

THE INFLUENCE OF GREEN MANURE PLANTING DEPTH ON OF CROPS PHYTOSANITARY CONDITION AND YIELD

P.N. Balabko, A.E. Sorokin, Yu.N. Sinikh

Lomonosov Moscow State University, GSP-1, Leninskie Gory, 119991 Moscow, Russian Federation

*The article presents the results of long-term studies on the effect of the depth of planting mustard white (*Sinapis alba* L.) on green fertilizer in The Central regions of the Non-Chernozem zone on the phytosanitary condition of crops and the yield of agricultural crops. The positive influence of green manure to reduce weed infestation of crops of agricultural cultures, especially when deep placement in the soil and increase crop yields.*

Keywords: sod-podzolic soil, crop rotation, green manure, crop yield.

УДК 631.31

ПОЧВЕННО-АГРОФИЗИЧЕСКАЯ ПЕСТРОТА МЕЛИОРИРОВАННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ

Ю.И. Митрофанов, к.с.-х.н., О.Н. Анциферова, к.с.-х.н., Н.К. Первушина, ФГБНУ ВНИИМЗ 170530, Тверская обл., п.Эммаусс, д.27. 2016vniimz-noo@list.ru

Представлены материалы о почвенно-ландшафтной пестроте осушаемых земель в условиях конечных моренных гряд северо-западной части Нечерноземной зоны. Ведущими факторами, дифференцирующими почвенный покров, являются литологическая неоднородность почвообразующих пород и степень гидроморфизма почвенного профиля. Установлено, что пространственная изменчивость физических свойств почв тесно связана с их водным режимом, местоположением в агроландшафте, уровнем гидроморфизма, содержанием органического вещества и др. По результатам наблюдений были определены наиболее существенные различия разнооглеенных почв по физическим и агрохимическим параметрам почвенного плодородия, гидрологическому режиму, срокам и условиям проведения полевых работ, по плотности сложения почвы, общей пористости, влагоемкости, водоотдаче, пористости устойчивой аэрации и др. Нижний предел оптимальных значений плотности сложения пахотного слоя изменялся в пределах одного урочища агроландшафта в зависимости от почвы и степени гидроморфизма ее профиля. Наиболее проблемной и сложной является почвенно-мелиоративная группа с осушаемыми глеевыми почвами, которые характеризуются наиболее низкими коэффициентами аэрации, индексами физического состояния и продуктивностью растений. Дифференцированное использование осушаемых территорий, контрастных по агрофизическим свойствам, позволяет решать задачи по воспроизводству эффективного плодородия почв.

Ключевые слова: осушаемые земли, почвенный покров, агрофизические свойства, дифференциация, водно-воздушный режим, урожайность.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.13

Агрофизические свойства почв и связанные с ними водный, воздушный и тепловой режимы относятся к ведущим факторам плодородия почв и жизнеобеспечения растений. Их оптимизация необходима для реализации адаптивного потенциала сельскохозяйственных культур, повышения эффективности дренажа, агрохимических, мелиоративных и других мероприятий, улучшающих плодородие почв. Оптимальные параметры физических условий произрастания культур устанавливают по степени их соответствия биологическим требованиям конкретных растений. К существенным критериям, характеризующим физическое состояние почвы, относится плотность её сложения (объемная масса), являющаяся важным регулятором воздушного и питательного режимов почвы, фактором, определяющим уровень эффективного плодородия, условия роста и развития культур [1, 2, 6, 9, 11]. Растения негативно реагируют как на рыхлое, так и на избыточно плотное сложение почвы. Негативное влияние переуплотнения почвы на продуктивность растений связано с создающимися неблагоприятными условиями для формирования корневой системы, подавлением биологических процессов, ухудшением питательного и воздушного режимов почвы, с более быстрым проявлением антагонизма между водой и воздухом в условиях повышенного увлажнения.

