

УДК 631.5:504.54:63

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОЛАНДШАФТА ПОД ВЛИЯНИЕМ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

А. А. ЦЮК, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,

В. И. КИРИЛЮК, кандидат сельскохозяйственных наук,

Л. П. ЮЩЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

E-mail: tsyuk@ukr.net

В статье изложены результаты исследования в стационарном опыте технической, хозяйственной и экономической эффективности трех систем земледелия: промышленного (контроль), экологического и биологического. Многофакторный стационарный опыт территориально размещен в центральной части Киевской области и ведется с 2001 года на черноземе типичном крупнопылевато-среднесуглинистом. Исследования проводили в полях десятипольного севооборота на протяжении 2002 – 2017 гг. В опыте изучали влияние различных систем земледелия и основной обработки почвы и их сочетания на свойства чернозема типичного. Норма внесения удобрений на гектар севооборотной площади в промышленной системе земледелия составляла 12 т органических удобрений и 300 кг (N92P100K108), защиту посевов осуществляли промышленными пестицидами; в экологической – 18 т/га органических удобрений и 150 кг (N46P49K55), посевы защищали биологическими средствами и промышленными пестицидами; в биологической - только 17 т/га органических удобрений, применяли только механические и биологические средства контроля вредных организмов. Исследованиями установлена оптимизация почвенной экологической среды на полях под влиянием экологического и биологического земледелия. Технологический риск при их внедрении состоит в уменьшении доступных форм элементов минерального питания растений в почве и увеличении засоренности полей. Перспективы биологического земледелия ограничены наличием эффективных биологических средств контроля численности вредных организмов на полях, в частности сорняков.

Ключові слова: биологическое земледелие, обработка почвы, система земледелия, экологическое земледелие

Актуальность. Развитие земледелия в Украине в прошлом веке происходило, главным образом, экстенсивным путем расширения площади пашни и применения техногенных средств. Доля пашни достигла 57 % всей ее территории, существенно превысив экологический допуск 40 %, установленный исследованиями В. В. Докучаева [1]. Нарушение экологического равновесия при-

родных ландшафтов привело к усиленным эрозионным процессам. Ежегодные потери почвы достигали 600 млн т, в т.ч. 20 млн т гумуса. Ежегодные потери с 1 га пашни азота, фосфора и калия составляли 500-700 кг/га, что в три раза больше количества внесенных элементов с удобрениями. Несбалансированное применение минеральных удобрений с органическими обуслови-

вало деградацию почв, неадекватную ресурсным затратам урожайность. Поэтому современное земледелие объективно отмечено переходом от техногенных систем к экологическим, приоритетным аспектом которых является рациональное использование биологических факторов стабилизации и расширенного воспроизводства плодородия почвы. В поисках способов реализации этого перехода мировым сообществом найдены различные системы земледелия: 1) биологическое – при полном отказе от агрохимикатов – минеральных удобрений, пестицидов и мелиорантов; 2) экологическое – с экологически нормативным применением органических, минеральных удобрений и пестицидов. Однако, переход отрасли земледелия по техногенно-химической системе на варианты органического и биологического земледелия по данным ФАО сопровождается снижением общей производительности пашни на 20 % , в т.ч. урожайности зерновых на 10-20 % картофеля и сахарной свеклы на 35 % [4]. Основными причинами негативной реакции агрофитоценозов на внедрение органического и биологического земледелия считают снижение их экологического потенциала, в частности, нарушение закона возвращения веществ в почву, особенно фосфора и калия. В Украине изучение эффективности адаптивных систем земледелия, которые ориентированы на экологизацию отрасли, продолжается в течение последних 20 лет, в результате чего разработаны различные их варианты: почвозащитное земледелие с контурно-мелиоративной организацией территории [5], почвозащитная биологическая система земледелия [6], биологическая система земледелия [2, 3]. Анализ опубликованных результатов этих исследований свидетельствует о возможности адаптации моделей биологического земледелия в условиях Украины.

