

Д.А. Иванов, член-корреспондент РАН, профессор
М.В. Рублюк, кандидат сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель
РФ, 170530, Тверская обл., п. Эммаусс, 27
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

УДК: 631.5; 631.6; 911.2

DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/26-29

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПОД РАЗНОВОЗРАСТНЫМИ ТРАВСТОЯМИ В ПРЕДЕЛАХ МЕЛИОРИРОВАННОГО АГРОЛАНДШАФТА

В работе приведены результаты многолетнего мониторинга водно-физических свойств почв мелиорированного агроландшафта конечно-моренной гряды, типичной для условий Нечерноземной зоны России. Исследования проводились с 1997 по 2014 годы на специальном агроэкологическом полигоне, включающем в себя все основные микропозиции моренного холма. В регулярных точках опробования определяли плотность и влажность почв под разновозрастными травостоями, а также рассчитывали их пористость и пористость аэрации. Результаты наблюдений обрабатывали методом трехфакторного дисперсионного анализа. Выявлено, что травосеяние — эффективный прием регуляции водно-воздушных свойств почв агроландшафта. Около 43% пространственной вариабельности показателей водно-физических свойств почв агроландшафта моренного холма обусловлены особенностями произрастающих в его пределах травостоев. По мере старения травостоев возрастает плотность почвы, вследствие достижения ею равновесных значений, увеличивается влажность в результате снижения интенсивности эвапорации, снижаются значения пористости и пористости аэрации, однако, влияние трав на физические свойства усиливается. Молодые травостои (1 и 2 годы жизни) определяют треть пространственной вариабельности показателей водно-физических свойств почв полигона, а более старые — половину. Максимальное влияние растительный компонент агроландшафта оказывает на пространственную вариабельность плотности (62,3%) и пористости (51,5%) почв. Пространственная изменчивость других параметров водно-воздушного режима почв в основном зависит от особенностей агроландшафта — растительность определяет 36% вариабельности влажности и 22% изменчивости пористости аэрации. Можно образовать следующий ряд по убыванию степени влияния ландшафтных факторов на пространственную вариабельность водно-физических свойств почв под травостоями: индивидуальные свойства агромикрорландшафтов в пределах конкретных склонов, определяющие около 20% вариабельности их показателей: общие особенности миграции влаги — около 18% изменчивости; совокупное влияние свойств всех структурных элементов агроландшафта — около 10%; экспозиция склонов — около 5%; особенности почв разного гидроморфизма — около 3%; гидроморфизм почв — 0,4%.

Ключевые слова: агроландшафт, мониторинг, дисперсионный анализ, водно-физические свойства почв, травостои.

D.A. Ivanov, Corresponding member of RAS, Professor
M.V. Rublyuk, PhD in Agricultural sciences
All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands
RF, 170530, Tverskaya obl., p. Emmauss, 27
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

HYDROPHYSICAL SOIL FEATURES UNDER MIXED AGE PLANT FORMATION IN RECLAIMED AGROLANDSCAPE

The paper presents the results of long-term monitoring of the water-physical properties of the soils of the reclaimed agrolandscape of the finite-moraine ridge typical of the conditions of the Non-Black Earth Zone of Russia. The studies were conducted from 1997 to 2014 at a special agro-ecological test site, which includes all the main micropositions of the moraine hill. At regular sampling points, the density and humidity of the soil under uneven grass stands were determined, and their porosity and aeration porosity were calculated. The results of the observations were processed by the method of three-factor analysis of variance. It is revealed that grass sowing is an effective method of regulating the water-air properties of the soils of the agrolandscape. About 43% of the spatial variability of indicators of water-physical properties of the soils of the moraine hill agroland are due to the characteristics of grass stands growing within it. As grass stands grow older, soil density increases as it reaches equilibrium values, their moisture increases as a result of a decrease in evaporative intensity, and the porosity and porosity of aeration decrease, but the effect of grasses on the physical properties of the soil increases. Young grass stands (1 and 2 years of life) determine one-third of the spatial variability of indicators of water-physical properties of landfill sites, and the older ones - half. The plant component of the agrolandscape has the maximum effect on spatial variability of density (62.3%) and porosity (51.5%) of soils. The spatial variability of other parameters of the soil water-air regime mainly depends on the peculiarities of the agrolandscape — vegetation determines 36% of the variability of soil moisture and 22% of the variability of aeration porosity. It is possible to form the following series in descending order of the influence of landscape factors on the spatial variability of the water-physical properties of soils under the grounds: individual properties of agromicrolandscapes within specific slopes, determining about 20% of the variability of their indicators; general features of moisture migration in the soil profile - about 18% of variability; the cumulative effect of the properties of all structural elements of the agrolandscape is about 10% of the variability; slope exposure — about 5%; soil specific features of different hydromorphism within specific AML — about 3%; soil hydromorphism — 0.4%.

Key words: agrolandscape, monitoring, analysis of variance, water-physical properties of soil, herbage.

