
ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ECOLOGY AND CONSERVANCY

УДК 631.6:631.879.4:631.445.24

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ БЕЛАРУСИ

Я. К. КУЛИКОВ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

Показана высокая эффективность оптимизации дерново-подзолистой песчаной почвы путем разового внесения высоких доз суглинка и торфонавозного компоста. Оптимизация песчаной почвы достигается за счет значительного повышения содержания физической глины и гумуса и совершенствования его качественного состава. На этой основе улучшаются агрохимические свойства и водный режим почвы, а также возрастает ее биологическая активность. Оптимизированная почва обеспечивает формирование высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур независимо от погодных условий.

Ключевые слова: торфование; землевание; песчаная почва; торфонавозный компост; суглинок; водоудерживающая способность почвы; физическая глина; гумус; пористость; микробиологическое разнообразие; биологическая активность.

Образец цитирования:

Куликов Я. К. Агроэкологические особенности земледелия на дерново-подзолистых песчаных почвах Беларуси // Журн. Белорус. гос. ун-та. Биология. 2017. № 1. С. 71–76.

For citation:

Kulikov Ya. K. Agroecological specificities agriculture of sandy soddy-podzolic soils Belarus. *J. Belarus. State Univ. Biol.* 2017. No. 1. P. 71–76 (in Russ.).

Автор:

Ярослав Константинович Куликов – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры общей экологии и методики преподавания биологии биологического факультета.

Author:

Yaroslav Kulikov, doctor of science (biology), docent; professor at the department of general ecology and methods of biology teaching, faculty of biology.
ecodept@tut.by

AGROECOLOGICAL SPECIFICITIES AGRICULTURE OF SANDY SODDY-PODZOLIC SOILS BELARUS

Ya. K. KULIKOV^a

^aBelarusian State University, Nezavisimosti avenue, 4, 220030, Minsk, Republic of Belarus

A high efficiency of the single application of peat-manure compost and loam for optimizing the properties of sandy soddy-podzolic soil was shown. The scolded improvement of sandy soil is reached by significant increase of the content of the physical clay and humus, and its qualitative composition improvement as well. Thereupon the agrochemical characteristics and water regime of soil are improved, as well as the biological activity increased. Optimized soil provided for the high and stable yield of agricultural crops regardless of weather impacts.

Key words: peat fertilization; earthing; sandy soil; peat-manure compost; loam; water-holding capacity; clay; humus; porosity; microbiological diversity; biological activity.

Введение

Окультуривание почв требует улучшения их основных свойств – повышения содержания гумуса и оптимизации гранулометрического состава, которые медленно изменяются во времени. Одним из перспективных направлений коренного улучшения низкоплодородных почв является повышение их качества на основе торфования и землевания. Это особенно актуально для дерново-подзолистых песчаных почв, занимающих более 20 % площади пахотных земель Беларуси. Почвы такого типа характеризуются низким плодородием и в процессе сельскохозяйственного использования быстро истощаются. Использование нетрадиционных мелиоративных мероприятий, в частности землевания и торфования, резко меняет направленность почвообразовательных процессов, стабилизирует состав и свойства улучшаемых почв и способствует их ускоренному окультуриванию. Однако теоретические основы таких структурных мелиораций разработаны недостаточно вследствие слабой изученности механизмов образования органоминеральных комплексов, обеспечивающих закрепление органических веществ в почве [1; 2].

Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур на низкоплодородных песчаных почвах невозможно без разработки новых приемов и методов их использования, основанных на максимальной интродукции биологических факторов, в частности почвенной микробиоты. Поэтому выбор и уточнение адекватных, объективных и достоверных целевых индикаторов биологического состояния земель сельскохозяйственного назначения являются актуальными и необходимыми как для определения качества почв, так и при разработке мер по воспроизводству почвенного плодородия в каждом конкретном регионе. Это дает возможность достигнуть высокого уровня экономической эффективности использования песчаных почв, позволяющего снять вопрос о целесообразности вывода их из сельскохозяйственного оборота и тем самым повысить уровень продовольственной безопасности страны [3; 4].