Цель исследований – достижения оптимальных экологических условий для роста, развития и продуктивности растений в агрофитоценозах при внедрении

экологических систем земледелия. Теоретической основой указанной цели есть закон детерминации продуктивности пашни экологическим потенциалом конкретного агроландшафта.

Материалы и методы исследований.

Наблюдения проведены в 2002 –2017 гг. в условиях стационарного двухфакторного опыта, заложенного в структурном подразделении НУБиП Украины «Агрономическая опытная станция» в Правобережной Лесостепи Украины.

Почвенное покрытие на опытном участке – чернозем типичный среднесуглинистый (гумус в 0-30 см – 4,5%; рН солевое – 6,9-7,3; содержание легкогидролизованного азота по Тюринну – 2,6 мг на 100 г почвы, подвижного фосфора по Мачигину – 10 мг, обменного калия по Масловой – 7,8 мг на 100 г почвы).

По гидротермическому коэффициенту погодные условия были в 2002 году – 1,5; 2003, 2004 – 1,0; 2005 -1,4; 2006-1,5; 2007 – 0,67; 2008 – 1,0; 2009 – 0,70; 2010 – 1,39; 2011 – 1,95; 2012 – 1,1; 2013 – 1,9; 2014 – 1,7; 2015 – 1,3; 2016 году – 1,1.

Вариантами стационарного опыта выбраны три системы земледелия на фоне четырех систем основной обработки почвы. Признаком систем земледелия стало их ресурсное обеспечение. При этом на контрольном варианте промышленной системы земледелия приоритетным является применение промышленных агрохимикатов; на варианте экологического земледелия, напротив, приоритет – применение природных ресурсов – органических удобрений (навоз, сидеральная масса, пожнивные остатки) с компенсирующим внесением минеральных удобрений и применением пестицидов по критериям эколого-экономического порога наличия вредных организмов; биологическая система земледелия ориентирована на применение природных ресурсов с полным отказом от агрохимикатов. Норма внесения удобрений на гектар



севооборотной площади в промышленной системе земледелия составляла 12 т органических удобрений и 300 кг НРК; в экологической – 18 т/га органических удобрений и 150 кг НРК; в биологической – только 17 т/га органических удобрений.

В системах экологического и биологического земледелия, кроме того, применяется способ предпосевной обработки семян комплексным микробным препаратом, созданном в Институте агроэкологии и биотехнологии НААН, с функциями азотфиксации, фосформобилизации и антагониста болезней растений.

Опыт заложен во всех полях севооборота: клевер – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – озимая пшеница – кукуруза на зерно – горох – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень с подсевом клевера. В севообороте в пределах каждой системы земледелия изучают четыре варианта системы основной обработки почвы: 1) дифференцированный – с шестью отвальными, двумя поверхностными под пшеницу и плоскорезным под ячмень обработками почвы (контроль); 2) плоскорезный – с двумя поверхностными обработками под пшеницу и плоскорезными под остальные культуры; 3) отвально – безотвальный – две отвальные обработки ярусным плугом под сахарную свеклу, два поверхностных возделывания под пшеницу и плоскорезный – под остальные культуры; 4) поверхностная обработка – дискование на 8-10 см под все культуры севооборота. Площадь участков в опыте 93, 6 м² с четырехкратной повторностью.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ определенных показателей экологической среды в вариантах систем земледелия свидетельствует об отсутствии существенных различий между ними по абиотическими признакам, агрофизическими и водными свойствами почвы, его плотностью и запасами продуктивной влаги. Эти показатели в изученных вариантах соответствуют оптимальному. Напротив, проведенные

