожих семян, планируемая урожайность маслосемян – 45 ц/га. В соответствии 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 – $N_{165}P_{120}K_{160}$.

Формы удобрений: основное внесение – мочевина, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий. В подкормку растений кукурузы и ячменя применяли мочевину, а под озимый рапс – сернокислый аммоний. В варианте 4 в подкормку внесены микроэлементы в хелатной форме в смеси с биологически активным веществом – Экосил (100 мл/га), гуматы (2 л/га), ретарданты – Терпал (1,5 л/га). Объем рабочего раствора – 200 л/га.

Агротехника возделывания кукурузы, ячменя и озимого рапса в опыте в целом рекомендована для зоны Полесья.

Погодные условия вегетационных периодов в годы проведения исследований были контрастными и оказали различное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур. В зимний период 2011 г. выпало осадков меньше нормы. Это привело к формированию низких весенних запасов влаги в почве. Две декады мая и первая июня отмечались недостатком осадков, что привело к задержке всходов и слабому развитию кукурузы в этот период. Только во

второй и третьей декаде июня с выпадением осадков повысилось содержание влаги в почве и влагообеспеченность растений. Вторая половина вегетационного периода по влагообеспеченности и среднесуточной температуре была благоприятной для роста и развития кукурузы. Мониторинг за водным режимом почвы на опытном участке также показал, что в 2011 году только в течение июня месяца уровень залегания грунтовых вод был на уровне 118–129 см, что ниже оптимального. В другие месяцы уровень залегания грунтовых вод колебался в пределах 82–103 см, что близко к оптимальному. Весь период вегетации среднесуточная температура воздуха была на 0,5–2,4 °C выше нормы. В целом погодные условия 2011 года считаются хорошими для формирования высокой урожайности зеленой массы кукурузы.

Для 2012 года было характерно чередование жары и засухи с прохладной и дождливой погодой. Обилие осадков и низкой температуры пришлось на первую половину вегетации кукурузы, что для этой культуры нежелательно. В первой декаде июня выпали осадки, в этот период отмечалась прохладная погода с ночными заморозками до – 7,2 °C, которые привели к повреждению растений и торможению роста кукурузы. Однако благоприятные погодные условия роста и развития в июле и, особенно, в августе способствовали интенсивному вегетативному росту, цветению, оплодотворению и формированию початков кукурузы. Уровень грунтовых вод в первой половине вегетации был близким к оптимальному (92–112 см), а в период июль – сентябрь – ниже оптимального (120–150 см). В то же время в опыте на исследуемых почвах получена и в этом году достаточно высокая урожайность зеленой массы кукурузы. Это указывает с одной стороны на пригодность антропогенно-преобразованных торфяных почв для возделывания кукурузы в экстремальных погодных условиях, а с другой – высокие адаптационные свойства этой культуры к таким условиям.

Неблагоприятные для роста и развития ячменя погодные условия вегетационных периодов 2012 и, особенно, 2013 года оказали негативное влияние на формирование урожайности этой культуры. В 2012 году в первый период вегетации растений – в 3-ей декаде мая – начале июня отмечалось наличие низких температур, которые привели к торможению роста ячменя. В июне 2013 года гидрологический

режим в зоне Полесья был крайне неблагоприятным для формирования урожайности зерновых культур. Посевы этих культур на отдельных полях были залиты водой, обильно росли сорняки, особенно куриное просо на посевах ячменя. Во второй половине июня и июле температура воздуха превышала среднюю многолетнюю, часто достигая + 30 °С и более, что способствовало ускоренному созреванию растений, получению щуплого зерна и интенсивному росту сорной растительности, особенно куриного проса. Поэтому, несмотря на удовлетворительное соблюдение технологии возделывания в целом, урожайность ячменя в опыте получена ниже, чем в предыдущей пятилетке при более благоприятных погодных условиях.

