

УДК 631.459:631.6.02

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЭРОДИРОВАННЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ

¹Котлярова Е.Г., ¹Титовская А.И., ²Чернявских В.И., ²Думачева Е.В.

¹ФГБОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия
имени В.Я. Горина», п. Майский;

²ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: dumacheva@bsu.edu.ru

Целью исследований было изучение влияния ландшафтных систем земледелия (ЛСЗ) и биологических методов на плодородие эродированных карбонатных почв. Изучение влияния ландшафтных систем земледелия на плодородие карбонатных почв проводили на модельном объекте «Репный Лог», расположенном в Красногвардейском районе Белгородской области. Результаты исследований показали, что после освоения ЛСЗ потеря гумуса снизилась с 0,1% (абс.) в год (1986-1993 гг.) до 0,01% (абс.) в год (1993-2004 гг.). За 2004-2009 гг. приращение гумуса в почве превысило 0,05% (абс.) в год. В 2009-2013 гг. накопление гумуса в пахотном слое составило 0,12% (абс.), в подпахотном слое – 0,14% (абс.). При восстановлении органического вещества произошло существенное снижение значения pH_{KCl} пахотного слоя в среднем с 7,57 до уровня нейтральных значений показателя. Аналогичные процессы наблюдаются и в подпахотном слое. Исследования по повышению плодородия карбонатных почв биологическими методами проводили в Ботаническом саду НИУ «БелГУ» (2002-2008 гг.). На сильноэродированных карбонатных почвах и меловых обнажениях были сформированы 30-компонентные искусственные фитоценозы. Установлено, что использование многокомпонентной смеси с участием дикорастущих кальцефильных видов растений, а также бобовых трав, позволяет увеличить содержание общего органического вещества в субстрате меловых обнажений, повысить общее содержание гумуса и сместить его фракционный состав в сторону увеличения содержания гуминовых кислот по сравнению с участками без посева на фоне высокого проективного покрытия и надземной продуктивности.

Ключевые слова: карбонатные почвы, ландшафтная система земледелия, содержание гумуса, pH_{KCl} почвы, многокомпонентные травосмеси, кальцефильные виды, бобовые травы

FERTILITY RESTORATION OF ERODED CALCAREOUS SOILS

¹Kotlyarova E.G., ¹Titovskaya A.I., ²Cherniavskih V.I., ²Dumacheva E.V.

¹Belgorod state agricultural academy named after V. Gorin, Mayskiy;

²Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: dumacheva@bsu.edu.ru

The aim was to study the effect of landscape systems of agriculture (LSA) and biological methods for fertility eroded calcareous soils. Studies on the effect of landscape systems of agriculture on fertility calcareous soils was carried out on a model object «Repnoe Log», located in the Belgorod region Krasnogvardejskiy area. The results showed that after mastering the LSA humus loss decreased from 0.1% (absolute value) per year (1986-1993) to 0.01% (absolute value) per year (1993-2004). During 2004-2009 increment humus exceeded 0.05% (absolute) per year. In 2009-2013 accumulation of humus in the topsoil was 0.12% (absolute), subsurface soils – 0,14% (absolute). When restoring the organic matter has been a significant decrease in the value pH_{KCl} arable layer on average from 7.57 to the level of the neutral indicator values. Similar processes are observed in the subsurface layer. Research to improve the fertility of carbonate soils biological methods were carried out in Botanical garden of the NRU «BSU» (2002-2008). On strongly eroded the calcareous soils and chalk outcrops were formed 30 component artificial phytocenoses. It is established that the use of multicomponent mixtures with participation of wild calciphilous species of plants and grasses, allows to increase the content of total organic matter in the soil chalk outcrops, increase the total content of humus, and to replace him fractional composition in the direction of increasing the content of humic acids compared to areas without sowing on the back of high projective cover and surface productivity.

Keywords: carbonate soils, landscape farming system, humus content, pH_{KCl} soil, multicomponent mixtures, calciphilous species, forage legumes

Распространение карбонатных почв и меловых обнажений характерно не только для Центрально-Черноземного региона, где по современным оценкам их площадь составляет более 800 тыс. га и в дальнейшем прогнозируется увеличение до 3 млн. га и более [6]. В мире площадь карбонатных почв достигает 800 млн. га [10]. Они обладают комплексом свойств, отрицательно влияющих на рост и развитие растений: высоким содержанием карбонатов и щелочной реакцией среды, низким содержанием органического вещества, доступного азота и

фосфора, слабой мобильностью большинства микроэлементов, легкой подверженностью разрушению, ускоренной деградацией и повышенной трудностью восстановления плодородия [4]. Все это затрудняет ведение сельскохозяйственного производства в эрозионно-опасных агроландшафтах региона. Восстановление плодородия и продуктивности карбонатных почв и склоновых земель ЦЧР, в сильной степени пострадавших от водной и ветровой эрозии, является двуединой задачей предотвращения эрозионных процессов и создания конкурентоспособных и

устойчивых на таких почвах агроценозов с участием многолетних бобовых трав.