наблюдения указывают на существенные изменения биотических свойств почвенной среды. Очевидным фактором таких изменений является разное ресурсное наполнение изученных вариантов систем земледелия, в частности, внесение в почву в различных количествах и соотношениях органических и минеральных удобрений и пестицидов. Эти средства имеют неоспоримое влияние на почвенную биоту и уровень плодородия. Важным индикатором уровня плодородия почвы является ее биологическая активность, которая ответственна за круговорот веществ, их трансформацию, создание фонда доступных для растений форм элементов минерального питания. По сравнению с вариантом промышленной системы земледелия биологическая активность почвы в условиях экологической и биологической его моделей существенно увеличивается по всем исследованным показателям. Так, выделение из почвы углекислоты в этих моделях превышало контроль на 7-14 %, интенсивность разложения целлюлозы – на 6-12 %. Указанные терминальные показатели биологической активности почвы тесно коррелируют с численным составом почвенной биоты, которая является действующей движущей силой той активности. Количество дождевых червей, ответственных первоначальной трансформации органики, например, под влиянием экологизации земледелия, возросло на 16-25 %, общее количество почвенных грибов, инициаторов разложения органических веществ – в 2-4 раза. Решающая роль в минерализации органики в почве принадлежит почвенным бактериям. Общее количество этих представителей почвенных микроорганизмов на вариантах экологического и биологического земледелия определена на 8,7-78,0 % больше, чем на контроле. Ответственными за разложение клетчатки, создание темноокрашенных веществ, способствующих улучшению почвенной структуры, считают бактерии с рядом актиномицетов, в частности

стрептомицеты. Средства экологизации земледелия оказывают на эти бактерии сильное стимулирующее воздействие. Количество их колоний возросло по сравнению с контролем в 1,7-10 раз. Увеличение присутствия в почве под влиянием экологизации земледелия свойственно также для азотобактера и олигонитрофилов. Показательно также, что активность всех исследуемых ферментов протеазы, фосфатазы, каталазы на вариантах экологического и биологического земледелия была выше по сравнению с контролем на 12-120 %, а фитотоксичность почвы – соответственно меньше на 12-30 %. Замечена тенденция уменьшения количества доступных элементов минерального питания растений в почве по экологическому земледелию и существенное уменьшение их по биологическому земледелию по сравнению с контролем. Все перечисленные изменения показателей экологической среды становятся понятными при их анализе в связи с упомянутым содержанием ресурсного наполнения исследуемых вариантов системы земледелия. С другой стороны, этот анализ показывает факт оптимизации этих показателей почвенной среды при внедрении систем экологического и биологического земледелия, за исключением содержания в почве доступных форм элементов минерального питания растений. Существенным фактором риска при выращивании сельскохозяйственных культур является конкуренция со стороны неконтролируемой сегетальной растительности. Поэтому одним из важнейших требований к зональным системам земледелия объективно считают способность их к эффективному контролю засоренности пашни. Проведенными наблюдениями в полевом стационарном опыте установлено достоверное увеличение по сравнению с контролем обильности на 45 % и массы сорняков на 52 % на полях по биологической модели земледелия на время появления всходов культурных растений. Перед сбором урожая на этом

варианте обилие сорняков, достигших репродуктивной стадии развития, превышала этот показатель на участках промышленного земледелия на 154 %. Это свидетельствует о несостоятельности системы биологического земледелия в условиях имеющегося в Украине ресурсного обеспечения к эффективному контролю засоренности полей. На поле клевера и гороха защита от сорняков сводилась лишь к фитосенотическому сопротивлению культурных растений, а на посевах сахарной свеклы сорняки были уничтожены механическими средствами из-за отсутствия биологических противосорняковых средств. На участках экологического земледелия осуществлена эффективная защита от сорняков с помощью системы мероприятий с участием современных гербицидов под контролем критерия эколого-экономического порога засоренности полей. Поэтому на этом варианте наблюдали лишь тенденцию к росту по сравнению с контролем обильности на 23 % и массы сорняков – на 16 %, а их репродуктивных экземпляров навремя сбора урожая – на 51 %. Интересный анализ изменений биологического и ботанического разнообразия сорных синузидей севооборота под влиянием исследуемых систем земледелия. Внедрение модели биологического земледелия сопровождается существенным уменьшением участия малолетних односемядольных видов сорняков на 17 %, многолетних односемядольных – на 25 % и многолетних двудольных на 50 % и рост участия малолетних двудольных видов на 48 %. В условиях модели экологического земледелия указанные изменения носили характер тенденции.