При возделывании озимого рапса погодные условия различались по годам исследований и были контрастными по этапам органогенеза растений, что повлияло на формирование урожайности. В апреле-мае 2013 года погода была сырая и холодная. Температура почвы в апреле в среднем составила – 2 °С, достигая в отдельные ночи до – 7– 13 °С. В первой декаде мая и 3-ей июня на почве были заморозки до – 5 °С. В мае-июне гидрологический режим был неблагоприятным для формирования урожайности озимого рапса. Посевы этой культуры были угнетены от избытка влаги. В тоже время во второй половине июня и июле температура воздуха превышала среднюю многолетнюю, часто достигая + 30 °С и более. Это способствовало ускоренному созреванию растений, получению щуплого зерна и интенсивному росту сорной растительности. В условиях же 2014 года в апреле, июне и июле отмечался недостаток осадков и влаги в почве, наличие высокой температуры в июне привело к преждевременному усыханию стручков и растений рапса и снижению ожидаемой урожайности. В целом можно считать, что погодные условия в годы проведения опытов были типичными для зоны Полесья в последнее время.

Методы исследования. В почве содержание органического вещества определяется методом озонирования пробы, кислотность – в 1М КСl. Содержание доступных растениям соединений азота, фосфора и калия определялось по разработанным авторами статьи методам [18, 19], а подвижных форм фосфора и калия в 0,2М НСl вытяжке по методу Кирсанова [20], рекомендуемого Агротехслужбой для торфяных почв. Статистическая обработка результатов полевых и

лабораторных исследований проводилась по Доспехову Б. А. [21] с использованием ПК соответствующих программ для дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа. Для расчета выхода кормовых единиц и обменной энергии с урожаем использованы нормативы, приведенные в справочнике [22], а протеина – результаты собственных исследований.

Результаты исследований и их обсуждение **Влияние комплексного использования агротехнологических приемов на продуктивность культур севооборота**

В предыдущих наших работах [15–17и др.] были представлены результаты оценки влияния различных способов обработки почвы, предшественников и систем применения удобрения на продуктивность кукурузы, возделываемой на зеленую массу, ячмень и маслосемена озимого рапса. Показано, что кулисная культура редьки масличной оказывает положительное влияние на рост урожайности культур севооборота в течение трех лет. Установлено, что за счет последствия кулисной культуры максимальный прирост урожайности составил: зеленой массы кукурузы – 21,4 т/га, ячменя – 0,42 и семян озимого рапса – 0,45 т/га.

Важной характеристикой продуктивности кормовых севооборотов является выход кормовых единиц, обменной энергии и переваримого протеина с единицы площади. Представленные в таблице 2 результаты оценки влияния комплексного использования агротехнологических приемов на продуктивность культур кормового севооборота показывают, что выход кормовых единиц в среднем за севооборот в вариантах с применением удобрений на фоне вспашки и поверхностного дискования почвы достиг уровня 11,3–2,1 т/га. При этом в среднем по двум способам обработки почвы применение повышенных доз удобрений (вариант 2) не имеет преимуществ перед внесением умеренных доз (вариант 3), рассчитанных на вынос элементов питания с планируемой урожайностью.

Наиболее высокий выход кормовых единиц получен при внесении сбалансированных по выносу доз удобрений в комплексе с применением микроэлементов (цинк, медь) и Экосила (вариант 4), который составляет 12,0–12,1 т/га, что на 24–27 % выше фона.

Установлено, что при возделывании промежуточных в виде основных, поукосных и пожнивных

Таблица 2. – Влияние комплекса агробιοтехнологических приемов на продуктивность культур звена кормового севооборота (среднее за год)

СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ (НРК кг/ год)	Показатели продуктивности ¹⁾			
	Кормовые единицы, т/га	Обменная энергия, ГДж/га	Переваримый протеин	
			ц/га	г/ к. ед.
Зяблевая вспашка, последствие пожнивно-корневых остатков (базовый вариант технологий)				
1. Без удобрений (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈)	9,5	91,3	13,7	144
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	11,6	109,2	15,9	137
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,3	107,5	15,7	139
4. Вариант 3 + МЭ, Экосил, РР	12,1	114,0	16,4	136
НСР ₀₅	0,06	5,8	0,85	9,7
Дискование (10-12 см), последствие пожнивно - корневых остатков (ресурсосберегающая технология)				
1. Без удобрений (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈)	9,7	92,7	15,9	164
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	11,3	108,1	15,5	137
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,5	109,7	16,2	141
4. Вариант 3 + МЭ, Экосил, РР	12,0	114,4	16,2	135
НСР ₀₅	0,07	6,3	0,74	8,1
Дискование (10-12 см), последствие сидерата в виде кулисной культуры редьки масличной (почвозащитная технология)				
1. Без удобрений (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈)	9,0	90,5	10,1	112
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	10,7	105,3	12,4	116
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,0	108,6	12,3	112
4. Вариант 3 + МЭ, Экосил, РР	11,5	112,7	13,3	116
5. Вариант 3 в форме МДУ	11,7	113,4	13,0	111
НСР ₀₅	0,05	6,7	0,58	6,6

культур, кукурузы, ячменя и озимого рапса на торфяно-минеральных почвах выход обменной энергии может достигать при внесении удобрений в среднем за 4 года 107–114,4 ГДж/га. Отмечается более высокий выход обменной энергии (114,4 ГДж/га) и прибавки к фону 25 % при внесении сбалансированных по выносу с урожайностью доз минеральных удобрений в комплексе с микроэлементами цинком и медью и Экосилом (вариант 4).

Возделывание кормовых культур на исследуемых почвах с применением удобрений позволяет обеспечить выход переваримого протеина на уровне 15,5–16,4 ц/га. По переваримому протеину, как и по выходу кормовых единиц, наиболее высокие прибавки получены при внесении сбалансированных по выносу с планируемой урожайностью доз удобрений в

комплексе с микроэлементами цинком и медью и Экосилом, которые составляют 16,2–6,4 ц/га. Различия в уровне выхода переваримого протеина при разных способах основной обработки почвы несущественны. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином по исследуемым вариантам систем удобрения колеблется в пределах 135–141 г/к. ед., что выше физиологической нормы для животных. При этом от способов обработки почвы обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином изменяется несущественно. Продуктивность культур севооборота, возделываемых на фоне кулисной культуры (урожайность зеленой массы редьки масличной не учитывается), по выходу кормовых единиц и обменной энергии примерно одного уровня с продуктивностью базового варианта. Различия по выхо-

ду кормовых единиц и обменной энергии по вариантам систем удобрений и предшественников находятся в основном в пределах 2–5 %. Только по выходу переваримого протеина базовый вариант предшественника из-за высокого содержания азота в зеленой массе редьки масличной, используемой на корм, превосходит выход переваримого протеина культур севооборота на фоне последействия кулисной культуры. Однако и по этому предшественнику обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином в среднем составляет 112–116 г/к. ед., что выше физиологической нормы.

Применение медленнодействующих форм удобрений по продуктивности культур кормового севооборота в целом не имеет преимуществ по сравнению с вариантом системы комплексного применения удобрений, микроэлементов, ретардантов и биологически активных веществ.

Таким образом, на фоне зяблевой вспашки или поверхностного дискования кормовой севооборот, включающий возделывание промежуточных и основных культур, при внесении удобрений обеспечивает среднегодовой выход кормовых единиц 11,3–12,1 т/га с содержанием переваримого протеина 135–141 г/к. ед.

и до 114 ГДж/ га обменной энергии. Использование сидерата в виде кулисной культуры редьки масличной при сбалансированной системе применения удобрений обеспечивает в целом аналогичную продуктивность кормового севооборота. Однако ресурсосберегающая и природоохранная функция такого варианта использования антропогенно-преобразованных торфяных почв имеет несомненные преимущества.

Эффективность систем применения удобрений под культуры кормового севооборота на фоне разных способов основной обработки почвы

При оценке систем применения удобрений важным показателем их эффективности служит окупаемость дополнительно получаемой продукцией. Из приведенных в таблице 3 данных видно, что урожайность кормовых культур на 75–80 % формируется за счет почвенного плодородия.