Отсутствие комплексного подхода к освоению и сельскохозяйственному использованию дерново-подзолистых песчаных почв не позволяет коренным образом улучшать их свойства и режимы, повышать и стабилизировать плодородие. В связи с этим целью наших исследований стала разработка научно-методических основ оптимизации дерново-подзолистой песчаной почвы путем ее торфования и землевания. Сущность оптимизации этой почвы заключается в том, чтобы создать искусственный пахотный горизонт со свойствами, которые характерны для дерновой связносупесчаной почвы: мощность – от 25 до 30 см, содержание физической глины – от 15 до 18 %, органического вещества – от 6 до 7 %, в том числе 3,0–3,5 % гумуса. На этой основе улучшаются все агрохимические, водно-физические и биологические свойства почвы.

Материал и методика исследования

Полевые опыты проводились на базе хозяйства «ПМК-16-Агро» Борисовского района Минской области на дерново-подзолистой связнопесчаной почве.

Для анализа отбирали почвенные образцы, в которых определяли pH в солевой вытяжке, подвижный фосфор по Кирсанову, обменный калий по Масловой, сумму поглощенных оснований по методу Каппена – Гильковица, гумус по Тюрину, физическую глину по Качинскому [5].

Схема полевого опыта включает 5 вариантов, где на опытные делянки площадью 50 м² в четырехкратной повторности вносился суглинок из расчета 100, 200, 300 и 400 т/га, а также торфонавозный компост в дозе 200 т/га с соотношением навоза к торфу 1 : 1.

Вносимый легкий суглинок характеризовался следующими агрохимическими показателями: pH – 6,1; сумма поглощенных оснований – 4,3 мг-экв/100 г почвы; подвижный фосфор – 22,9 мг/100 г почвы; обменный калий – 33 мг/100 г почвы; содержание меди – 1 мг/кг; цинка – 4,6 мг/кг; бора – 0,44 мг/кг. Содержание физической глины составляло 26 %, гумуса – 1,8 %.

Для приготовления торфонавозного компоста нами использовался низинный торф с зольностью 30 %, который характеризовался следующими показателями: pH – 6,4; сумма поглощенных оснований – 19,6 мг-экв/100 г почвы; подвижный фосфор – 99,1 мг/100 г почвы; обменный калий – 120 мг/100 г почвы; содержание меди – 3,6 мг/кг; цинка – 14,4 мг/кг; бора – 2,7 мг/кг.

В торфонавозном компосте 70 % влажности содержалось органического вещества 220 кг/т; $N_{\text{общ}}$ – 6; P_2O_5 – 2; K_2O – 5; CaO – 4,5; MgO – 1 кг/т.

В первый год оптимизации песчаной почвы возделывалась пропашная культура (картофель), что позволило уже в течение этого года создать равномерное перемешивание минеральных и органических частиц пахотного горизонта. Во второй год оптимизации выращивался ячмень. При возделывании зерновой культуры практически создается равномерный органоминеральный пахотный горизонт. Последствие оптимизации на третий – пятый год после внесения торфонавозного компоста и суглинка изучали на многолетних бобово-злаковых травах (клевер луговой *Trifolium pretense* L., тимopheевка луговая *Phleum pretense* L., ежа сборная *Dactylis glomerata* L.). В качестве фона вносили минеральные удобрения из расчета $N_{20}P_{40}K_{80}$ (картофель), $P_{40}K_{80}$ (ячмень) и $N_{40}P_{80}K_{120}$ (многолетние травы) в виде аммиачной селитры, простого суперфосфата и хлористого калия.

Обработку почвы, сроки посадки и уход за культурой в период вегетации осуществляли в соответствии с агротехническими требованиями, рекомендуемыми для центральной части Беларуси.

Урожай учитывали поделочно с использованием общепринятой методики. Во время уборки урожая проводили отбор образцов клубней, зерна и сена с пяти вариантов в четырехкратной повторности, в которых определяли общий азот методом Кьельдаля, содержание протеина – путем умножения общего азота на коэффициент 5,7, микроэлементы и тяжелые металлы – на атомно-абсорбционном спектрофотометре по методу ЦИНАО. Статистическая обработка урожайных данных выполнена по Доспехову [6].

Активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов дерново-подзолистой песчаной почвы изучалась с помощью метода аппликаций по методике Д. Г. Звягинцева [7]. В почву на глубину 50 см в вертикальном положении закладывались стеклянные пластинки размером 5 × 50 см, обернутые льняной тканью, предварительно взвешенной.

Опыт проводился в девятикратной повторности. Через определенное время (экспозиция – от 30 до 80 дней) пластинки выкапывали, с них осторожно смывались частички почвы, ткань просушивали и повторно взвешивали. По разности веса ткани до экспозиции и после нее определялась интенсивность жизнедеятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Учет численности микроорганизмов, определение дыхания почвы и активности ее гидролитических ферментов выполняли по общепринятой методике [7].

Результаты исследований и их обсуждение

В процессе оптимизации дерново-подзолистой песчаной почвы путем торфования и землевания мощность гумусового горизонта возрастала с 16 до 26 см, содержание физической глины повышалось с 9 до 16 %, а гумуса – с 1,4 до 3,0 %. Содержание ила в пахотном горизонте увеличивалось с 6 до 12 %. При этом существенным образом изменялась структура илистого материала. Так, если в исходной связнопесчаной почве основная масса ила была агрегирована полутораоксидами, то в оптимизированной почве резко снижалась их доля как агрегирующего агента при четко выраженной тенденции роста значимости гумусоорганических веществ и тонкодисперсных почвенных минералов.

Результаты рентгендифрактометрических анализов показали, что в оптимизированной песчаной почве в значительных количествах накапливались минералы с высоким некомпенсированным зарядом в набухающих пакетах (смектиты, вермикулиты), а также минералы с высокой степенью структурной неупорядоченности (слюды, гидрослюды), которые, взаимодействуя с органическим веществом, образовывали водопрочные глиногумусовые микроагрегаты.

Влажность пахотного горизонта песчаной почвы под действием оптимизации существенно возрастала. И хотя абсолютная величина влажности в течение вегетационного периода изменялась в результате неравномерного выпадения атмосферных осадков, колебания влажности почвы на оптимизированных участках приобретали более выравненный характер, что улучшало экологические условия для роста и развития сельскохозяйственных культур. Данная закономерность прослеживалась во все годы исследований почвы под различными сельскохозяйственными культурами. Создание почвенного профиля с добавлением торфа и суглинка позволяло более рационально использовать влагу и быстрее восстанавливать оптимальный водный режим при экстремальных погодных условиях.

Содержание гумуса в пахотном горизонте песчаной почвы под действием оптимизации способом торфования и землевания возрастало с 1,4 до 3,0 %. И в последующие годы оно продолжало оставаться на высоком уровне. Изучение фракционно-группового состава гумуса показало, что оптимизация оказывает на его качественный состав положительное влияние, которое проявилось в возрастании удельного веса гуминовых кислот и уменьшении доли фульвокислот, что сопровождалось увеличением отношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот. Это свидетельствует об активизации темпов гумификации органического вещества под действием оптимизации песчаной почвы. Следует отметить, что содержание гуминовых кислот возрастало главным образом за счет первой и третьей фракций, т. е. фракций, связанных с полуторфными оксидами и глинистыми минералами. Это значит, что в результате оптимизации песчаной почвы органическое вещество превращается в менее подвижные формы. Оно становится более устойчивым к разрушениям и вымыванию и, следовательно, более способным к закреплению и накоплению в верхних слоях почвы. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что в пахотном горизонте песчаной почвы под действием оптимизации усиливается дерновый процесс почвообразования.