Терминальной функцией технологических мероприятий в области земледелия, призванных к оптимизации экологических условий, служит урожайность выращиваемых культурных растений. Этот показатель является интегральным индикатором оптимальности для растений экологической среды. Результаты учета урожайности свиде-



тельствуют, что ее величины высокие для всех культур севооборота, полученные на контрольном варианте системы земледелия. По биологической модели земледелия урожайность большинства культур существенно уступала вариантам промышленной системы, кроме гороха и клевера с их тенденцией к такой же реакции. По экологической системе земледелия реакция выращиваемых культур была неодинаковой: существенное уменьшение урожайности замечено в полях кукурузы, озимой пшеницы после кукурузы на силос и гороха, сахарной свеклы в звене с горохом, с тенденцией к ее уменьшению – в полях клевера, гороха, ячменя и сахарной свеклы в звене с клевером и тенденцией к росту урожайности – в поле озимой пшеницы после клевера.

По-разному реагируют культуры и на системы основной обработки почвы. Лучшим ее вариантом оказалась отвально-безотвальная обработка, при которой выше контрольной дифференцированной обработки была урожайность клевера, озимой пшеницы после кукурузы на силос, кукурузы на зерно, тенденция к росту урожайности отмечена для озимой пшеницы после клевера, сахарной свеклы, тенденция к ее уменьшению – для гороха, озимой пшеницы после гороха, ячменя и только в поле кукурузы на силос замечено существенное снижение урожайности. Варианты плоскорезной и поверхностной

обработки почвы вызвали существенное снижение урожайности всех культур севооборота. По производительности пашни экологическая система земледелия имеет тенденцию к ее уменьшению, а биологическая – существенное уменьшение по сравнению с контролем. Оценка экономической эффективности систем земледелия убеждает в росте рентабельности выращиваемых культур по экологической и особенно биологической системе.

Выводы. Внедрение систем экологического и биологического земледелия способствует оптимизации почвенной экологической среды на полях, за исключением содержания в почве доступных форм элементов минерального питания, которая по экологической модели существенно не уменьшает их содержания, а по биологической существенно уменьшение по сравнению с системой промышленного земледелия.

Оценка технологической, хозяйственной и экономической эффективности исследованных систем земледелия убеждает в возможности обоснованного внедрения в условиях типичных черноземов Лесостепи Украины системы экологического земледелия. Перспективы биологического земледелия ограничиваются наличием эффективных биологических средств контроля численности вредных организмов на полях, в частности сорняков.

Література

1. Докучаев В. Наши степи прежде и теперь / В. Докучаев. – Госиздат с.-х. литературы, 1953. – 107 с.
2. Кисіль В. І. Біологічне землеробство: тенденції в світі та позиції в Україні / В. І. Кисіль. – Вісник аграрної науки, 1997. – № 10. – С. 9–11.
3. Кисель В. И. Биологическое земледелие в Украине: проблемы и перспективы / В. И. Кисель. – Харьков: «Штрих». – 2000. – 162 с.
4. Прижуков Ф. Агрономические аспекты альтернативного земледелия / Ф. Прижуков. – Москва: ВНИИТЭ агропром, 1989. – 50 с.
5. Татарико А. Г. Эффективность контурно-мелиоративной системы земледелия / А. Г. Татарико. – Земледелие, 1990. – № 7. – С. 51–54.
6. Шикла Н. К. Почвозащитная система земледелия / Н. К. Шикла. – Харьков: Прапор, 1987. – 200 с.

