

DYNAMICS OF MOBILE PHOSPHORUS CONTENT IN DEPENDENCE ON THE FERTILIZER SYSTEM AND FORECROPS IN THE DEVELOPMENT OF LONG-FALLOW LANDS

V.A. Shevchenko, A.M. Solovyov, G.I. Bondareva, N.P. Popova

All-Russian Scientific-Research Institute of Hydrotechnics and Melioration named after. A.N. Kostyakov,
Bolshaya Akademicheskaya ul., 44, bldg. 2, 127550 Moscow, Russia

The dynamics of the content of mobile phosphorus in barley crops during the development of unproductive lands is considered. Solid fraction of manure and liquid effluents from a pig-breeding complex were used as the main fertilizer. When cultivating barley according to the mineral system, $N_{85}P_{40}K_{90}$ was added fractionally. It was found that without additional application of phosphorus-containing fertilizers, the balance of P_2O_5 in the control variant remains negative and amounts to 1.3-3.1 kg/ha annually at its intensity of 81.0-90.9%. The mineral fertilization system, designed for the planned yield of 4.0 t/ha barley, does not provide an expanded reproduction of mobile phosphorus in the topsoil, but only maintains its balance at a stable level. The use of an organomineral fertilizer system will create a deficit-free balance of available phosphorus. At the same time, the intensity of the balance after three years according to the background of all forecrops (spring rape, spring cereals, winter cereals) on barley crops is 156.1-248.8% with the introduction of a solid fraction and 107.8-125.6% when using liquid drains.

Key words: mobile phosphorus, long-fallow lands, fertilization system, liquid effluents, forecrops, phosphorus balance.

УДК 631.417.1:631.435

ВЗАИМОСВЯЗЬ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ УГОДЬЯМИ

*Е.В. Дубовик, д.б.н., Д.В. Дубовик, д.с.-х.н., Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр»
305021, Курск, ул. К. Маркса, 70б, e-mail: dubovikdm@yandex.ru, тел. (0712) 53-42-56*

Изучено изменение содержания органического углерода ($C_{орг.}$) и структурно-агрегатного состава чернозема типичного под различными угодьями за 20-летний период. Установлены снижение количества $C_{орг.}$ в почве на пашне и повышение на лугу, стабилизация в почве под лесополосой. Выявлено изменение структурного состояния и водоустойчивости почвы в зависимости от угодья. За длительный период была установлена умеренная, заметная, высокая и весьма высокая прямая корреляционная связь органического углерода с показателями структурного состояния почвы, независимо от изучаемых угодий.

Ключевые слова: чернозем типичный, органический углерод, структура почвы, водоустойчивость почвы, угодья.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.02

Структура почвы является неотъемлемой агрофизической характеристикой почвенного плодородия. Почвенная структура характеризуется количественным соотношением, характером взаимосвязи и расположением как механических элементов, так и состоящих из них агрегатов.

В свою очередь почвенный агрегат это структурная единица почвы, состоящая из связанных друг с другом механических элементов почвы. При этом ведущую роль материала, который скрепляет почвенный агрегат, отводят гумусовым веществам, илу и структурообразующим катионам кальция, алюминия, железа [2, 5, 7 и др.].

Современные интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, сочетающие в себе многократную за сезон механическую обработку почвы, частое использование пестицидов, высоких доз минеральных удобрений, обусловлены изменением гумусного состояния почв. Кроме того, процессы водной и ветровой эрозии ведут к потере органического вещества почвы, что отражается на ее структурном состоянии [8].

Цель исследований – изучить взаимосвязь содержания в черноземе типичном органического углерода и структурного состояния за длительный период под различными угодьями.

Методика. Исследования проведены на территории опытного поля «Курский ФАНЦ» (Курская обл., Медвенский район). Объектом изучения являлся чернозем типичный тяжелосуглинистый. Почвенные образцы отобраны на реперных участках в 1998, 2008 и 2018 г. в слое 0-20 см на склонах северной, южной экспозиций и водораздельном плато.