Расчетные данные показали, что в первый год оптимизации песчаной почвы при возделывании картофеля в почве складывается положительный баланс гумуса, который значительно возрастает с увеличением доз внесенного суглинка. Это объясняется тем, что накопление гумуса в почве за счет гумификации значительно превосходит его потери, связанные с минерализацией. На второй год оптимизации при возделывании ячменя на всех вариантах опыта формировался отрицательный баланс гумуса. Это обусловлено тем, что накопление гумуса в почве за счет гумификации не компенсировало его потери, связанные с минерализацией, т. е. минерализация гумуса происходила активнее, чем гумификация. В последующие годы при возделывании многолетних трав накопление гумуса за счет гумификации происходило более интенсивно, чем его минерализация, что и обеспечило формирование положительного баланса гумуса в почве. За три года в оптимизированной почве сформировался положительный баланс гумуса. Например, на варианте с применением суглинка в дозе 400 т/га накопление гумуса в почве за счет гумификации примерно в четыре раза превосходило его потери, связанные с минерализацией.

Оптимизация песчаной почвы оказала положительное влияние на содержание подвижных форм калия и фосфора. И хотя в последующие годы содержание этих питательных элементов несколько снижалось, оно не выходило за пределы оптимальных значений этих величин. И в целом следует отметить, что содержание данных питательных элементов определялось главным образом величиной доз применяемых фосфорных и калийных удобрений.

Окультуривание песчаной почвы способом торфования и землевания оказало положительное влияние на ее биологическую активность. Это проявилось в росте численности гетеротрофных бактерий, актиномицетов и микроскопических грибов. Увеличение численности аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий обеспечивало активную минерализацию органического вещества, внесенного с торфом и суглинком в песчаную почву, освобождение азота и превращение его в аммонийные и нитратные соединения.

Оптимизация песчаной почвы оказала положительное влияние на развитие целлюлозоразрушающих микроорганизмов, активность которых возрастала с увеличением доз внесенного суглинка. Выявленная закономерность в изменении активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов наблюдалась во все годы исследований. Необходимо отметить, что наиболее высокая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов регистрировалась под картофелем, наиболее низкая – под многолетними травами, а ячмень по этой характеристике занимал промежуточное положение (таблица).

**Интенсивность разложения клетчатки в оптимизированной
дерново-подзолистой песчаной почве в зависимости от глубины профиля**
**Intensity of cellulose decomposition in optimized soddy-podzolic sandy soil,
depending on the depth of the profile**

Вариант опыта	Вес ткани до экспозиции, г	Вес ткани после экспозиции, г	Степень разложения ткани	
			г	%
Картофель, 2006 г.				
На глубине 0–30 см				
1	16,97	9,49	7,48	44,1
2	17,03	8,29	8,74	51,3
3	16,35	7,46	8,89	54,4

Окончание таблицы
Ending table

Вариант опыта	Вес ткани до экспозиции, г	Вес ткани после экспозиции, г	Степень разложения ткани	
			г	%
4	16,21	6,87	9,34	57,6
5	15,93	6,23	9,70	60,9
На глубине 30–50 см				
1	12,42	10,41	2,01	16,2
2	12,83	9,91	2,92	22,8
3	12,77	9,45	3,32	26,0
4	11,84	8,49	3,35	28,3
5	12,16	8,46	3,70	30,4
Ячмень, 2007 г.				
На глубине 0–30 см				
1	17,13	10,14	6,99	40,8
2	16,89	9,17	7,72	45,7
3	16,21	8,43	7,78	48,0
4	15,48	7,65	7,83	50,6
5	15,67	7,13	8,54	54,5
На глубине 30–50 см				
1	12,46	10,72	1,74	14,0
2	12,07	9,63	2,44	20,2
3	11,56	8,85	2,71	23,4
4	11,73	8,68	3,05	26,0
5	12,11	8,65	3,46	28,6
Многолетние травы, 2008 г.				
На глубине 0–30 см				
1	16,8	12,4	4,4	26,2
2	15,9	11,3	4,6	28,9
3	16,6	11,1	5,5	33,1
4	17,3	11,0	6,3	36,4
5	17,8	11,1	6,7	37,6
На глубине 30–50 см				
1	13,5	11,9	1,6	11,8
2	13,9	11,6	2,3	16,5
3	11,4	9,0	2,4	21,5
4	12,8	9,6	3,2	25,0
5	13,1	9,6	3,5	26,7

Примечание. Схема полевого опыта включала пять вариантов: 1) контроль (фон); 2) фон + 200 т/га компоста + 100 т/га суглинка; 3) фон + 200 т/га компоста + 200 т/га суглинка; 4) фон + 200 т/га компоста + 300 т/га суглинка; 5) фон + 200 т/га компоста + 400 т/га суглинка.