В связи с этим, целью исследований было изучение влияния ландшафтных систем земледелия (ЛСЗ) и биологических методов на плодородие эродированных карбонатных почв.

Материалы и методы исследования

Исследования по влиянию ландшафтных систем земледелия на плодородие карбонатных почв проводились на модельном объекте «Репный Лог», расположенном в Красногвардейском районе Белгородской области, где, начиная с 1981 г., под руководством академика РАСХН О.Г. Котляровой проведено полное освоение ЛСЗ на территории всего района площадью более 130 тыс. га. Длительный период освоения позволяет оценить направленность и интенсивность почвообразовательного процесса в реальных условиях хозяйствования. На модельном объекте «Репный Лог» в 1993 году были закреплены 11 реперных точек и проведена почвенная корректировка. Исследованиями охвачены черноземы типичные карбонатные и черноземы типичные различной степени смытости, расположенные на склонах южной и юго-восточной экспозиции крутизной 1 – 4°.

Исследования по повышению плодородия карбонатных почв биологическими методами проводили в Ботаническом саду НИУ «БелГУ» (2002 – 2008 гг.). В 2002 году на шести участках с сильно эродированными почвами и меловыми обнажениями на площадках, расположенных в различных ландшафтных условиях (экспозиция склона, почвенная разность, уклон) был проведен посев многокомпонентной смеси, состоящей из 30 видов трав, в том числе дикорастущих степных и кальцефильных видов растений: *Agropyron pectinatum*, *Stipa pennata*, *Bromopsis inermis*, *Festuca rubra*, *Festuca orundinacea*, *Phleum phleoides*, *Carex humilis*, *Astragalus albicaulis*, *Astragalus onobrychis*, *Vicia pisiformis*, *Trifolium montanum*, *Trifolium medium*, *Hedysarum grandiflorum*, *Medicago falcate*, *Lotus corniculatus*, *Onobrychis arenaria*, *Artemisia hololeuca*, *Adonis vernalis*, *Hypericum perforatum*, *Diplotaxis cretacea*, *Hyssopus officinalis*, *Hyssopus cretaceus*, *Vincetoxicum hirundi-naria*, *Matthiola fragrans*, *Linum perenne*, *Leucanthemum vulgare*, *Scrophularia cretacea*, *Androsace koso-poljanskii*, *Salvia verticillat*, *Salvia nutans*. Норма высева определялась из расчета посева 1000 шт. семян на 1/ м². Весовая норма высева смеси составила 5 г/ м². Виды растений в смеси по численной норме высева распределены равными долями (3,33%). Опыт заложен методом рендомизированных повторений. Площадь делянки 8 м², повторность четырехкратная. Химические анализы проводили в аккредитованной испытательной лаборатории Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. Горина по общепринятым методикам.

Результаты исследования и их обсуждение

Гумусное состояние почв. Почвообразование – это длительный процесс, особенно на нарушенных, в том числе вследствие эрозии, почвах. Период восстановления плодородия почв зависит как от экологических факторов, так и от уровня ведения

сельскохозяйственного производства. Хорошо известны приемы сохранения и повышения плодородия почв, это применение органических и минеральных удобрений, соломы, сидератов, многолетних трав, приемов почвозащитной обработки почвы и т. д. [2, 7, 8]. Но все они не будут работать в условиях интенсивного развития эрозионных процессов. Наиболее действенным способом решения проблемы защиты почв от эрозии являются ландшафтные системы земледелия [3, 11].

Почвозащитная эффективность ландшафтного земледелия оценивалась по динамике показателей плодородия почв в системе мониторингового обследования реперных точек в 1993, 2004, 2009, 2013 гг. Темпы и направленность почвообразовательного процесса в различные периоды были неодинаковыми.

Наиболее важным показателем при оценке плодородия почв является содержание гумуса – это интегральный показатель, который оказывает многостороннее влияние на агрохимические, агрофизические и биологические показатели. Точкой отсчета (исходной характеристикой) послужило среднее содержание гумуса пахотного слоя, рассчитанное по материалам крупномасштабного обследования почв [5], данной территории в 1986 году – 5,20%.