Анализ изменения структурно-агрегатного состояния чернозема типичного проводили на угодьях, которые являются элементами противоэрозионной организации агроландшафта: пашня, луг, лесополоса.

На пашне разбит пятипольный зернопаропропашной севооборот с чередованием культур: 1 – пар; 2 – озимая пшеница; 3 – кукуруза; 4 – гречиха; 5 – ячмень. Отбор образцов проводили после уборки ячменя. Лесополосы трехрядные, представлены смесью евро-американских гибридов тополя Робуста 236 и Заря. Средняя высота лесополос 17-20 м, возраст 44 года. Луг покрыт бобово-злаковым разнотравьем с периодическим сенокошением.

Для определения структурно-агрегатного состава отбирали по три ненарушенных монолитных образца почвы (25×25×20 см), которые впоследствии были подвергнуты физическому фракционированию. После проведения физического фракционирования в лаборатории из полученной почвенной массы удаляли крупные растительные остатки и корни, а образцы доводили до воз-

душно-сухого состояния. В подготовленных образцах почвы проведено фракционирование почвы в воздушно-сухом состоянии и в воде по методу Н.И. Саввинова [1].

По результатам сухого просеивания рассчитывали количество агрономически ценных агрегатов размером 0,25-10 мм. После проведения мокрого просеивания дана оценка водоустойчивости почвы по сумме водоустойчивых агрегатов >0,25 мм [8], а распределение агрегатов по фракциям осуществлено по средневзвешенному диаметру водоустойчивых агрегатов. Кроме вышеперечисленных показателей необходимо в контексте данной работы использовать индекс агрегированности [3], который рассчитывается по формуле:

$$W = \sum P_i Q_i$$

где P_i – содержание фракций агрегатов i -того размера, %; Q_i – «весовая величина», которой наделены фракции водопрочных агрегатов в соответствии с их ролью в формировании агрономически ценной структуры почвы, равная 0 – для фракции > 10 мм; 1 – для 10-7 мм; 3 – для 7-5 мм; 8 – для 5-3 мм; 10 – для 3-1 мм; 5 – для 1-0,5 мм; 3 – для 0,5-0,25 мм и 0 – для <0,25 мм. Содержание общего $C_{орг.}$ в пробах почвы проводили по ГОСТ 26213-91.

Полученные результаты обработаны методами математической статистики [4] в программе Excel. Оценка корреляционной зависимости проводили по шкале Чеддока [6]: 0,1-0,3 – слабая, 0,3-0,5 – умеренная, 0,5-0,7 – заметная, 0,7-0,9 – высокая, 0,9-0,99 – весьма высокая.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований установлено, что за 20 лет происходит снижение содержания органического углерода ($C_{орг.}$) в почве на пашне, независимо от элемента рельефа (рис. 1). Так, на склоне северной экспозиции снижение $C_{орг.}$ на пашне составило – 0,53%, водоразделе – 0,47, а на южном склоне – 0,82%. Максимальное снижение содержания $C_{орг.}$ на южном склоне обусловлено большим развитием водно-эрозионных процессов, приводящих к потере гумусового слоя. Тенденция к снижению содержания $C_{орг.}$ на водораздельном плато обусловлена, вероятно, наличием пара, а также интенсивным возделыванием пропашных культур и отсутствием применения органических удобрений.