Цель исследований – показать почвенно-агрофизическую пестроту мелиорированных агроландшафтов Нечерноземной зоны и влияние агрофизических условий на формирование эффективного плодородия в переувлажняемых почвах.

Методика. Исследования проводили на экспериментальном участке ВНИИМЗ, расположенном на конечноморенной гряде в Тверской области. Было проведено почвенное обследование участка с использованием ландшафтного, почвенно-ландшафтного и геоботанического (биоиндикационного) методов и создана подробная почвенная карта, отражающая его почвенно-ландшафтную дифференциацию.

В отношении почвообразующих пород объект исследований является типичным для северо-западной части НЗ РФ. Преобладающими почвообразующими породами служат переотложенная (перемытая) морена и флювиогляциальные отложения. Глубина залегания водупора варьирует от 25-30 до 100-120 см. По литологической пестроте на участке было выделено шесть типов строения профиля, маломощные двучлены в структуре почвенного покрова занимают около 60 %, покровные и моренные суглинки – 20-30 и среднемощные двучлены – до 10%. Общей закономерностью динамики литологического профиля участка являются увеличение мощ-

ности облегченного плаща покровных суглинков и прослойки флювиогляциальных песков и супесей в верхней части склона и постепенное приближение моренного водоупора к дневной поверхности по мере продвижения вниз по склону. По степени гидроморфизма участок был разделен на четыре части, представляющие разные почвенные образования: дерново-подзолистые неоглеенные, дерново-подзолистые слабооглеенные, дерново-подзолистые глееватые, дерново-подзолистые глеевые. Выделенные почвенные разновидности сгруппированы в три почвенно-мелиоративные группы, представляющие собой производственно значимые агроэкологически однотипные территории (АОТ) по состоянию водного режима и условиям ведения земледелия.

К первой почвенно-мелиоративной группе отнесены пятнистости болотно-подзолистых глеевых почв. Эти почвы приурочены к западинам, пологим ложбинам, межхолмным понижениям. В их водном питании кроме атмосферных осадков большую роль играют склоновые воды. До 30% площади занимают глееватые разновидности. Во второй группе господствуют мозаиковариации и мозаико-пятнистости с преобладанием дерново-подзолистых глееватых легкосуглинистых почв, 20% площади занимают глеевые, до 30% – поверхностно-оглеенные (слабооглеенные) почвы и располагаются в средней части склона. В третьей группе – дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные, сопутствуют глееватые (5-10%) и неоглеенные (до 20%) дерново-подзолистые почвы. В структуре почвенного покрова почвы первой группы занимают 20,9% площади опытного участка, второй группы – 39,6 и третьей группы – 39,7%, в том числе легкосуглинистые почвы на маломощном двучлене – 31,1% и супесчаные на среднемощном – 8,6%. В схему опыта включены участки с автоморфными и переувлажняемыми глееватыми почвами. В каждой группе был введен плодосменный севооборот с выращиванием культур по одним и тем же технологическим схемам.

Для выявления роли агрофизического фактора в формировании плодородия осушаемых почв были использованы критерии, которые на переувлажняемых почвах имеют прямолинейную связь с урожаем культур: общая пористость, пористость устойчивой аэрации, влажность почвы (в % НВ) в среднем за вегетацию, средневегетационные коэффициенты аэрации, характеризующие параметры водно-воздушного режима (табл. 1) [9].

1. Взаимосвязь индивидуальных индексов физического состояния (ИФС) разнооглеенных почв с урожайностью ячменя

Критерии оценки физического состояния почвы	Почва и параметры ИФС				Коэф. корреляции ИФС с урожайностью ячменя
	автоморфная	осушаемая			
		слабоогленная	глееватая	глеевая	
Общая пористость, %	0,99	1,00	0,98	0,93	0,84
Пористость устойчивой аэрации, %	1,15	1,12	0,90	0,36	0,92
Коэффициент аэрации	1,38	1,07	0,84	0,62	0,99
Наименьшая влагоемкость, % от массы почвы	0,84	0,90	0,95	1,07	-0,99

Использование критериев, отражающих состояние порового пространства, связано с тем, что последнее

определяет все их основные функциональные свойства: водопроницаемость, влагоемкость, водоудерживающую способность, аэрированность, процессы накопления, трансформации и расходования почвенных ресурсов жизнеобеспечения растений.