В первые годы после освоения ландшафтных систем земледелия все еще продолжалась потеря гумуса, однако ее темпы со временем снизились на порядок с 0,1% (абс.) в год (1986 – 1993 гг.) до 0,01% (абс.) в год (1993 – 2004 гг.) (табл. 1). Следующие пять лет (2004 – 2009 гг.) характеризовались приращением гумуса в почве более чем на 0,05% (абс.) в год.

В подпахотном слое почвы уже в первый период исследований (1993 – 2004 гг.) наблюдалось накопление гумуса со скоростью 0,02%, в последующий (2004 – 2009 гг.) – 0,09% (абс.) в год. Результаты исследований в 2013 г. продемонстрировали, что желаемые, ожидаемые и намечившиеся в предыдущие годы тенденции сохраняются. В среднем по объекту за последние 4 года накопление гумуса в пахотном слое составило 0,12% (абс.), в подпахотном слое – 0,14% (абс.). И это несмотря на то, что сельхозпроизводители в последнее время нередко возделывают на склоновых землях пропашные, что противоречит принципам адаптивного размещения культур.

Следует отметить, что на контрольном разрезе № 9, сделанном в условиях более интенсивного использования, в течение последнего периода обследования наблюдался весьма значительный прирост гумуса, как в

Таблица 1

Динамика содержания гумуса (%) в пахотном слое почвы

Разрезы	Годы			
	1993	2004	2009	2013
1	3,62	3,78	4,73	4,33
2	3,75	3,81	4,95	5,00
3	4,39	4,45	3,93	4,75
4	4,40	4,49	4,35	4,45
5	3,79	4,50	4,53	4,66
6	4,32	4,35	4,38	4,85
7	4,97	4,67	4,45	4,89
8	4,77	4,85	5,56	4,88
9	5,39	5,10	4,73	5,02
10	5,16	4,86	5,03	5,05
11	5,06	3,74	4,93	5,06
X	4,51	4,42	4,69	4,81
Sx	0,61	0,47	0,43	0,24
V, %	13,53	10,53	9,23	4,99

Примечание: X – среднее арифметическое, Sx – стандартное отклонение, V, % – коэффициент вариации

пахотном, так и в подпахотном слоях – на 0,29% и 0,61% соответственно. Содержание гумуса изменялось неоднозначно из-за различных условий использования почвенного плодородия (севообороты, удобрения, обработка почвы и т.д.), однако средний показатель по годам свидетельствует об определенных тенденциях в его динамике. На стабилизацию уровня плодородия и последующий его рост повлияло сокращение потерь почвы за счет выноса ее тальми и ливневыми водами, а также введение в севообороты на склонах многолетних трав. В подтверждение того, что положительные процессы, происходящие в почве не случайны, однонаправленны, свидетельствует снижение коэффициента вариации с каждым туром обследования – с 13,5% в 1993 г. до 5% в 2013 г.

Реакция почвенной среды. Для юго-восточных и восточных районов Белгородской области со значительным развитием водной эрозии характерна повышенная щелочность среды преобладающих там черноземов обыкновенных и карбонатных [6]. Следовательно, снижение pH солевой вытяжки изучаемых нами почв, в том числе чернозема типичного карбонатного, будет свидетельствовать об их окультуренности.

Результаты наших исследований показывают, что при восстановлении органического вещества произошло существенное снижение значения pH_{KCl} пахотного слоя в среднем с 7,57 (щелочная реакция) и стабилизация ее в области нейтральных значений этого показателя в последнем десятилетии ($HCP_{05} = 0,40$). Аналогичные процессы характеризуют и подпахотный слой. В пользу прогнозируемой зависимости реакции

среды от содержания гумуса говорит и наблюдаемая корреляция между изучаемыми показателями: отрицательная значительная ($r = -0,57$) для пахотного слоя и очень тесная ($r = -0,94$) для подпахотного слоя почвы.

Таким образом, положительная динамика показателей плодородия почв модельного объекта «Репный Лог» свидетельствует, что в системе ландшафтного земледелия происходит восстановление эродированных карбонатных почв, их окультуривание.

Биологический метод. Специфика почвообразования в условиях обнажений карбонатных пород кардинально отличается от его развития в зональных почвах. Ранее проведенные исследования показали, что особенностью флоры меловых обнажений является то, что многие кальцефильные виды могут вторично расширять свои ареалы при антропогенной реконструкции условий, близких к «утраченным». При этом они могут быстро распространяться даже по антропогенным обнажениям скального мела и обладают высокой жизнеспособностью на подвижном субстрате [9].