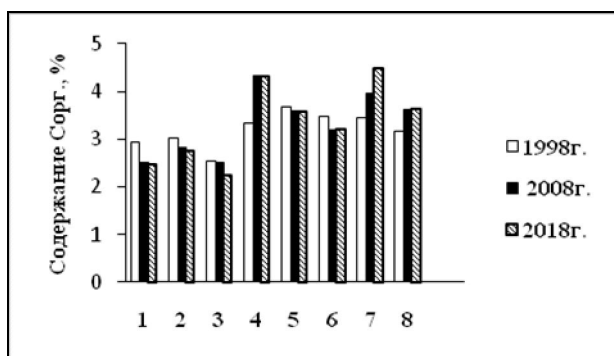


Рис. 1. Содержание органического углерода в черноземе типичном под различными угодьями:

1 – пашня, южный склон (3-5°); 2 – пашня, водораздельное плато (до 1°); 3 – пашня, северный склон (3-5°); 4 – лесополоса, южный склон (5°); 5 – лесополоса, водораздельное плато (до 1°); 6 – лесополоса, северный склон (5°); 7 – луг, южный склон (>5°); 8 – луг, северный склон (>5°) (здесь и далее)

В почве под лесополосой в 1998-2008 гг. отмечалось снижение содержания $C_{орг.}$ на 0,52% на северном склоне и на 0,17% на водораздельном плато. На склоне южной экспозиции количество $C_{орг.}$ увеличилось на 1,71%. Это связано, очевидно, со смывом верхней части гумусового горизонта пашни, которая расположена несколько выше по склону и как следствие с аккумуляцией смытой почвы в лесополосе. Также отмечена в работе Е.В. Леонтьевой разная мощность гумусового горизонта на пашне и в лесополосе на южном склоне.

Рассматривая изменение содержания $C_{орг.}$ в почве под лугом, следует отметить его повышение, независимо от экспозиции склона, как в 2008 г., так и в 2018 г. При этом наблюдается повышенное количество $C_{орг.}$ в почве под лугом на южном склоне, по отношению к почве луга на северном склоне. Это обусловлено повышенной активностью микробиологических процессов на южном склоне [9, 10], что в свою очередь способствует увеличению темпов разложения негумифицированного органического вещества.

Наибольшее содержание агрегатов агрономически ценного размера отмечено в почве под лесополосой и лугом (93,8-71,2%) и несколько меньше на пашне – от 80,8 до 64,8%, в среднем (рис. 2).

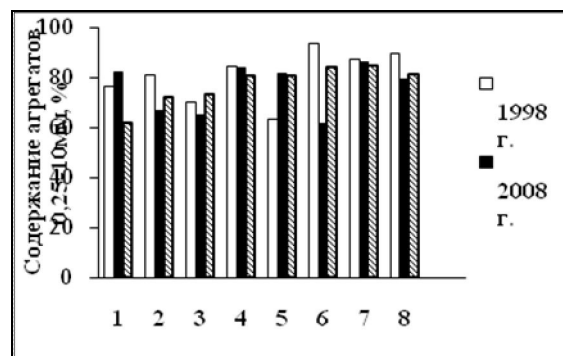


Рис. 2. Содержание агрономически ценных агрегатов 0,25-10 мм в черноземе типичном при сухом просеивании под различными угодьями

Анализируя степень варьирования агрегатов агрономически ценного размера 0,25-10 мм, установлена их средняя вариабельность в почве под пашней на южном склоне и под лесополосой на водоразделе ($V=14\%$), а также значимая под лесополосой на северном склоне ($V=21\%$). При этом отмечается заметная и высокая корреляционная связь $C_{орг.}$ с агрономически ценными агрегатами в 2008 и 2018 г. ($r=0,62-0,75$).

Немаловажное значение имеет оценка структуры почвы по ее водоустойчивости. Водоустойчивость чернозема типичного закономерно снижалась в 1998 г. в ряду: луг (76,8-70,1%) → лесополоса (70,0-67,7%) → пашня (46,9-38,8%), в 2008 г.: лесополоса (88,4-64,3%) → луг (83,3-70,7%) → пашня (59,1-55,2%) и в 2018 г.: луг (78,0-73,2%) → лесополоса (73,2-67,9%) → пашня (60,1-54,7%) (рис. 3).