Только при комплексном применении удобрений и других факторов интенсификации производства кормовых культур доля почвенного плодородия в формировании урожайности снижается в среднем до 70 %. Наиболее низкая окупаемость удобрений (среднее по разным способам обработки почвы) –

Таблица 3. – Эффективность систем применения удобрений под культуры севооборота на фоне разных способов обработки почвы

СИСТЕМА УДОБРЕНИЙ (НРК кг/га/ год)	Выход к. ед.	Прибавка к фону от удобрений		Окупаемость 1 кг НРК, к. ед.
	т/га	%		
Вспашка, последействие пожнивно - корневых остатков				
1. Без удобрения основных культур (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈) [*])	9,5	-	-	-
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃ ^{**})	11,6	2,1	22	4,8
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃ ^{***})	11,3	1,8	19	5,0
4. Вариант 3 + МЭ, БАВ, РР	12,1	2,6	27	7,2
Дискование 10-12 см, последействие пожнивно - корневых остатков				
1. Без удобрения основных культур (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈)	9,7	-	-	-
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	11,3	1,6	16	3,6
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,5	1,8	19	5,0
4. Вариант 3 + МЭ, БАВ, РР	12,0	2,3	24	6,4
Дискование 10-12 см, последействие сидерата в виде кулисной культуры редьки масличной				
1. Без удобрения основных культур (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈)	9,0	-	-	-
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	10,7	1,7	19	3,9
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,0	2,0	22	5,6
4. Вариант 3 + МЭ, БАВ, РР	11,5	2,5	28	6,9
5. Вариант 3 в форме МДУ	11,7	2,7	30	7,5

4,1 к. ед./1кг NPK получена при внесении их в дозах рассчитанных на возмещение выноса элементов с урожаем и повышение плодородия почвы (базовый вариант 2). Применение сбалансированных по выносу доз удобрений обеспечивает повышение их окупаемости до 5,2 к. ед./1кг NPK (27 %). Максимальный же уровень окупаемости удобрений – 6,8 к. ед./1кг NPK в среднем по всем видам обработок почвы достигается применением сбалансированных по выносу доз удобрений в комплексе с микроэлементами и регуляторами роста (вариант 4). В сравнении с базовой системой применения удобрений (вариант 2) внесение сбалансированных по выносу доз удобрений совместно с микроэлементами и Экосилом обеспечивает повышение их окупаемости на 66 %. Безусловно, в сумме прибавки по этому варианту системы применения удобрений присутствует и доля микроэлементов и Экосила. В то же время нельзя отрицать факта, что при дополнении системы удобрения микроэлементами (цинком, медью) и биологически активными веществами (Экосилом, гуматами) более эффективно используются азот, фосфор и калий удобрений. Так же получена высокая окупаемость медленно действующей формы удобрений – 7,5 к. ед. /1 кг NPK, в которую добавлены микроэлементы бор и цинк.

Вынос и баланс элементов минерального питания в звене севооборота в зависимости от используемых приемов агротехники возделывания культур

В интенсивных системах земледелия ставится задача получать не только высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур хорошего качества, но и создавать условия для расширенного воспроизводства плодородия почв. Для обоснования более эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия в современных условиях используется балансированный метод определения оптимальных доз минеральных удобрений, который основан на количественных нормативах общего и удельного выноса основных элементов питания с урожаем. Следовательно, необходимо оценивать влияние способов основной обработки почвы, а, главное, систем применения удобрений и сидерата на общий и удельный вынос элементов минерального питания с культурами звена севооборота.