Разрушение целлюлозы, как показал опыт, особенно активно шло в верхнем, пахотном, горизонте. В более глубоких слоях почвы активность целлюлозоразрушения заметно уменьшалась. Снижение активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов с глубины более 30 см объясняется уменьшением запаса органических соединений и ухудшением воздушного режима почвы.

Заключение

Оптимизация дерново-подзолистой песчаной почвы путем внесения торфонавозного компоста и суглинка в количествах, способствующих повышению содержания гумуса до 3 % и физической глины до 16 %, является эффективным агротехническим приемом, обеспечивающим накопление абсолютно сухой биомассы растений, увеличение их фотосинтетического потенциала, ускоряющим рост и развитие культур. Это позволяет получать на оптимизированной почве урожай картофеля от 200 до 230 ц/га, ячменя – от 30 до 35 ц/га и сена многолетних трав за два укоса – от 100 до 110 ц/га.

Окультуривание дерново-подзолистой песчаной почвы на основе торфования и землевания – высокоэффективный способ повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Он позволяет получать дополнительный чистый доход уже в первый год окультуривания почвы на сумму 900–1000 долл. США/га, или 1,3–1,5 долл. дохода на каждый доллар затрат.

Таким образом, полученные данные открывают хорошую перспективу восстановления плодородия песчаных почв естественным путем, т. е. за счет механизмов, характерных для природных экосистем.

Библиографические ссылки

1. Андронов Е. Е., Иванова Е. А., Перишина Е. В. Анализ показателей почвенного микробиома в процессах, связанных с почвообразованием, трансформацией органического вещества и тонкой регуляцией вегетационных процессов // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 2015. Вып. 80. С. 83–93.
2. Добровольский Г. В. Деградация и охрана почв. М., 2002.
3. Соколов М. С., Дородных Ю. Л., Марченко А. И. Здоровая почва как необходимое условие жизни человека // Почвоведение. 2010. № 7. С. 858–866.
4. Маринеску К. М. Экология микробного ценоза эродированных черноземов и восстановление его функций // Идентификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. Курск, 2008. С. 550–554.
5. Ягодин Б. А., Дерюгин И. П., Жуков Ю. П. Практикум по агрохимии. М., 1987.
6. Доспехов Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. М., 1972.
7. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М., 1991.

References

1. Andronov E. E., Ivanova E. A., Pershina E. V. Analysis of soil microbiome in processes associated with soil formation, transformation of organic matter and fine regulation of vegetation processes. *Bull. of the Soil Inst. named after V. V. Dokuchaeva*. 2015. Vol. 80. P. 83–93 (in Russ.).
2. Dobrovol'skii G. V. Degradatsiya i okhrana pochv [Degradation and protection of soils]. Moscow, 2002 (in Russ.).
3. Sokolov M. S., Dorodnykh Yu. L., Marchenko A. I. Zdorovaya pochva kak neobkhodimoe uslovie zhizni cheloveka [Healthy soil as a necessary condition of human life]. *Pochvovedenie*. 2010. No. 7. P. 858–866 (in Russ.).
4. Marinesku K. M. Ekologiya mikrobnogo tsenoza erodirovannykh chernozemov i vosstanovlenie ego funktsii [Ecology of the microbial cenosis of eroded chernozems and restoration of its functions]. *Identif., resourc conservation and soil protection in adaptive-landscape syst. of agriculture*. Kursk, 2008. P. 550–554 (in Russ.).
5. Yagodin B. A., Deryugin I. P., Zhukov Yu. P. Praktikum po agrokhimii [Workshop on agrochemistry]. Moscow, 1987 (in Russ.).
6. Dospiehov B. A. Planirovaniya polevogo opita i statisticheskaya obrabotka ego dannix [Planning of field experience and statistical processing of its data]. Moscow, 1972 (in Russ.).
7. Zvyagintsev D. G. Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Moscow, 1991 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 23.11.2016.

Received by editorial board 23.11.2016.