При этом отмечается средний уровень варьирования суммы водоустойчивых агрегатов на пашне южного склона и водораздельного плато, а также под лесополосой на северном склоне ($V=13-19\%$). Значимый уровень варьирования данного показателя выявлен в почве пашни на северном склоне ($V=21\%$). Органический углерод находится в высокой корреляционной связи с суммой водоустойчивых агрегатов в 1998 и 2018 г. ($r=0,97-0,84$) и в умеренной связи в 2008 г. ($r=0,45$).

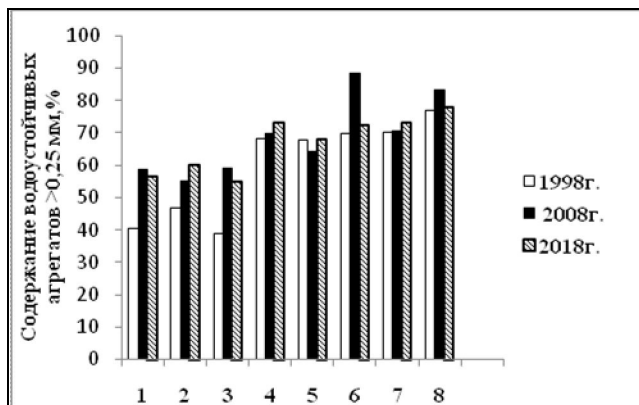


Рис. 3. Сумма водоустойчивых агрегатов >0,25 мм в черноземе типичном после мокрого просеивания под различными угодьями

Таким образом, общей закономерностью является высокая водоустойчивость почвы луга и лесополос, что говорит о роли агентов биогенного происхождения, т.е. о корневой системе растений.

Индекс агрегированности чернозема типичного в среднем за 20 лет проведенных исследований снижался в ряду: луг (383-530) → лесополоса (361-484) → пашня (185-304) (рис. 4).

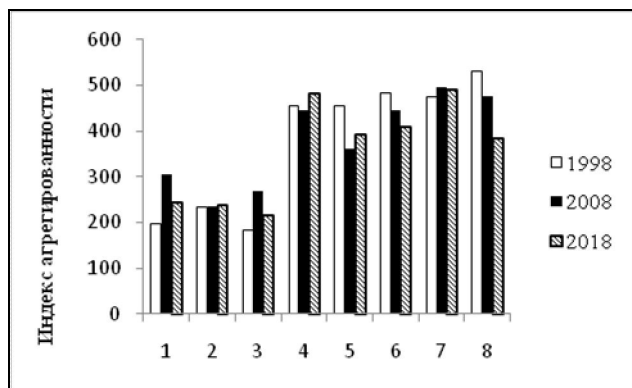


Рис. 4. Индекс агрегированности чернозема типичного под различными угодьями

Высокий индекс агрегированности в почве под лугом и лесополосой свидетельствует об увеличении в составе водоустойчивых агрегатов структурных отдельностей 5-3 и 3-1 мм, поскольку именно агрегаты данного размера наделены наибольшей весовой величиной (10 и 8) в формировании агрономически ценной структуры. В почве отмечается преобладание агрегатов 1-0,5 и 0,5-0,25 мм, но в соответствии и тем, что весовая величина в формировании агрономически ценной структуры для данных фракций невысока (5 и 3), то и индекс агрегированности на пашне ниже.

Средний уровень варьирования индекса агрегированности установлен на северном склоне на пашне, в лесополосе водораздела и в почве луга ($V=12-19\%$). Значимый уровень варьирования был выявлен на пашне южного склона ($V=22\%$). Независимо от года исследования отмечена высокая и весьма высокая корреляционная связь органического углерода с индексом агрегированности ($r=0,79-0,96$).

Средневзвешенный диаметр водоустойчивых агрегатов снижался в ряду: луг (1,71-3,19 мм) → лесополоса (0,43-3,96 мм) → пашня (0,41-2,02 мм) (рис. 5).