В качестве комплексных критериев были рассчитаны индексы физического состояния почв в виде среднеарифметических и среднегеометрических из частных оценок [10]. Для оценки агрохимических свойств почв принимали во внимание данные о содержании гумуса, минерального азота, доступного фосфора, обменного калия, показатели кислотно-основных свойств почвы. В качестве комплексного критерия оценки и контроля агрохимических свойств почвы был использован индекс агрохимической окультуренности почвы – модель среднего арифметического частных относительных индексов основных показателей окультуренности почвы (содержание гумуса, обменного калия, доступного фосфора, $pH_{\text{сол}}$) [3]. Исследования проводили в вариантах с расчетными параметрами дренажа: расстояние между дренами 20 м, глубина заложения дрен 0,9-1,2 м. Агрофизические и агрохимические свойства разнооглеенных почв изучали с применением общепринятых методик.

Результаты и их обсуждение. Дана комплексная агро-мелиоративная оценка, определены наиболее существенные различия по физическим и агрохимическим параметрам почвенного плодородия, гидрологическому режиму, срокам и условиям проведения полевых работ [4]. УГВ по вариантам опыта в период проведения весенних полевых работ изменялся от 48 до 98 см.

Установлено, что изменчивость физических свойств осушаемых почв тесно связана с их местоположением в агроландшафте, уровнем гидроморфизма, содержанием органического вещества и др. (табл. 2).

2. Параметры физических и водных свойств разных почв (данные полевых наблюдений)

Показатель	Почва				неосушаемая глееватая
	автоморфная	огленная	глееватая	глеевая	
Удельная масса, г/см ³	2,63	2,61	2,59	2,56	2,60
Объемная масса, г/см ³	1,33	1,31	1,33	1,37	1,41
Общая пористость, % от объема	49,5	49,8	49,0	46,5	45,8
Наименьшая влагоемкость (НВ), % от объема	31,2	33,0	35,5	41,1	33,5
Влажность физической спелости почвы (ФСП), % от объема	25,7	27,2	29,1	31,8	27,2
Водоотдача, % от объема	18,3	16,8	13,5	5,4	12,3
НВ – ФСП, % от объема	5,5	5,8	6,4	9,3	6,3

Сопоставление параметров оптимальной и критической плотности показало, что разнооглеенные почвы существенно различаются по агрофизическим условиям произрастания растений. Нижний предел оптимальных значений для зерновых культур в зависимости от степени гидроморфизма почвы в пределах одного урочища в агроландшафте был 1,04-1,28 г/см³, а верхний – 1,17-1,41 г/см³. Наиболее проблемной и сложной была почвенно-мелиоративная группа с осушаемыми глеевыми почвами. Они обладают наиболее низкой пористостью, высокой наименьшей влагоемкостью и низкой водоотдачей. Различия между почвами колебались по запасам

влаги в пахотном слое при наименьшей влагоемкости – от 62,4 до 78,6 мм, по средневегетационному количеству влаги (% НВ, в среднем за 3 года, разных по количеству осадков) – от 73 до 101%. Почвы существенно различаются по пористости устойчивой аэрации (пористость почвы при НВ). В автоморфной и осушаемой слабооглеенной почвах она выше, чем в глееватой и глеевой. Наиболее низкий показатель у глеевой почвы указывает на ее природную предрасположенность к переувлажнению и недостаточный уровень аэрации при повышенном увлажнении. Наблюдения на разных почвах в избыточно влажные годы показали, что в автоморфных почвах пористость аэрации не опускалась ниже 15% от объема почвы, на неосушаемой глееватой, другом крайнем почвенном варианте по состоянию водно-воздушного режима, она не поднималась выше 10%. Осушаемые почвы занимали промежуточное положение.