Систематизация и анализ приведенных в таблице 4 данных показывают, что изучаемые системы удобрения и предшественники основных культур (заделка пожнивно-корневых остатков и сидератов) оказали различное влияние на хозяйственный и удельный вынос элементов питания с урожаем. При этом на фоне запашки и поверхностной заделки пожнивно-корневых остатков дискованием уровни общего и удельного выносов элементов питания как при одинаковых системах применения удобрения, так и в среднем по вариантам практически идентичны. С увеличением выхода кормовых единиц от 9,5 до 12,1 т/га хозяйственный вынос азота повышается и колеблется в пределах от 231 до 272 кг/га, оксидов фосфатов – 77–93 и калия – 314–397 кг/га. Удельный вынос элементов питания при этом изменяется несущественно: азот – 24,3–22,5 кг/т, оксиды фосфатов – 7,7–8,2 и калий – 31,4–33,1 кг/т к. ед. Однако внесение повышенных доз удобрений (базовая система применения удобрений, вариант 2) как по фону вспашки, так и дискования не способствовало росту урожайности, общему и удельному выносам элементов питания по сравнению с вариантом внесения удобрений в дозах, рассчитанных на вынос с урожаем (вариант 3).

При использовании в качестве предшественника основных культур сидерата кулисной культуры редьки масличной общий и удельный выносы элементов минерального питания существенно ниже в сравнении с предшественником, в котором редька масличная использовалась на зеленый корм. С увеличением выхода кормовых единиц от 9,0 до 11,7 т/га хозяйственный вынос азота колеблется в пределах от 179 до 235 кг/га, оксидов фосфатов – 68–93 и калия – 237–287 кг/га. При этом удельный вынос элементов питания по вариантам удобрения изменяется несущественно. На фоне кулисной культуры в среднем по вариантам систем удобрения удельный вынос азота на 3,1 и калия – на 6,8 кг/1 т к. ед. ниже выноса этих элементов при использовании редьки масличной на зеленую массу. Это указывает на то, что при использовании сидерата в виде кулисной культуры элементы питания в системе почва – удобрение – растение используются более экономно: в среднем за год расход азота снижается на 40 и калия – около 80 кг/га.

В то же время приведенные в таблице 4 данные указывают, что по всем вариантам систем удоб-

Таблица 4. – Вынос элементов питания культурами звена севооборота (среднее за год)

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ	Выход кормовых ед., т/га	Вынос урожаем, кг/га			Удельный вынос, кг/т к. ед.			Интенсивность баланса, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вспашка, последствие пожнивно-корневых остатков										
1. Без удобрения основных культур (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈) ^{*)}	9,5	231	77	314	24,3	8,1	33,1	18	31	12
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃ ^{**)}	11,6	265	91	364	22,8	7,8	31,4	59	122	48
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃ ^{***)}	11,3	263	90	366	23,3	8,0	32,4	49	97	39
4. Вариант 3 + МЭ, Экосил, РР	12,1	272	93	397	22,5	7,7	32,8	59	94	36
Среднее (NPK)	х	х	х	х	22,9	7,8	32,2	х	х	х
Дискование 10-12 см, последствие пожнивно-корневых остатков										
1. Без удобрения основных культур (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈)	9,7	233	78	319	24,0	8,0	32,9	18	31	12
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	11,3	263	90	362	23,3	8,0	32,0	60	123	48
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,5	274	93	371	23,8	8,1	32,3	47	94	39
4. Вариант 3 + МЭ, Экосил, РР	12,0	275	98	372	22,9	8,2	31,0	47	89	38
Среднее (NPK)	х	х	х	х	23,3	8,1	32,0	х	х	х
Дискование 10-12 см, последствие сидерата в виде кулисной культуры редьки масличной										
1. Без удобрения основных культур (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈)	9,0	179	68	237	19,9	7,6	26,3	23	35	16
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	10,7	221	85	270	20,7	7,9	25,2	71	131	64
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,0	217	84	283	19,7	7,6	25,7	60	104	51
4. Вариант 3 + МЭ, Экосил, РР	11,5	235	93	287	20,4	8,1	25,0	55	94	50
Среднее (NPK)	х	х	х	х	20,3	7,9	25,3	х	х	х