Отмечаются значимый уровень варьирования средневзвешенного диаметра водоустойчивых агрегатов в почве пашни, независимо от местоположения в рельефе ($V=27-88\%$), и под лесополосой на водораздельном плато и северном склоне ($V=58-33\%$), а также средний уровень варьирования в почве луга на северном склоне ($V=14\%$).

Корреляционная связь органического углерода со средневзвешенным диаметром водоустойчивых агрегатов в 1998 г. была заметной ($r=0,69$), а в 2008 и 2018 г. – умеренной ($r=0,35-0,48$).

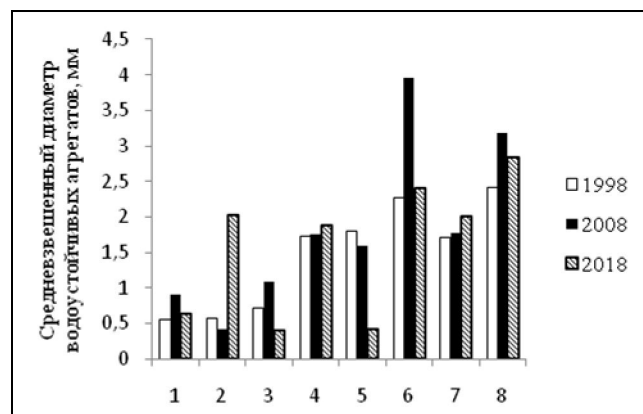


Рис. 5. Средневзвешенный диаметр водоустойчивых агрегатов в черноземе типичном под различными угодьями

Заключение. Анализ взаимосвязи органического углерода и структурного состояния чернозема типичного за длительный период под различными угодьями позволяет сделать следующие выводы:

1. Содержание $C_{орг.}$ в черноземе типичном за 20-летний период на пашне снижается в среднем на 0,47-0,82%, а на лугу возрастает на 0,79-1,76%. Содержание $C_{орг.}$ в почве под лесополосой за последние 10 лет стабилизировалось и поддерживалось на одном уровне.

2. Степень агрегированности почвы зависит от вида угодья. Содержание агрегатов агрономически ценного диапазона 10-0,25 мм максимально для почв под лугом и лесополосой (94-71% от массы почвы) и несколько меньше под пашней (81-65%, от массы почвы).

3. Избыточно высокой водоустойчивостью характеризуется почва под лугом на северном склоне (77-83%). Почва под лугом на южном склоне, а также, независимо от местоположения в рельефе, под лесополосой обладает отличной водоустойчивостью (64-73%), хорошая водоустойчивость (41-60%) характерна для пахотных почв.

4. За 20-летний период исследований установлена умеренная, заметная, высокая и весьма высокая прямая корреляционная связь органического углерода с показателями структурного состояния почвы, независимо от изучаемых угодий.

Литература

1. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
2. Воронин, А.Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.
3. Dobrzanski, B. Soil aggregation and water stability index / B. Dobrzanski, Whkowska, R. Walczak // Polish J. Soil Sci. – 1975. – №1. – V. VIII. – P. 3–8.

4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
 5. Качинский, Н.А. Физика почв / Н.А. Качинский. – М., 1965. – Ч.1. – 323 с.
 6. Кремлев, А.Г. Математика. Раздел «Статистика» / А.Г. Кремлев. – Екатеринбург: Изд-во УрГЮА, 2001. – 140 с.
 7. Милановский, Е.Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения / Е.Ю. Милановский. – М.: ГЕОС, 2009. – 186 с.

8. Теории и методы физики почв / Под ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского. – М.: Гриф и К, 2007. – 616 с.
 9. Шейн, Е.В. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов / Е.В. Шейн, Е.Ю. Милановский // Почвоведение. – 2003. – №1. – С. 53-61.
 10. Юринская, В.Ф. Особенности микробиологической деятельности в типичных черноземах в зависимости от их смывности, элемента и экспозиции склона / В.Ф. Юринская // Науч. тех. Бюл. ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии «Почвозащитное земледелие». – 1983. – №1(36). – С. 54-60.

