

удобрений на урожайность этой культуры в зависимости от погодных условий и особенностей технологии возделывания составила 21,4–50,8 %, сорта – 0,2–38,1 %, фунгицида – 9,2–36,7 %.

3. По влиянию на содержание белка в зерне пивоваренного ячменя долевое участие изучаемых факторов располагается в убывающей последовательности погодные условия (67,5 %), сроки сева (63,9 %), азотные удобрения (6,2 %), сорт (5,6 %).

Литература

1. Вильдфлуш, И. Р. Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата ризобактерин на урожайность и качество пивоваренного ячменя / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, И. В. Глатанкова // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – №2(53). – С. 161–170.
2. Горпинченко, Т. В. Качество ячменя для пивоварения / Т. В. Горпинченко, З. Ф. Аниканова // Пиво и напитки. – 2002. – №1. – С. 18–22.
3. Гриб, С. И. Ячменному полю – интенсивные сорта / С. И. Гриб. – Минск: Ураджай, 1992. – 158 с.
4. Емельяненко, Б. М. Влияние условий выращивания на продуктивность и технологические свойства пивоваренных сортов ячменя интенсивного типа в условиях лесостепной зоны Центрально-Черноземного района РСФСР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Б. М. Емельяненко; Курская Гос. с.-х. опытная станция. – Курск, 1990. – 19 с.
5. Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержание мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси: ГОСТ 30483-97. – Введ. 10.06.1998. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1998. – 18 с.
6. Зерно. Методы определения экстрактивности ячменя: ГОСТ 12136-77 – Переизд. 12.10. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 4 с.
7. Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания: ГОСТ 10968-88. – Введ. 01.07.88. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. – 3 с.
8. Кадыров, А. М. Возделывание пивоваренного ячменя в Беларуси / А. М. Кадыров. – Минск: УП «Орех», 2005. – 56 с.
9. Кунце, В. Технология солода и пива / В. Кунце. – СПб.: Из-во «Профессия», 2001. – 912 с.
10. Неттевич, Э. Д. Выращивание пивоваренного ячменя / Э. Д. Неттевич, З. Ф. Аниканова, Л. М. Романова – М.: Колос, 1981. – 207 с.
11. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; В. Г. Гусаков (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2005. – 460 с.
12. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых и крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; под ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск, 2012. – 288 с.
13. Сенченко, В. Г. Возделывание пивоваренного ячменя в Республике Беларусь: Аналит. обзор / В. Г. Сенченко. – 2-ое изд., доп. – Минск: Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2004. – 44 с.
14. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. мат. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; под ред. Ф. И. Привалова [и др.] – Минск, 2007. – 448 с.
15. Ячмень пивоваренный. Технические условия: ГОСТ 5060–86. – Введ. 01.07.88. – Москва: СТАНДАРТИНФОРМ: Госстандарт, 2010. – 16 с.
16. Ячмень пивоваренный. Технические условия: ТУ ВУ 190239501.773–2010. – Введ. 01.07.10. – Минск: Технические условия: Государственный комитет по стандартизации РБ, 2010. – 9 с.
17. Ячмень, солод, пиво (учебное пособие) Malt_web.pdf.
18. Трофимовская, А. Я. Ячмень / А. Я. Трофимовская. – Л.: Колос, 1972. – 295 с.
19. Jablonski, B. Reakcja jeczmidnia jarego na termin siewu / B. Jablonski, D. Parylak // Zesz. Problemow Postepow Nauk Rolniczych. – 1984. – Z. 305. – S. 221–225.
20. Rehm, H. Binding of beta-bungarotoxin to synaptic membrane fractions of chick brain / H. Rehm, H. Betz // J. Biol. Chem. – 1982. – Vol. 257, № 17. – P. 10015–10022.

УДК 631.452:631.582

Агроэкономическая эффективность комплексного применения способов основной обработки, систем удобрения и предшественника в кормовом севообороте на деградированных торфяных почвах зоны Полесья

Н. Н. Семененко¹, доктор с.-х. наук, Е. В. Каранкевич², Н. М. Авраменко³, кандидаты с.-х. наук

¹Институт почвоведения и агрохимии

²Институт мелиорации

³Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства

(Дата поступления статьи в редакцию 25.02.2017 г.)