рения на фоне вспашки и дискования почвы баланс азота и калия отрицательный. Не происходит возмещения выноса этих элементов за счет внесенных удобрений. При этом внесение повышенных доз азота и калия (вариант 2) восполняет потери в большей степени, чем при внесении сбалансированных по выносу доз этих элементов (вариант 3). По фосфатам, как и рассчитывали, в целом по базовому варианту внесения удобрения баланс положительный, а по вариантам 3,4 приближается к 100 % возмещения выноса элемента с урожаем. На фоне использования редьки масличной в качестве сидерата интенсивность баланса и коэффициент возмещения выноса с урожаем по азоту, фосфатам и калию в системе почва – удобрение – растения выше на 8–16 %, чем при использовании её на зеленый корм. В заключение можно пред-

положить, что по базовому варианту системы удобрения урожайность сформировалась за счет азота почвы около 40 % и калия – 50 %, а по варианту 3 соответственно 50 и 40 %. На фоне кулисной культуры участие элементов питания почвы в выносе элементов питания урожаем снижается в среднем на 10 %.

Выводы

1. На фоне зяблевой вспашки или поверхностного дискования и применения удобрений кормовой севооборот, включающий возделывание промежуточных культур на зеленый корм, кукурузы на зеленую массу, ячменя и семян озимого рапса, обеспечивает близкий по способам обработки почвы среднегодовой выход кормовых единиц –11,3–12,1 т/га с содержанием переваримого протеина 135–141 г/к.ед. и до 114 ГДж/га обменной энергии.

2. При внесении повышенных доз по базовой системе удобрений окупаемость их продукцией в зависимости от способа основной обработки почвы колеблется в пределах 3,6–4,8, а в среднем составляет 4,1 к.ед./кг NPK. Применение сбалансированных по выносу доз удобрений на фоне тех же способов основной обработки почвы обеспечивает повышение их окупаемости до 5,2 к.ед./кг NPK или на 27 % выше базовой. Максимального же уровня окупаемость удобрений (6,8 к.ед./кг NPK (66 %) выше базовой в среднем по всем видам обработок почвы) достигается применением сбалансированных по выносу доз удобрений в комплексе с микроэлементами и регуляторами роста (вариант 4). Внесение повышенных доз удобрений (базовая система применения удобрений, вариант 2) как по фону вспашки, так и дискования не способствовало росту урожайности, общему и удельному выносам элементов питания в сравнении с внесением удобрений в дозах, рассчитанных на вынос с урожаем (вариант 3).

3. По всем способам обработок почвы и системам удобрения удельный вынос элементов питания изменяется и колеблется незначительно: азот – от 24,3 до 22,5 кг/т, оксиды фосфатов – от 7,7 до 8,2 и калий – от 31,4 до 33,1 кг /т к. ед. Баланс азота и калия – отрицательный, коэффициент возмещения со-

ставляет по азоту около 50–60 % и калию – 40–50 %. По фосфатам в целом по базовому варианту внесения удобрения баланс положительный (122–131 %), а по варианту 2 приближается к 100 % возмещения выноса элемента с урожаем.

4. Использование кулисной культуры редьки масличной в виде сидерата при сбалансированной с выносом урожайностью системе внесения удобрений обеспечивает в целом продуктивность кормового севооборота в 11,5 т/га к. ед. Однако такой сидерат сводит до минимума потери ОВ почвы, улучшается её водный режим и фитосанитарное состояние посева. На фоне кулисной культуры в среднем по вариантам систем удобрения удельный вынос азота на 3,1 и калия – на 6,8 кг /1 т к. ед. ниже выноса этих элементов при использовании редьки масличной на зеленую массу. Это указывает на то, что при использовании сидерата в виде кулисной культуры элементы питания в системе почва – удобрение – растение используются более экономно: в среднем за год расход азота снижается на 40 и калия – около 80 кг/га. Интенсивность баланса по азоту и калию в системе почва – удобрение – растения на фоне использования редьки масличной в качестве сидерата снижается на 8–16 % в сравнении с использованием на зеленый корм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
2. Бамбалов, Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения / Н.Н. Бамбалов; АН БССР, Ин-т торфа; под ред. А.В. Тишковича. – Минск : Наука и техника, 1984. – 176 с.
3. Жилко, В.В. Почвозащитные севообороты на дефляционных землях Белорусского Полесья / В.В. Жилко, Н.Н. Цыбулька, А.Ф. Черныш. / Эколого-экономические принципы эффективного использования мелиорированных земель // Материалы конференции. Минск, 2000. С. – 202.
4. Семененко, Н.Н. Торфяно-болотные почвы Полесья: их трансформация и пути эффективного использования / Н.Н. Семененко. – Минск : Беларус. навука, 2015. – 282 с.
5. Скоропанов, С.Г. Эволюция торфяных почв / С.Г. Скоропанов, Н.Н. Бамбалов, П.Ф.Тиво // Охрана с.-х. угодий и окружающая среда. – Минск : 1984. – С. 193–210.
6. Черныш, А.Ф. Дефляция почв в Беларуси/ А.Ф. Черныш, Ю.А. Чижиков // Природные ресурсы, 2005. – №3. – С. 38-50
7. Черныш, А.Ф. Влияние почвозащитных обработок на дефляцию торфяно-болотных почв и продуктивность/ А.Ф Черныш, А.В. Юхновец // Повышение эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель, Минск, 2005. – С. 432-434.
8. Мееровский, А.С. Проблемы использования и сохранения торфяных почв / А.С. Мееровский, В.П. Трибис // Новости науки и технологий. – 2012. – №4 (23). – С. 3-9.