Для оценки пестроты почвенного покрова по степени отрегулированности водно-воздушного режима использовали коэффициент аэрации (K_a), определяемый по соотношению в почве воды и воздуха, и показывающий сколько единиц объема воздуха приходится на единицу объема воды. По обобщенным данным, ячмень наиболее высокую урожайность формирует при K_a пахотного слоя 0,72–0,95 (в среднем за апрель – август). При более низких показателях K_a урожайность ячменя снижается из-за недостаточной аэрации корнеобитаемого слоя почвы (особенно при K_a ниже 0,46), при более высоких – из-за недостатка влаги. В среднем за три года K_a пахотного слоя автоморфной почвы составил 1,16, осушаемой слабооглеенной – 0,88, глееватой – 0,75, глеевой – 0,52, неосушаемой глееватой – 0,34. Урожайность ячменя в целом соответствовала динамике изменений K_a и по почвам составила, соответственно, 3,54; 3,73; 3,43; 3,00 и 1,43 т/га.

Агрофизическая контрастность почв подтверждается расчетами комплексных показателей их агрофизического состояния и продуктивностью культур. Наиболее высокий ИФС (среднеарифметическое индивидуальных индексов) был у автоморфной и слабооглеенной осушаемой почв – 0,71, у осушаемой глееватой – 0,58 и осушаемой глеевой почвы – 0,36. Урожайность зерновых культур и картофеля находилась в прямой связи с ИФС – при изменении индекса с 0,36 до 0,71 урожайность ячменя, в среднем за 9 лет, увеличилась на 1,01 т/га, овса – на 0,81, картофеля – на 7,3 т/га. Во влажные годы изменения были значительнее – соответственно, 2,50; 2,12; 11,5 т/га. В засушливые годы связь не просматривалась. Коэффициент пространственной вариативности урожайности ячменя на осушаемых землях составил в среднем за 9 лет 18,2%, в том числе в засушливые годы – 13,9, в избыточно-влажные – 34,9%.

Анализ агрофизических факторов, вызывающих пространственную и временную изменчивость продуктивности агроландшафта и лимитирующих урожайность культур, показал, что в условиях отрегулированного питательного режима на автоморфной почве основным фактором, ограничивающим величину урожая, является дефицит влаги. На осушаемой глеевой и неосушаемой глееватой почвах отмечен недостаточный уровень аэрации пахотного слоя. На автоморфном участке наиболее высокий урожай ячменя (4,86 т/га) получен во влажные годы, а наименьший (3,17 т/га) – в засушливые. На глеевой почве наиболее высокий урожай ячме-

ня (4,23 т/га) был в засушливом году с ГТК по Селянину за май – июнь 0,96, а наименьший – в избыточно влажном с ГТК 2,07. Глееватые и слабооглеенные почвы занимали промежуточное положение – первые были ближе к глеевым, а вторые – к автоморфным. Уровень контрастности у осушаемых почв во влажные годы составил 1,82 т/га (56,5%).

В полевой обстановке почвенно-агрофизическая пестрота визуально проявлялась в неравномерности просыхания почвы весной, в сроках и качестве проведения полевых работ, в адаптивной реакции растений-индикаторов на ухудшающиеся агрофизические показатели, в условиях уборки урожая и др. В варианте с преобладанием глеевых почв полевые работы весной начинали на 5 дней позже, чем на глееватых почвах и на 10 дней – по сравнению со слабооглеенными. Технологические участки с такой контрастностью сроков наступления физической спелости почвы весной в полевых севооборотах нуждаются в самостоятельном режиме обработки и использования.