Изложенные в статье результаты исследований показывают, что на фоне зяблевой вспашки или поверхностного освоения кормовой севооборот, включающий возделывание основных и промежуточных культур на зеленый корм, обеспечивает примерно равный по способам обработки деградированных торфяных почв среднегодовой выход кормовых единиц 11,3–12,1 т/га с высоким содержанием переваримого протеина и обменной энергии. Наиболее высокий выход кормовых единиц (12,1 т/га/год) получен при применении сбалансированных по выносу с урожаем доз удобрений в комплексе с применением микроэлементов (цинк, медь) и Экосила.

Использование кулисной культуры редьки масличной в качестве сидерата обеспечивает высокую продуктивность кормового севооборота (11,5 т/га/год к. ед.) в сравнении с базовой технологией, повышение прибыли на 163 \$/га и снижение себестоимости произведенной продукции на 27 %, сводит до минимума потери ОВ почвы.

Введение

Одной из наиболее актуальных экологических и экономических проблем зоны Полесья, причиной, сдержи-

Results of researches show that on the background of autumn ploughing or surface disking of the fodder crop rotation including the cultivation of basic and intermediate crops for green forage, provides roughly equal in processing methods degraded peat soils, the average annual output of feed units 11,3–12,1 t/ha with a high content of digestible protein and metabolizable energy. Apply balanced on the removal with the harvest doses of fertilizer ensures an increase their cover compared to the basic fertilizer system by 27 %. Use the blind culture of oilseed radish in the form of green manure improves productivity of fodder crop rotation (11,5 t/ha f. u.), in comparison with the basic technology is increasing profits for 163 \$/ha and a reduction of cost of goods manufactured on 27 %, minimizes the loss organic matter of the soil.

вающей его устойчивое развитие, является деградация агроторфяных почв, площади которых составляют около 700 тыс. га [1]. После осушения и в процессе сельскохо-

зайственного использования агроторфяные почвы подвергаются дефляции и минерализации органического вещества (ОВ). Это приводит к его потере, трансформации агроторфяных почв в другие стадии эволюции (торфяно-минеральные, минеральные остаточные торфяные, постторфяные) и снижению их 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]. Поэтому для сохранения плодородия агроторфяных почв рекомендуется на них больше сеять многолетних трав, в основном злаковых, вносить органические удобрения в дозах 50–60 т/га, заменять вспашку на обработку почвы без оборота пласта [3, 7–13]. Однако в зоне Полесья, которая отличается развитым животноводством, значительные площади агроторфяных почв разных стадий эволюции интенсивно используются под кормовые культуры, и выполнить предлагаемые рекомендации нереально. С целью укрепления кормовой базы животноводства на этих почвах в структуре посевных площадей зерновые фактически занимают до 50 % и кукуруза, как ведущая кормовая культура, около 30 %, основной способ осенней обработки почвы – зяблевая вспашка, органические удобрения применяются, как правило, на полях, расположенных около животноводческих комплексов. Также установлено, что разработанная ранее для агроторфяных почв «базовая» система применения удобрений, предусматривающая возмещение выноса фосфора и калия с планируемым урожаем и дополнительное внесение их для повышения плодородия почв, применение усредненных по полям доз азотных удобрений, не учитывает особенностей агроторфяных почв разных стадий эволюции и нуждается в совершенствовании [4, 11–13].

В технологиях возделывания основных сельскохозяйственных культур севооборота важнейшее значение имеет подбор предшественника, способа основной обработки почвы и системы применения удобрений. В результате проведенных нами ранее исследований на торфяно-минеральных почвах установлено [14], что одним из лучших предшественников основных культур севооборота являются промежуточные с использованием зеленой массы на корм и заделкой в почву пожнивно-корневых остатков. Однако использование и такого предшественника под пропашные культуры на этих почвах не исключает проведение зяблевой вспашки, внесение органических удобрений, интенсивную дефляцию и минерализацию ОВ в течение длительного периода вегетации, что приводит к снижению их плодородия. Поэтому в последние годы в ряде стран (Англия, Германия, США и др.) в качестве предшественника кукурузы, сахарной свеклы и сои используют кулисные посевы промежуточных культур.