В течение шести лет исследований искусственных многокомпонентных фитоценозов высокую устойчивость в условиях карбонатных почв и меловых обнажений, наряду с типичными кальцефилами, такими как иссоп меловой (*Hyssopus cretaceus*), лунария меловая (*Linaria cretacea*), левкой душистый (*Matthiola fragrans* Bunge.), иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis*), двурядник меловой (*Diplotaxis cretacea*), а также злаковыми травами коострец безостый (*Bromopsis inermis*) и овсяница тостниковидная (*Festuca orundinacea*), проявили бобовые травы: люцерна серповидная

(*Medicago falcate*), лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus*) и эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*).

Для оценки плодородия почв при формировании искусственных многокомпонентных фитоценозов провели анализ динамики процессов накопления гумуса и его состава: исходный субстрат меловых обнажений непосредственно после вскрытия и освобождения от сформированной почвы, этот же субстрат без растительности и при посеве на нем 30-компонентной травосмеси через шесть лет. Был оценен групповой состав гумуса, а так же характер его из-

менения в зависимости от почвенно-растительной группировки в скелетной части (частицы > 1 мм) и в мелкозем (частицы < 1 мм).

Как следует из табл. 2, общее содержание углерода в мелкозем было в 5,38 – 7,00 раз больше, по сравнению с его содержанием в скелетной части. По мере углубления почвообразовательного процесса при общем повышении содержания углерода, как в мелкозем, так и в скелетной части по сравнению с исходным состоянием, это соотношение сужается, достигая минимума под многокомпонентной смесью.

Таблица 2

Гумусное состояние почвы на обнажениях мела при возделывании многокомпонентной смеси (на шестой год жизни травостоев)

№ п/п	Опытный участок	Механические элементы	$C_{\text{общ.}}$	$C_{\text{врг}}$	$C_{\text{ГК}}$	$C_{\text{ФК}}$	$\frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{ФК}}}$
1	Исходное состояние перед закладкой опыта	>1 мм	0,15	0,005 3,12	0,016 10,53	0,091 60,80	0,17
		<1 мм	1,05	0,002 0,22	0,079 7,50	0,052 4,97	1,51
2	Вариант без посева травосмеси	>1 мм	0,29	0,003 1,08	0,071 24,45	0,107 36,93	0,66
		<1 мм	1,68	0,002 0,09	0,189 11,25	0,144 8,57	1,31
3	Вариант с посевом травосмеси	>1 мм	0,43	0,006 1,45	0,079 18,33	0,153 35,63	0,51
		<1 мм	2,32	0,023 1,01	0,867 37,37	0,851 36,68	1,02

Примечание: $C_{\text{общ.}}$ – содержание общего углерода в абсолютно-сухой почве, %; $C_{\text{ГК}}$ – содержание углерода гуминовых кислот; $C_{\text{ФК}}$ – содержание углерода фульвокислот; $C_{\text{врг}}$ – содержание углерода водорастворимого гумса;

$\frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{ФК}}}$ – соотношение гуминовых и фульвокислот;

в числителе – содержание в абсолютно-сухой почве, %;

в знаменателе – доля в общем углероде органического вещества почвы, %

Анализ полученных данных позволяет заключить, что наблюдается процесс накопления органического вещества почвы при первичной сукцессии по двум сценариям: формирование гумуса за счет высших растений и за счет низших (водорослей и лишайников). В случае с выращиванием травосмеси основная масса органики и гумус в субстрате формируется за счет корневых систем высших растений. В случае с субстратом без растений, как мы считаем, основная часть органического вещества образовывается за счет различных видов водорослей и лишайников. Использование многокомпонентной смеси позволяет увеличить содержание общего органического вещества в субстрате меловых обнажений, повысить общее содержание гумуса и сменить его фракционный состав в сторону увеличения содержания гуминовых кислот по сравнению с участками без посева на

фоне высокого проективного покрытия и надземной продуктивности.

Таким образом, использование многокомпонентных травосмесей дикорастущих растений с участием эндемичных кальцефильных видов, а также бобовых трав, обеспечивает формирование разнообразия устойчивых растительных группировок, повышение плодородия карбонатных почв, что способствует улучшению почвенно-растительной системы в целом.