Биологизация современного земледелия приводит к затуханию деградационных процессов в ландшафтах, повышению плодородия почвы и улучшению качества продукции. Благотворное воздействие трав на физические свойства пахотных горизонтов широко известно. [1, 2, 4, 6] однако, влияние ландшафтных

условий в сочетании с особенностями травостоев на плотность, пористость и влажность исследованы недостаточно. Цель работы — исследование процессов образования структуры пространственно-временной вариабельности физических свойств окультуренных почв.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Холм — типичное для Нечерноземья ландшафтно-образованное с плоской вершиной и длинными пологими склонами. Трансформацию физических свойств пахотных горизонтов почвы под воздействием разнообразных травостоев в различных ландшафтных условиях сотрудники ФГБНУ ВНИИМЗ изучали в режиме долговременного мониторинга (1997–2014) состояния почвенного покрова агроэкологического стационара, который расположен на конечно-моренном холме с относительным превышением 15 м. В его пределах выделено четыре типа элементарных геохимических ландшафтов — агромикрорландшафтов (АМЛ). Варианты ландшафтно-полевого опыта: 1 — элювиально-аккумулятивный (Э-А) на вершине, где вместе с нисходящим током воды и питательных веществ происходит их частичная аккумуляция в микропонижениях; 2 — элювиально-транзитные (Э-Т) в пределах пологих верхних частей склонов, здесь наблюдается нисходящий ток веществ и их боковое перемещение; 3 — транзитные (Т) в центральных частях склонов с преобладанием бокового перемещения веществ; 4 — транзитно-аккумулятивные (Т-А) в наиболее пониженных частях стационара, где совмещено латеральное перемещение веществ и частичная их аккумуляция из грунтовых и намывных вод.

Почвообразующие породы в пределах стационара имеют двучленный характер — на южном склоне средняя глубина залегания морены превышает 1 м, на северном — 0,5...0,6 м, а местами выходит на поверхность. Почвенный покров представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых почв разного геологического строения и степени заболоченности. [5, 7]

Исследования проводили на трансекте (профиль), пересекающей все микрорландшафтные позиции холма. Она представляет собой длинное поле, разделенное на семь продольных полос, засеянных культурами зернотравяного севооборота. Физические свойства почвы изучали в полях, занятых: 1 — покровным овсом (*Аргамак*) с подсевом трав (клевер луговой *ВИК 7*, тимopheевка луговая *ВИК 9*); 2 — злакобобовым травостоем 1 г.п.; 3 — злакобобовым травостоем 2 г.п.; 4 — 5-компонентной злакобобовой травосмесью на выводном поле (клевер луговой *ВИК 7*, люцерна синегридная *Вега 87*, райграс пастбищный *ВИК 6*, овсяница луговая *Московская 26*, тимopheевка луговая *ВИК 9*).

Мониторинг состояния физических свойств почвенного покрова проводился в пределах каждого поля в 30 точках опробования, расположенных через 40 м друг от друга. Три раза за вегетацию определяли влажность термовесовым методом и плотность с помощью бура. Во всех точках неоднократно измеряли плотность твердой фазы методом пикнометров. [3, 8] Выявили влажность почв в объемных процентах, общую пористость и пористость аэрации.

Усредненные по годам данные мониторинга физических свойств почвы исследовали методом трехфакторного дисперсионного анализа: фактор А — особенности склонов разной экспозиции (северная и южная), фактор В — особенности микрорландшафтов (АМЛ) в пределах склона, фактор С — гидроморфизм почв (глееватые и глеевые) в пределах конкретных АМЛ. Степень влияния факторов и их сочетаний на физические свойства почв определяли путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую. Исходя из того, что физические

свойства почвы практически полностью зависят от характера ландшафта и растительности, можно обозначить ее роль в их формировании при вычитании из 100% суммы достоверных влияний ландшафтных условий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что плотность пахотных горизонтов закономерно увеличивается по мере старения травостоев. Так, под покровом овса ее среднее значение составляет 1,19 г/см³; под травами 1 г.п. — 1,25; 2 г.п. — 1,26; под 5-компонентной травосмесью — 1,34 г/см³.

Уплотнение почвы объясняется постепенным достижением равновесной плотности при отсутствии механического воздействия. Этот процесс имеет нелинейный характер. В его течении наблюдаются два качественных скачка: первый — при переходе от пахотного угодья в луговое состояние, второй — при кардинальном увеличении возраста травостоя.

На рисунке а (4-я стр. обл.) показаны результаты дисперсионного анализа влияния факторов агропроизводственной и природной среды на плотность гумусовых горизонтов почв под различными травостоями в пределах агроландшафта. Все исследуемые травостой можно разделить на две группы: 1 — молодые (1 и 2 годы пользования), 2 — возрастные (≥ 3 лет).

Плотность почвы под молодыми травостоями на 30...40% определяется особенностями корневой системы растительного сообщества, а под возрастными — она практически полностью зависит от них. Влияние степени гидроморфизма в различных ландшафтных условиях на формирование плотности на выводном поле объясняется процессом приспособления травостоев к особенностям природной среды ландшафта. Можно отметить, что растительное сообщество зрелых травостоев (2 г.п.) — мощный и самодостаточный фактор формирования плотности гумусовых горизонтов почвы. А на ранних и поздних этапах развития агроценоза ландшафтные условия во многом определяют пространственные особенности этой характеристики плодородия.