Считаем [4, 15], что снизить потери ОВ агроторфяных почв, затраты на зяблевую вспашку и применение органических удобрений, химических средств защиты растений, повысить продуктивность культур севооборота и поступление ОВ в почву возможно 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 осенне-зимний период, что предотвращает дефляцию и сводит до минимума потери ОВ, снижает засоренность посевов (фото). При этом исключается такой энергоемкий прием агротехнологий, как зяблевая вспашка, улучшается водный

режим, снижается миграция элементов минерального питания.

Для повышения производительной способности и устойчивости к деградации агроторфяных почв Полесья, продления срока их эффективного функционирования, необходима разработка альтернативных почвозащитных, экономически и экологически обоснованных систем земледелия на них. Такие разработки должны включать 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 экономически и экологически обоснованные сочетания предшественника, способов основной обработки и систем применения удобрений, обеспечивающих высокую продуктивность культур кормового севооборота и сохранение плодородия деградированных торфяных почв.

Объекты и методы исследований

Экспериментальные полевые исследования проводили в 2010–2014 гг. 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 %; рН 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 в слое 0–20 см. 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, повторение вариантов – четырехкратное, 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 на двух фонах последствия редьки масличной и трех способах обработки почвы.

1. Базовый вариант технологии: пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, поукосно – редька масличная на зеленый корм, пожнивно-корневые остатки заделываются под зяблевую вспашку на глубину 20–22 см под кукурузу, ячмень и озимый рапс.

2. Ресурсосберегающий: пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, поукосно – редька масличная на зеленый корм, пожнивно-корневые остатки заделываются дискато-



Состояние поверхности почвы под кулисной культурой в конце марта

ром на глубину 10–12 см под кукурузу, ячмень и озимый рапс.

3. Почвозащитный: 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 сева 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).

Исследования проводили 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 – 45 ц/га маслосемян. В соответствии с базовой технологией без внесения органических удобрений расчетные дозы минеральных 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 – мочевины, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий. В подкормку растений кукурузы и ячменя применяли мочевины, 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, ретардант Терпал – 1,5 л/га. Расход рабочей жидкости – 200 л/га.

Агротехника возделывания кукурузы, ячменя и озимого рапса в опыте – в целом рекомендованная в зоне Полесья [16, 17].

Погодные условия вегетационных периодов в годы проведения исследований были контрастными и оказали различное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Мониторинг водного режима почвы на опытном участке показал, что в 2011 г. только в течение июня 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 °С выше нормы. В целом погодные условия 2011 г. считаются хорошими для формирования высокого урожая зеленой массы кукурузы и однолетних трав. В 2012 г. погода была контрастной: чередование прохладной и дождливой с жаркой и сухой. 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

Таблица 1 – Схема распределения удобрений по культурам звена севооборота

Вариант системы удобрения основных культур*	Культуры				Внесено удобрений NPK, кг/га	
	однолетние травы*	кукуруза на силос	ячмень	озимый** 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_2O_5 – 150 и K_2O – 130 % к выносу	$N_{115}P_{50}K_{75}$	$N_{180}P_{135}K_{240}$	$N_{120}P_{90}K_{140}$	$N_{165}P_{120}K_{160} + N_{46}P_{49}K_{75}$	$N_{626}P_{444}K_{690}$	$N_{157}P_{111}K_{173}$
3. Доза азота определяется по выносу и корректируется с учетом содержания N мин. в почве, P_2O_5 и K_2O – 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)	$N_{115}P_{50}K_{75}$	$N_{135}P_{90}K_{180}, Zn, \text{Экосил}$	$N_{90}P_{70}K_{120}Cu, \text{Экосил}, PP$	$N_{135}P_{90}K_{120}Cu, B, \text{Экосил} + N_{46}P_{49}K_{75}$	$N_{521}P_{349}K_{570}M\text{Э}, PP, \text{Экосил}$	$N_{130}P_{87}K_{143}$
5. Вариант 3 – МДУ	$N_{115}P_{50}K_{75}$	$N_{135}P_{90}K_{180}$	$N_{90}P_{70}K_{120}$	$N_{135}P_{90}K_{120}\text{Элегум} B, \text{гуматы} + N_{46}P_{49}K_{75}$	$N_{521}P_{349}K_{570}\text{элегум} B, \text{гуматы}$	$N_{130}P_{87}K_{143}$

Примечание – *Системы удобрения:

1. Без удобрений. Для выравнивания плодородия почвы опытного участка доза удобрений применялась одного уровня под однолетние травы (две культуры) – $N_{115}P_{50}K_{75}$ (пелюшка + овес – $N_{45}P_{50}K_{75}$; поукосно редька масличная – N_{70}).
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, БАВ, ретарданты.
5. Медленноразлагающиеся удобрения марки $N_5P_{16}K_{35}$ с добавкой азотных удобрений, бора и цинка.