Список литературы

1. Думачева Е.В., Чернявских В.И. Экологическая устойчивость и продуктивность хозяйственно-ценных видов Fabaceae в агрофитоценозах с одновидовым и смешанным травостоем на карбонатных почвах // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. – 2012. – № 15 (134), Вып. 20. – С. 51–58.

2. Еськов А.И., Лукин С.М., Тарасов С.И. Методические подходы к оценке гумусного состояния почв при длительном применении различных систем удобрений //

Методы исследования органического вещества почв. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. – С. 111–134.

3. Котлярова Е.Г., Котлярова О.Г. Эффективность ландшафтных систем земледелия : [моногр.]. – Белгород: ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2011. – 310 с.

4. Крупенников И.А. Карбонатные черноземы. – Кишинев: Штиинца, 1979. – 101 с.

5. Система земледелия и землеустройства колхоза им. Ленина Красногвардейского района Белгородской области. – Белгород, 1986. – 199 с.

6. Соловichenko В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2005. – 292 с.

7. Шелганов И.И., Доманов Н.М., Соловichenko В.Д. и др. Длительные стационарные опыты в решении проблемы повышения плодородия почв и продуктивности земледелия // Земледелие. – 2009. – № 7. – С. 16–18.

8. Чернявских В.И., Котлярова Е.Г. Однолетние многокомпонентные смеси в звене кормовых севооборотов на склоновых землях Белгородской области // Земледелие. – 2009. – № 8. – С. 42–44.

9. Чернявских В.И., Котлярова О.Г. Многовидовые фитоценозы и продуктивность эродированных почв в агроландшафтах Центрального Черноземья : [моногр.] – Белгород: ООО ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2010. – 194 с.

10. FAO. Land and plant nutrition management service, 2000. Режим доступа: www.fao.org/ag/agll/prosoil/sandy.html

11. Kotlyarova E.G., Cherniavskih V.I., Dumacheva E.V. Ecologically Safe Architecture of Agrolandscape is basis for sustainable development // Sustainable Agriculture Research. – 2013. – Vol. 2, No 2. – pp. 11–24.

References

1. Dumacheva E.V., Cherniavskih V.I. Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya estestvennye nauki. 2012, no 15 (134), vyp. 20, pp. 51–58.

2. Eskov A.I., Lukin S.M., Tarasov S.I. Metody issledovaniya organicheskogo veshhestva pochv [Methods of investigation of soil organic matter]. Moscow: Rosselkhozakademiya, 2005, pp. 111–134.

3. Kotlyarova E.G., Kotlyarova O.G. Effektivnost landshaftnyx sistem zemledeliya [The effectiveness of landscape farming system]. Belgorod: IPC «POLITERRA», 2011, 310 p.

4. Krupennikov I.A. Karbonatnye chernozemy [Carbonate Chernozem]. Kishinev: Shtiinca, 1979, 101 p.

5. Sistema zemledeliya i zemleustrojstva kolchoza im. Lenina Krasnogvardejskogo rajona Belgorodskoj oblasti [Agriculture and land management of the collective farm. Lenin Krasnogvardeisky district of Belgorod region]. Belgorod, 1986, 199 p.

6. Solovichenko V.D. Plodorodie i racionalnoe ispolzovanie pochv Belgorodskoj oblasti [Fertility and rational use of soils of Belgorod region]. Belgorod: «Otchij kraj», 2005, 292 p.

7. Shelganov I.I., Domanov N.M., Solovichenko V.D. i dr. Zemledelie, 2009, no 7, pp. 16–18.

8. Cherniavskih V.I., Kotlyarova E.G. Zemledelie, 2009, no 8, pp. 42–44.

9. Cherniavskih V.I., Kotlyarova O.G. Mnogovidovye fitocenozy i produktivnost erodirovannyx pochv v agrolandshaftax Centralnogo Chernozemya [Multi-species plant communities and productivity of eroded soils in agricultural landscapes of Central Chernozem region] Belgorod: IPC «POLITERRA», 2010, 194 p.

10. FAO. Land and plant nutrition management service, 2000, available at: www.fao.org/ag/agll/prosoil/sandy.html

11. Kotlyarova E.G., Cherniavskih V.I., Dumacheva E.V. Sustainable Agriculture Research, 2013, Vol. 2, No 2, pp. 11–24.

Рецензенты:

Сорокопудов В.Н., д.с.-х.н., профессор кафедры технологии питания и СУ ФГОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород;

Сорокопудова О.А., д.с.-х.н., профессор, профессор биолого-химического факультета ФГОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 24.06.2014.