Существенная дифференциация почвенного покрова наблюдается по агрохимическим критериям, прежде всего по содержанию гумуса и обменного калия [8]. По содержанию и массе гумуса в пахотном слое почвы различались почти в 3 раза, в том числе осушаемые – в 2 раза. Установлено, что пространственная изменчивость агрохимических свойств почв определяется пространственной динамикой водного режима. Урожайность ячменя, культуры требовательной к почвенному плодородию, не коррелировала ни с содержанием гумуса, ни с результатами бонитировки, ни с индексами агрохимической окультуренности почв. Наиболее высокий урожай этой культуры на автоморфной почве с наиболее низким содержанием гумуса, наименьшими баллом бонитета и индексом агрохимической окультуренности, а наиболее низкий (среди осушаемых вариантов) – на участке с осушаемой глеевой почвой, имеющей высокое содержание гумуса, лучший балл бонитета и индекс окультуренности по агрохимическим свойствам. Это указывает на то, что различия в урожайности ячменя обусловлены влиянием прежде всего агрофизических факторов почвенного плодородия. Поэтому в решении проблемы повышения эффективного плодородия переувлажняемых почв, в отличие от автоморфных, первоочередное значение имеют мероприятия по устранению избыточного увлажнения и оптимизации водно-воздушного режима. На дренированных землях большую роль играют специальные приемы обработки почвы, особенно глубокое мелиоративное рыхление (МР) [7]. В опытах на глееватой почве ИФС под влиянием МР увеличился более чем в 2 раза (до 0,86), почва из группы среднеокультуренных по физическим критериям перешла в группу хорошо окультуренных. Выявлено, что при правильном МР происходят определенная гомогенизация почвенного покрова, выравнивание дренированных земель по продуктивности и сближение их по этому показателю с автоморфными почвами. Под влиянием МР глееватая почва по продуктивности ячменя выходила на уровень слабооглеенной, а глеевая – на уровень глееватой. Высокая эффективность МР отмечается как во влажные, так и в засушливые годы. Свое влияние на агрофизические свойства почв и урожайность культур севооборота мелиоративное полосное рыхление сохраняет в течение 2–3 лет и более.

При возделывании яровых зерновых культур эффективным приемом регулирования водно-воздушного режима в системе зяблевой подготовки почвы является профилирование поверхности почвы [5]. Под влиянием гребнистой вспашки комплексный индекс физической окультуренности на глееватой почве увеличился на 33,3% и составил 0,80. Гребнистая вспашка существенно уменьшала контрастность почв по продуктивности культур. При обычной вспашке разница в урожайности ячменя между крайними почвенными вариантами составила 1,52 т/га, на фоне гребнистой вспашки – 0,37-0,58 т/га. Под влиянием гребнистой вспашки прибавки урожая изменялись от нуля на слабооглеенной супесчаной почве до 0,72-1,64 (в среднем 1,12 т/га) на легкосуглинистых глеевых почвах.

Выводы. Установлено, что основными факторами, дифференцирующими почвенный покров осушаемых земель, являются литологическая неоднородность почвообразующих пород и степень гидроморфизма почвенного профиля. Формируемая под влиянием водного режима, физических и водно-физических свойств почвенно-агрофизическая пестрота агроландшафтов проявляется в плотности сложения почв, пористости, воздушном режиме, агрохимических свойствах, продуктивности растений, пространственной дифференциации плодородия на уровне элементарных структур почвенного покрова. Ведущим комплексным показателем выделения элементарных почвенных ареалов и проведения генерализации почвенного покрова с формированием агроэкологически однотипных территорий (АОТ) на осушаемых землях является степень проявления гидроморфизма в почвенном профиле. На осушаемых землях основной метод формирования АОТ – почвенно-ландшафтный, его целесообразно применять в комплексе с агрофизическим (по срокам наступления физической спелости почвы весной) и биоиндикационным методами. Агрофизический метод необходим для идентификации реальных структур почвенного покрова в полевых условиях, установления производственно-значимых границ АОТ на местности по состоянию водного режима, выявления пространственно-временных изменений в водном режиме почв под воздействием

осушения, физического износа мелиоративных систем, агромелиоративных приемов и других факторов. На осушаемых глеевых и глееватых почвах агромелиоративные и агротехнические приемы должны быть направлены на оптимизацию водного режима, а на осушаемых землях – на улучшение влагообеспеченности растений.