**После уборки озимого рапса пожнивно высеяна пелюшко-овсяная смесь на зеленый корм, внесено общим фоном $N_{46}P_{49}K_{75}$.

–7,2 °С, 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 получен и в этом году достаточно высокий урожай зеленой массы кукурузы. Это указывает с одной стороны на пригодность деградированных 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 г. и особенно 2013 г. оказали негативное влияние на формирование урожая этой культуры. В 2012 г. 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 г. гидрологический режим в зоне Полесья был крайне неблагоприятным для формирования урожая зерновых культур. Посевы этих культур на отдельных полях были залиты водой, обильно росли сорняки, особенно куриное просо в посевах ячменя. Во второй половине июня и июль температура воздуха превышала среднюю многолетнюю, часто достигая +30 °С и более. Это способствовало ускоренному созреванию растений, получению щуплого зерна и интенсивному росту сорной растительности, особенно куриного проса. Поэтому, несмотря на соблюдение технологии возделывания, 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 урожая. В апреле–мае 2013 г. 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 декаде июня на почве были заморозки до –5 °С. В мае–июне гидрологический режим был неблагоприятным для формирования урожая озимого рапса. Посевы этой культуры были угнетены от избытка влаги. В то же время во второй половине июня и в июле температура воздуха превышала среднюю многолетнюю, часто достигая +30 °С и более. Это способствовало ускоренному созреванию растений, получению щуплых семян и интенсивному росту сорной растительности. В условиях же 2014 г. 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.

Содержание органического вещества в почве определяли методом озоления пробы, кислотность – в 1 М КСl; содержание фракций азота, фосфора и калия – по разработанным автором статьи методам [18, 19], подвижных форм фосфора и калия – в 0,2 М НСl вытяжке по методу Кирсанова [20]. Для расчета выхода кормовых единиц и обменной энергии с урожаем использованы нормативы, приведенные в справочнике [21], а протеина – результаты собственных исследований с использованием метода ЦИНАО [22].

Результаты исследований и их обсуждение

Влияние комплексного применения агротехнологических приемов на продуктивность культур севооборота. В таблице 2 представлены результаты полевых

и лабораторных исследований по оценке эффективности комплексного действия систем удобрения на фоне зяблевой вспашки, поверхностного дискования и сидерата в виде кулисной культуры на продуктивность кормового севооборота. Установлено, что средняя урожайность однолетних трав составила: зеленой массы пелюшко-овсяной смеси – 35,4 и редьки масличной – 64,9 т/га. Урожайность пожнивно высеванной (после уборки озимого рапса) пелюшко-овсяной смеси на зеленый корм составила 29,5 т/га, которая также учтена при расчетах продуктивности в целом культур севооборота.

На фоне последовательных удобрений, внесенных под однолетние травы, и пожнивно корневых остатков редьки масличной, урожай зеленой массы кукурузы при зяблевой вспашке и поверхностном дисковании различается несущественно и колеблется в пределах 36,7–38,0 т/га. Дополнительное внесение минеральных удобрений в дозах $N_{180}P_{135}K_{240}$, рассчитанных на вынос элементов питания с урожаем и повышение плодородия почвы (базовый вариант 2), обеспечило увеличение урожайности до 50,1–51,1 т/га, то есть на 14,4 т/га при вспашке и 12,1 т/га при дисковании. Применение более низких доз удобрений ($N_{135}P_{90}K_{180}$), рассчитанных на вынос с урожаем и поправкой дозы азота с учетом содержания его в почве (вариант 3), повысило урожайность кукурузы в сравнении с вариантом без удобрения на 11,8 т/га зеленой массы при вспашке и 13,3 т/га – при дисковании. Таким образом, в среднем по двум способам обработки почвы по исследуемым вариантам систем удобрения (2 и 3) получена примерно равная прибавка урожая зеленой массы кукурузы (13,1 и 12,7 т/га соответственно). Более высокая урожайность (56,9–56,3 т/га зеленой массы) получена на фоне вспашки и дискования при комплексном применении сбалансированных по выносу доз макро- и микроудобрений и биологически активных веществ (вариант 4).