9. Национальный доклад о состоянии, использовании и охране земельных ресурсов (по сост. на 1 янв. 2011 г.) / Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь; под ред. Г.И. Кузнецова. – Минск: РУП «БелНИЦзем», 2011 – 184 с.
10. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011 – 2015 гг./ В.Г. Гусаков [и др.]; под ред. В.Г. Гусакова. – НАН Беларуси, МСХП РБ, Госкомимущества, Ин-т почвоведения и агрохимии; Минск, 2010. – 106 с.
11. Лапа, В.В. Оптимальные дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2002. – 24 с.
12. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.
13. Система применения органических и минеральных макро- и микроудобрений в севооборотах : рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 56 с.
14. Семененко, Н.Н. Продуктивность антропогенно-преобразованных торфяных почв Полесья в зависимости от предшественника основных культур и типов севооборотов / Н.Н. Семененко, П. П. Крот // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – №6. – С. 19-25.
15. Семененко, Н.Н. Влияние способов основной обработки на водно-физические свойства антропогенно-преобразованной торфяной почвы, засоренность посевов и урожайность кукурузы на зеленую массу / Н.Н. Семененко, Е.В. Каранкевич, Н.М. Авраменко // Мелиорация. – 2014. – №1 (71). – с. 59-66.
16. Семененко, Н.Н. Продуктивность кормового ячменя в зависимости от способов основной обработки антропогенно- преобразованной торфяной почвы и систем удобрений/ Н.Н. Семененко, Е.В. Каранкевич, Н.М. Авраменко // Сб. науч. трудов Полесского аграрно-экологического института “Прыроднае асяроддзе Палесся : асаблівасці і перспектывы развіцця”. – Брест : Альтернатива, 2014 г. – Вып. 7. – С. 165–169.
17. Семененко, Н.Н. Влияние систем удобрений и последействия сидерата на урожайность маслосемян озимого рапса на торфяно-минеральных почвах Полесья / Н.Н. Семененко, Е.В. Каранкевич, Н. М. Авраменко // Мелиорация. – 2016. – №3 (77). – с.49-54.
18. Семененко, Н. Н. Методы определения содержания доступных растениям соединений азота, фосфора и калия в деградированных торфяных почвах / Н. Н. Семененко, В. А. Журавлев. – Минск., 2005. – 24 с.
19. Семененко, Н.Н. Агрохимические методы исследования состава соединений азота, фосфора и калия в торфяных почвах / Н.Н. Семененко. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 78 с.
20. Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО / ГОСТ 26207-84. – М., 1984. – 6 с.
21. Доспехов, Б. А. Основы методики полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Колос, 1982. – 280 с.
22. Справочник нормативных трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства. – Минск : Бел. наука, 2006. – 709 с.

Поступила 21.04.2017