Литература

1. Ковалев Н.Г. и др. Научно обоснованные критерии оценки эффективного плодородия осушаемых земель. – Тверь: Тв.печатник, 2014. – 41 с.
2. Кузнецова И.В. Об оптимальной плотности почв // Почвоведение. – 1990. – №5.
3. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.
4. Митрофанов Ю.И., Бондарь В.И. Гидрологический режим и плодородие минеральных осушенных почв на двухчленных отложениях. В сб. научных трудов ВНИИМЗ «Комплексное окультуривание и сельскохозяйственное использование мелиорированных земель». – Калинин, 1988.
5. Митрофанов Ю.И. Гребнистая обработка почвы под зернофуражные культуры // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 4. – С. 14-17.
6. Митрофанов Ю.И., Петрова Л.И., Анциферова О.Н. Особенности регулирования плодородия переувлажненных почв // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – №5. – С. 35-39.
7. Митрофанов Ю.И., Анциферова О.Н., Пугачева Л.В. Динамика плотности сложения осушаемой почвы при её мелиоративном рыхлении // Агрофизика. – 2016. – №4. – С. 1-8.
8. Митрофанов Ю.И., Анциферова О.Н., Пугачева Л.В., Лапушкина В.Н. Почвенно-агрохимическая пестрота мелиорированных агроландшафтов в Нечерноземной зоне // Плодородие. – 2017. – №5. – С. 31-35.
9. Митрофанов Ю.И. Агрофизические основы повышения продуктивности осушаемых почв: Монография. Изд-во: LAP Lambert Academic Publishing. – Германия, 2017. – 196 с. ISBN: 978-3-330-34489-1.
10. Моисеев К.Г. К оценке физического состояния дерново-подзолистых почв // Агрофизика. – 2011. – №1. – С. 38-43.
11. Нерпин С.В., Судаков А.В. Оптимизация физического состояния почв // Земледелие. – 1985. – №1. – С.5-9.

SOIL-AGROPHYSICAL DIVERSITY OF RECLAIMED AGROLANDSCAPES IN THE NON-CHERNOZEM ZONE

Yu.I. Mitrofanov, O.N. Antsiferova, N.K. Pervushina

*All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, 170530 Emmaus settlement 27, Russia,
e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru*

The article presents materials on the soil-landscape diversity of the land under cultivation in the conditions of the end of moraine ridges of the northwestern part of the Non-Chernozem zone. The leading factors differentiating the soil cover are the lithological heterogeneity of the soil-forming rocks and the degree of hydromorphism of the soil profile. It was established that the spatial variability of the physical properties of soils is closely related to their water regime, location in the agrolandscape, the level of hydromorphism, the content of organic matter, etc. According to the results of regime observations, the most significant differences of differently-gleyed soils were determined according to the physical and agrochemical parameters of soil fertility, the hydrological regime, terms and conditions of the field work, the density of soil composition, total porosity, moisture capacity, water loss, porosity of stable aeration, etc. The lower limit of the optimum density of the addition of the arable layer varied within the same tract of the agrolandscape, depending on the soil and the degree of hydromorphism of its profile, for grain crops from 1.04 to 1.28 g/cm³, and the upper one from 1.17 to 1.41 g/cm³. The most problematic and complex is a soil-reclamation group with drained gley soils. They are characterized by the lowest aeration rates, physical condition indices and plant productivity. Differential use of drained areas, contrasting in agrophysical properties, allows us to purposefully solve problems of reproducing effective soil fertility.

Keywords: drained land, soil cover, agrophysical properties, differentiation, water-air regime, yield.