CORRELATION BETWEEN ORGANIC CARBON CONTENT AND STRUCTURAL CONDITION IN TYPICAL CHERNOZEM SOIL OF DIFFERENT AGRICULTURAL LANDS

E.V. Dubovik, D.V. Dubovik

Kursk FARC, K. Marx ul, 70b, 305021 Kursk, Russia, e-mail: dubovikdm@yandex.ru

The changing of the content of organic carbon (C_{org}) and structural-aggregate composition of typical chernozem soil of different agricultural lands for 20-year period was studied. The decrease of the C_{org} amount in the soil of the plowland and its decrease in that of the meadow, its stabilization in the soil of the forest shelter belt were found out. The alteration of structural condition and soil water resistance depending on agricultural land was revealed. Moderate, prominent, high and fairly high direct correlation link of organic carbon with the indicators of structural soil condition independent of the studied agricultural lands was established for a long period.

Key words: typical chernozem soil, organic carbon, soil structure, soil water resistance.

УДК 631.452:631.8:631.62:631.445.51:633/635 [470.4]

ПЛОДОРОДИЕ ОРОШАЕМЫХ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СУХОЙ СТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ

В.В. Пронько¹, д.с.-х.н., Н.А. Пронько², д.с.-х.н., д.б.н., О.В. Рухович³, д.б.н., Т.М. Ярошенко⁴, к.с.-х.н., Д.Ю. Журавлев⁴, к.с.-х.н., Н.Ф. Климова⁴, к.с.-х.н.

¹Научно-производственное объединение «Сила жизни»

410005, Саратов, ул. Бол. Садовая, д. 239, E-mail: viktor-pronko@mail.ru

²Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова

410012, Саратов, ул. Советская, 61

³Всероссийский НИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова

127434, Москва, ул. Прянишникова, 31-а

⁴ФГБНУ НИИ сельского хозяйства Юго-Востока

410010, Саратов, ул. Тулайкова, 7, E-mail: zhuravlevd14@yandex.ru

Приведен обзор результатов агрохимических опытов, выполненных в зоне сухих степей Поволжья (Саратовская и Волгоградская обл.) на орошаемых каштановых почвах. Показано, что массовое изучение эффективности удобрений в этих условиях началось в шестидесятые годы прошлого века и продолжается до настоящего времени. Объектами изучения являются зерновые и зернобобовые, кормовые и технические культуры и картофель. В длительных стационарных опытах подробно изучено влияние органических и минеральных удобрений на агрохимические свойства орошаемых каштановых почв и продуктивность севооборотов. Выявлены оптимальные дозы навоза и определена периодичность его внесения в условиях различных севооборотов. Показана высокая эффективность различных форм зеленого удобрения. В многочисленных краткосрочных опытах определены оптимальные виды и дозы удобрений, сроки и способы их внесения, обеспечивающие максимальную продуктивность и улучшение качества урожая в условиях сухой степи. Выявлены особенности действия минеральных удобрений при внутрипочвенном капельном орошении овощных культур. Установлено положительное влияние органических и минеральных удобрений на плодородие и пищевой режим орошаемых каштановых почв.

Ключевые слова: орошение, Поволжье, каштановые почвы, удобрения, зерновые, кормовые, технические и овощные культуры.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.03

Каштановые почвы занимают доминирующее положение в зоне сухих степей Поволжья. Характерными их признаками являются: засоленность, солонцеватость, низкое содержание гумуса, неудовлетворительные агрофизические и водно-физические свойства [1].

В конце 19-го – начале 20-го в. ведущие ученые России, в том числе П.А. Костычев и А.И. Стебут, стали остро поднимать вопрос о необходимости развития орошения в зоне сухих степей Поволжья [2, 3]. Причиной тому послужили сильнейшие засухи, которые на протяжении 19-го в. фиксировались более 20 раз. Наи-