Из приведенных в таблице 2 данных также видно, что урожай зерна ячменя как в варианте без удобрения, так и в других вариантах исследуемых систем удобрения из-за неблагоприятных погодных условий сформировался ниже, чем был получен в предыдущей пятилетке (4,5–5,0 т/га и более). Применение повышенных доз НРК (вариант 2) в целом не имеет преимуществ по урожайности перед системой удобрения, рассчитанной на вынос с планируемой урожайностью (вариант 3). Более высокая урожайность ячменя получена в вариантах с внесением средних доз удобрений в комплексе с микроэлементами, регулятором роста и биологически активными веществами на фоне дискования – 4,14 т/га, что на 0,33 т/га больше, чем по фону вспашки. Считаем, что на повышение урожайности положительное влияние оказал более благоприятный водный режим при осеннем дисковании почвы. В условиях 2012 г. урожайность ячменя в этом варианте внесения удобрений была более высокой и достигала 4,83 т/га.

Уровень урожайности озимого рапса на семена в среднем за два года в варианте системы удобрения, предусматривающей внесение повышенных доз (вариант 2), также не имеет преимуществ перед вариантом доз удобрений, сбалансированных по выносу с планируемой урожайностью (вариант 3). Более высокая урожайность озимого рапса на фоне разных способов обработки почвы получена в варианте (4) с внесением сбалансированных доз удобрений в комплексе с микроэлементами и биологически активными веществами, которая составила 4,14–4,19 т/га. В условиях 2013 г., более благоприятно для вегетации озимого рапса, урожайность в этом варианте внесения удобрений достигла 4,8 т/га. В 2014 г. озимый рапс был убран уже в начале июля, так как при высокой температуре воздуха стручки быстро высохли и начинали растрескиваться, что приводило к потере семян.

Таблица 2 – Влияние комплекса агробиотехнологических приемов на продуктивность культур кормового севооборота

Система удобрения (NPK кг/год)	Урожайность, т/га основной продукции				Среднее за год по севообороту*			Переваримый протеин, г/к. ед.
	однолетние травы, зел. масса (сумма)	кукуруза, (30 % СМ)	ячмень, зерно	озимый рапс, семена	к. ед, т/га	обменная энергия, ГДж/га	переваримый протеин, ц/га	
Зяблевая вспашка, последствие пожнивно-корневых остатков (базовый вариант технологии)								
1. Без удобрений (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈)	100,3	36,7	2,63	2,72	9,5	91,3	13,7	144
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	100,3	51,1	3,77	3,85	11,6	109,2	15,9	137
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	100,3	48,5	3,75	3,93	11,3	107,5	15,7	139
4. Вариант 3 + МЭ, БАВ, РР	100,3	56,9	3,77	4,14	12,1	114,0	16,4	136
Дискование (10–12 см), последствие пожнивно-корневых остатков								
1. Без удобрений (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈)	100,3	38,0	2,93	2,70	9,7	92,7	13,9	164
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	100,3	50,1	3,85	3,75	11,3	108,1	15,5	137
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	100,3	51,3	3,96	3,94	11,5	109,7	16,2	141
4. Вариант 3 + МЭ, БАВ, РР	100,3	56,3	4,10	4,19	12,0	114,4	16,2	135
Дискование (10–12 см), последствие сидерата в виде кулисной культуры редьки масличной								
1. Без удобрений (фон – N ₄₁ P ₂₄ K ₃₈)	35,4	56,9	3,01	2,72	9,0	90,5	10,1	112
2. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	35,4	66,6	4,05	4,0	10,7	105,3	12,4	116
3. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	35,4	69,9	4,17	4,19	11,0	108,6	12,3	112
4. Вариант 3 + МЭ, БАВ, РР	35,4	74,1	4,16	4,59	11,5	112,7	13,3	116
5. Вариант 3 –МДУ	35,4	77,4	4,03	4,51	11,7	113,4	13,0	111

Примечание – *С учетом продуктивности (29,5 т/га зеленой массы) пелюшко-овсяной смеси, пожнивно высеянной после озимого рапса.