References

1. Dokuchaev V. (1953). Nashi stepi prezhde i teper [Our steppes before and now]. Gosizdat s.-kh. literature, 107. (in Russia).
2. Kysil V. I. (1997). Biologichne zemlerobstvo: tendentsii v sviti ta pozytzii v Ukraini [Biological agriculture: trends in the world and positions in Ukraine]. Bulletin of Agrarian Science, 10: 9-11. (in Ukraine).
3. Kisel V. I. (2000). Biologicheskoe zemledelie v Ukraine: problemy i perspektivy [Biological agriculture in Ukraine: problems and prospects]. Kharkov: «Shtrykh», 162. (in Ukraine).
4. Prizhukov F. (1989). Agronomicheskie aspekty alternativnogo zemledeliya [Agronomical aspects of alternative farming]. Moscow: VNIIE agroprom, 50. (in Russia).
5. Tatariko A. G. (1990). Effektivnost konturno-meliorativnoy sistemy zemledeliya [Efficiency of the contour-meliorative system of agriculture]. Agriculture, 7: 51-54. Kharkov: Prapor
6. Shikula N. K. (1987). Pochvozashchitnaya sistema zemledeliya [Soil protection system of agriculture]. Kharkov: Prapor, 200. (in Ukraine).

АНОТАЦІЯ

А. А. Цюк, В. І. Кирилюк, Л. П. Ющенко. *Ефективність агроландшафтів під впливом адаптивної системи землеробства//Биоресурсы и природопользование. – 2017. – 9, №3–4. – С.49–54.*

У статті викладені результати дослідження у стаціонарному досліді технічної, господарської та економічної ефективності трьох систем землеробства: промислової (контроль), екологічної і біологічної. Багатофакторний стаціонарний досвід територіально розміщений у центральній частині Київської області і ведеться з 2001 року на чорноземі типовому крупнопилувато-среднесуглинковому. Дослідження проводили в полях десятилітньої сівозміни упродовж 2002–2017 рр. У досліді вивчали вплив різних систем землеробства і основного обробітку ґрунту і їх поєднання на властивості чорнозему типового. Норми внесення добрив на гектар сівозмінної площі у промисловій системі землеробства становили 12 т органічних добрив і 300 кг ($N_{92}P_{100}K_{108}$), захист посівів здійснювали промисловими пестицидами; в екологічній – 18 т / га органічних добрив і 150 кг ($N_{46}P_{49}K_{55}$), посіви захищали біологічними засобами і промисловими пестицидами; в біологічній – тільки 17 т/га органічних добрив, застосовували тільки механічні та біологічні засоби контролю шкідливих організмів. Дослідженнями встановлено оптимізацію ґрунтового екологічного середовища на полях під впливом екологічного та біологічного землеробства. Технологічний ризик у разі їх впровадження полягає у зменшенні доступних форм елементів мінерального живлення рослин у ґрунті і збільшенні засміченості полів. Перспективи біологічного землеробства обмежені наявністю ефективних біологічних засобів контролю чисельності шкідливих організмів на полях, зокрема бур'янів.

Ключевые слова: біологічне землеробство, обробіток ґрунту, система землеробства, екологічне землеробство

SUMMARY

A. Tsyuk, V. Kirilyuk, L. Yushchenko. *Agricultural landscape efficiency under influence of adaptive system of agriculture// Biological Resources and Nature Management. – 2017. – 9, №3–4. – P.49–54.*

The article presents the results of the research of technical, economic, and cost-effectiveness of the three agricultural systems: industrial (control), ecological and biological in stationary experience.

The multiple-factor experiment on a Typical medium loam Chernozem was initiated in 2001 in a central part of Kyiv region. This research was conducted during 2002-2017. A crop rotation was made up of ten fields. The different farming and tillage, their relationships effect on the Typical Chernozem properties was studied in this experiment. The used fertilization rates and plant protection treatments were: manure 12 t ha⁻¹ + $N_{92}P_{100}K_{108}$ (300 kg ha⁻¹), industrial pesticides – under industrial system of farming; manure 18 t ha⁻¹ + $N_{46}P_{49}K_{55}$ (150 kg ha⁻¹), both industrial pesticides and biology control – under ecological system of farming; manure 17 t ha⁻¹, only tillage and biology plant protection control - under biology system of farming.

Research has established optimization of soil ecological environment in the fields under the influence of ecological and biological agriculture. Technological risk with their introduction is to decrease the available forms of mineral nutrients in the soil and plant weediness fields increase. Perspectives biological agriculture limited by the availability of effective biological control agents of pest organisms in the fields, particularly weeds.

Keywords: biological agriculture, soil tillage, system of agriculture, ecological agriculture