Особого внимания заслуживает эффективность последствия сидерата в виде кулисной культуры. Использование в качестве предшественника кулисной культуры редьки масличной обеспечило в варианте без удобрений повышение в сравнении с базовым вариантом технологии (зяблевая вспашка, последствие пожнивно-корневых остатков) урожайности кукурузы на 20,2 т/га зеленой массы. При дополнительном внесении удобрений на фоне последствия сидерата достигнута урожайность 66,6–77,4 т/га. В сравнении с фоном 1 урожайность в аналогичных вариантах применения удобрений повысилась на 30–44 %. Внесение повышенных доз удобрений (вариант 2) в сравнении с вариантом 3 по действию на урожайность преимуществ не имело. Наиболее высокая урожайность кукурузы (74,1 т/га зеленой массы) получена при комплексном применении сбалансированных по выносу элементов питания с урожаем доз макро- и микроудобрений и биологически активных веществ. Также высокая урожайность кукурузы на фоне кулисной культуры получена при внесении медленнодействующей формы удобрения марки N₅P₁₆K₃₅ с добавкой азотных удобрений, бора и цинка, которая составила 77,4 т/га зеленой массы.

Представленные результаты исследований также свидетельствуют, что урожай зерна ячменя как в варианте без удобрения, так и при других исследуемых системах удобрения на фоне последствия кулисной культуры сформировался выше на 0,26–0,42 т/га в сравнении с базовым вариантом технологии, достигнув уровня 4,03–

4,17 т/га. Применение повышенных доз NPK (вариант 2) не имеет преимуществ по урожайности перед вариантом доз удобрений, рассчитанных на вынос с планируемой урожайностью (вариант 3). При более благоприятных погодных условиях 2012 г. урожайность ячменя в этом варианте внесения удобрений достигла 5,0 т/га.

Последствие сидерата в виде кулисной культуры проявилось и в посевах третьей культуры – на озимом рапсе. При этом уровень урожайности семян рапса в среднем за два года при системе удобрений, предусматривающей внесение повышенных доз удобрений (вариант 2), не имел преимуществ перед вариантом (3), в котором дозы сбалансированы по выносу с планируемой урожайностью. Более высокий урожай семян рапса получен в вариантах с внесением сбалансированных доз удобрений в комплексе с микроэлементами, регулятором роста и биологически активными веществами, который составлял 4,51–4,59 т/га. Прибавка урожая от последствия кулисной культуры в вариантах с внесением удобрений колебалась от 0,15 до 0,45 т/га. Более высокая прибавка получена в вариантах с комплексным применением макро- и микроудобрений и биологически активных веществ.

Таким образом, предшественник в виде кулисной культуры редьки масличной оказал положительное влияние на рост урожайности последующих основных культур севооборота в течение трех лет. Установлено, что за счет последствия кулисной культуры максимальный прирост урожайности составил: зеленой массы кукуру-

зы – 21,4 т/га; зерна 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. Из представленных в таблице 2 результатов оценки влияния различных способов обработки почвы, предшественников и систем применения удобрений на продуктивность культур кормового севооборота видно, что в среднем за севооборот выход кормовых единиц в вариантах с применением удобрений на фоне вспашки и поверхностного дискования почвы достиг уровня 11,3–12,1 т/га. При этом в среднем по двум способам обработки почвы применение повышенных доз (вариант 2) не имеет преимуществ перед внесением сбалансированных по выносу с урожаем доз удобрений (вариант 3). 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 составил 12,0–12,1 т/га, что на 12–13 % выше фона.

Установлено, что при возделывании исследуемых культур в кормовом севообороте на торфяно-минеральных почвах на фоне внесения удобрений выход обменной энергии в среднем за 4 года достиг уровня 107,0–114,4 ГДж/га. Отмечается более высокий выход обменной энергии (114,4 ГДж/га) и прибавки к фону 12 % при внесении сбалансированных по выносу с урожаем доз минеральных удобрений в комплексе с микроэлементами цинком и медью и Экосилом (вариант 4). Возделывание кормовых культур с применением удобрений обеспечило выход переваримого протеина на уровне 15,5–16,4 ц/га. При этом, как и по кормовым единицам, наиболее высокие уровни выхода переваримого протеина получены при внесении сбалансированных по выносу с планируемой урожайностью доз удобрений в комплексе с микроэлементами цинком и медью и Экосилом, которые составляют 16,2–16,4 ц/га. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином при изучаемых системах удобрения колебалась в пределах 135–141 г/к. ед. В зависимости от способов основной обработки почвы обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином изменялась несущественно.

Приведенные в таблице 2 результаты исследований указывают, что среднегодовая продуктивность культур севооборота, возделываемых на фоне сидерата (без учета урожая зеленой массы редьки масличной), по выходу кормовых единиц и обменной энергии находится примерно на одном уровне с продуктивностью базового варианта технологии. Различия по выходу кормовых единиц и обменной энергии по вариантам систем удобрения и предшественников находятся 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 последствия кулисной культуры (сидерата). Однако и по этому предшественнику обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином в среднем составила 112–116 г/к. ед., что выше физиологической нормы.

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

Таким образом, на фоне зяблевой вспашки или поверхностного дискования кормовой севооборот, включающий возделывание промежуточных и основных культур, обеспечивал среднегодовой выход кормовых единиц 11,3–12,1 т/га с содержанием переваримого про-

теина 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 обеспечивал в целом аналогичную приведенной выше продуктивность кормового севооборота (11,5 т/га). Однако ресурсосберегающая и природоохранная функция такого варианта использования торфяно-минеральной почвы имеет несомненные преимущества.

Экономическая эффективность использования комплекса агротехнологических приемов в кормовом севообороте. При разработке технологий возделывания культур кормового севооборота на антропогенно-преобразованных торфяных почвах наряду с агрономической важное значение имеет и оценка экономической и экологической целесообразности проведения тех или иных приемов. Экономическая эффективность исследуемых приемов при возделывании культур рассчитывалась исходя из условия, что полученные кормовые единицы с гектара с однолетними травами и кукурузой используются на корм скоту и производство молока. В затратах на его производство на корма относится 55 %. Стоимость зерна и маслосемян рапса определялась исходя из действующих закупочных цен. Затраты на выращивание культур и реализационная цена на молоко изменялись в ценах 2016 г.

Приведенные в таблице 3 результаты исследований показывают, что в целом по исследуемым вариантам технологий возделывания кормовых культур получена достаточно высокая прибыль, которая колеблется в пределах 428–599 \$/га. Наиболее высокий уровень прибыли (599 \$/га) получен при возделывании культур севооборота по технологии, включающей: использование посевов редьки масличной в качестве кулисной культуры, отсутствие осенней обработки почвы под кукурузу, а под другие культуры проводится дискование на глубину 10–12 см; система применения удобрений с дробным внесением дозы азота, рассчитанной на возмещение выноса с урожаем и скорректированной с учетом содержания $N_{\text{мин}}$ в почве, доза P_2O_5 и K_2O составляет 110 % к выносу + микроэлементы, ретарданты и БАВ. При такой технологии возделывания культур достигается высокий, практически равный с базовой, уровень выхода кормовых единиц (11,5 и 11,6 т/га в год соответственно) при снижении себестоимости производства кормов на 27 % (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 [15] и др. При средних минимальных ежегодных потерях торфа около 3 т/га и стоимости 1 т равной 50 \$/т реальная прибыль от внедрения такой почвозащитной технологии возделывания культур на антропогенно-преобразованных торфяных почвах будет как минимум на 150 \$/га выше приведенной в таблице 3. Положительной стороной этой технологии возделывания культур в севообороте является возможность её использования на удаленных полях.

Выводы

1. Кормовой севооборот, включающий возделывание промежуточных культур на зеленый корм, на фоне применения удобрений обеспечивает близкую продуктивность по зяблевой вспашке и поверхностному дискованию деградированной почвы. В зависимости от применяемых систем удобрения среднегодовой выход кормовых единиц по обоим способам обработки почвы колеблется в преде-

Таблица 3 – Экономическая эффективность возделывания культур в кормовом севообороте

Система удобрения (NPK кг/га/ год)	Выход кормовых единиц, т/га	Стоимость продукции	Общие затраты	Условная прибыль	Себестоимость 1 т к. ед., \$
Зяблевая вспашка, последствие пожнивно-корневых остатков (базовый вариант технологии)					
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, ретарданты, Экосил	12,1	1101	567	534	47
Дискование (10–12 см), последствие пожнивно-корневых остатков					
1. N ₁₅₇ P ₁₁₁ K ₁₇₃	11,3	1028	600	428	53
2. N ₁₃₀ P ₈₇ K ₁₄₃	11,5	1047	534	513	46
3. Вариант 2 + МЭ, ретарданты, Экосил	12,0	1092	546	546	45
Дискование (10–12 см), последствие 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, ретарданты, Экосил	11,5	1047	448	599	39

лах 11,3–12,1 т/га с содержанием переваримого протеина 135–141 г/к. ед. и до 114 ГДж/га обменной энергии.

2. В среднем по двум способам обработки почвы применение повышенных доз базовой системы удобрения не имеет преимуществ перед внесением сбалансированных по выносу с урожаем доз удобрений. Наиболее высокий выход кормовых единиц (12,0–12,1 т/га) получен на фоне зяблевой вспашки и поверхностного дискования почвы при внесении сбалансированных доз удобрений в комплексе с применением микроэлементов (цинк, медь) и Экосила.

3. Использование сидерата в виде кулисной культуры редьки масличной и применение сбалансированных по выносу с урожаем доз удобрений в комплексе с микроэлементами и регуляторами роста обеспечивает в целом аналогичную приведенной выше продуктивность кормового севооборота (11,5 т/га/год к. ед.). Однако ресурсосберегающая и природоохранная функция такой технологии использования торфяно-минеральной почвы имеет несомненные преимущества. 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, улучшается её водный режим и фитосанитарное состояние посева, обеспечивает в сравнении с базовой технологией повышение прибыли на 163 \$/га и снижение себестоимости произведенной продукции на 27 %.

4. Возделывание промежуточных в качестве кулисной культуры и внесение дифференцированных доз минеральных удобрений, определяемых на планируемую урожайность с учетом результатов новых методов почвенной диагностики, применение в подкормку микроэлементов и биологически активных веществ может служить основой почвозащитной ресурсосберегающей технологии возделывания сельскохозяйственных культур в кормовых севооборотах на дерготорфяных почвах Полесья.

Литература

1. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: прак. пособие / Под ред. Г. И. Кузнецова, Н. И. Смяяна. Мн.: 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: мат. конф. – Минск, 2000. – С. 202.
4. Семенов, Н. Н. Торфяно-болотные почвы Полесья: их трансформация и пути эффективного использования / Н. Н. Семенов. – 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. – Мн.: 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. навука, 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. 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.
15. Семенов, Н. Н. Ресурсосберегающая почвозащитная технология возделывания кукурузы на зеленую массу на дерготорфяных почвах Полесья / Н. Н. Семенов, Е. В. Каранкевич // Земледелие и защита растений. – 2014. – № 6(97). – С. 10–13.
16. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф. И. Привалов [и др.]. – Мн.: ИВЦ Минфина. – 2007. – 448 с.
17. Адаптивная система комплексного применения удобрений и других средств интенсификации возделывания зерновых культур на антропогенно-преобразованных торфяных почвах (методические рекомендации) / Н. Н. Семенов [и др.]; РУП "Институт мелиорации", РУП "Институт защиты растений". – Минск, 2010. – 60 с.
18. Семенов, Н. Н. Методы определения содержания доступных растениям соединений азота, фосфора и калия в деградированных торфяных почвах / Н. Н. Семенов, В. А. Журавлев. – Мн., 2005. – 24 с.
19. Семенов, Н. Н. Агрохимические методы исследования состава соединений азота, фосфора и калия в торфяных почвах / Н. Н. Семенов. – 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. Справочник нормативных трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства. – Минск: Бел. наука, 2006. – 709 с.
22. Руководство по анализу кормов. – М.: Колос, 1982. – 56 с.