Под посевами покровной культуры растительный ярус агробиогеоценоза и особенности водного режима местоположений определяют ≈ по 40%-й варируемости плотности почв, а 16% приходится на долю экспозиционного фактора. Под травами 1 г.п. влияние растительного яруса снижается, вследствие отсутствия корневой системы покровной культуры, а воздействие ландшафта растет и становится разнообразнее. На варируемость плотности в разной степени воздействуют все, изучаемые нами, структурные части и компоненты ландшафта. Травы 2 г.п. характеризуются формированием мощной корневой системы как бобовых растений, так и злаков, при этом влияние ландшафтных факторов на пространственную изменчивость плотности почвы становится недостоверным. Старение травостоя в пределах выводного поля сопровождается его приспособлением к увлажнению и заболачиваемости, что способствует заметному проявлению влияния гидроморфизма в различных ландшафтных условиях на плотность.

Данные многолетнего мониторинга влажности почвы показали, что ее среднепогодные значения под покровной культурой равны 19,7 об.%, под травами 1 и 2 г.п. ≈ 20,3 об.%, а на выводном поле — 23,2 об.%. Это объясняется разной транспирацион-

ной способностью растительных покровов, а также особенностями инсоляции и эвапорации поверхности почвы под ними. Максимальная транспирация наблюдается на злакобобовых травостоях 1 и 2 г.п., однако они, наряду с выводным полем, характеризуются наибольшим затемнением и наименьшей проветриваемостью.

Характер растительного покрова овсяного поля определяет менее 40% пространственной вариативности влажности пахотного горизонта. (рис. б, 4-я стр. обл.)

Основные ее черты обусловлены особенностями различных структурных частей агроландшафта вследствие того, что урожайность овса в значительной степени зависит от характера рельефа. [5] Максимальное влияние оказывают особенности водного режима АМЛ различных склонов.

Возраст злакобобовых травостоев в севообороте не оказывает существенного воздействия на структуру факторов, влияющих на пространственную изменчивость влажности почвы в пределах агроландшафта конечно-моренного холма. Характер вариативности влажности под травами 1 и 2 г.п. более чем наполовину определяется особенностями растительного яруса агробиогеноценозов вследствие транспирации им влаги, затенения дневной поверхности почвы и препятствия циркуляции приземного воздуха. Значительное воздействие оказывают и ландшафтные факторы, прежде всего экспозиция склонов и особенности миграции влаги в их разных частях.

Общая пористость почвы во многом зависит от характеристик корневых систем растительности. Вследствие увеличения плотности почв по мере старения травостоя происходит и закономерное снижение их пористости. Средняя по стационару пористость почвы под покровным овсом равна 54%, под травами 1 г.п. — 51,5, 2 г.п. — 50,7, а в пределах водного поля — 48%.

Пористость пахотного горизонта под покровным овсом более чем на 40% зависит от характера растительности, однако решающую роль играют особенности миграции влаги в почвенной толще (рис. в, 4-я стр. обл.).

Под травами 1 г.п., вследствие исчезновения корневой системы овса, растительность определяет только 23% вариативности пористости почвы в агроландшафте — в основном на нее влияют особенности различных структурных частей природного комплекса. Под травами 2 г.п. факторное пространство вариативности во многом приобретает черты такового под покровной культурой. Это можно объяснить развитием злаковых, которые имитируют овес, вследствие чего архитектура ризосферы трав 3 г.п. напоминает структуру корневой системы покровного посева. Под старыми травостоями достоверное влияние ландшафтных условий на пористость почвы не обнаружено, вследствие развития у них мощной и разнообразной корневой системы.

В результате мониторинга пористости аэрации выявлено, что старение травостоев способствует ее снижению. Под покровным овсом ее среднее по стационару значение равно 33,9%, под травами 1 г.п. — 30,9; 2 г.п. — 30,3; под 5-компонентной травосмесью — 24,4%.

Сравнительный анализ рисунков б и г (4-я стр. обл.) выявил, что набор факторов, влияющих на характер пространственной вариативности пористости аэрации почв мелиорированного агроландшафта, во многом зависит от пространственного распределения их влажности. В наибольшей

степени эта закономерность характерна для почвы под покровными посевами. Однако, на пористость аэрации здесь оказывает дополнительное влияние разнообразие гидроморфных обстановок в различных АМЛ. Под травами 1 г.п. на пористость аэрации незначительно воздействует, по сравнению с влажностью, и экспозиция склонов. Развитие злаковых в травостое приводит к тому, что под травами 2 г.п. на пористость аэрации почвы в значительной степени влияет и характер миграции влаги в различных частях ландшафта. Пространственная вариативность пористости аэрации под старыми травостоями только на 15% зависит от характера растительного покрова — в основном, она определяется пространственной изменчивостью ландшафтных условий.

ВЫВОДЫ

Многолетний мониторинг показал, что травосеяние — эффективный прием регуляции водно-воздушных свойств почвы агроландшафта.

По мере старения травостоев возрастает плотность почвы, вследствие достижения ею равновесных значений, увеличивается их влажность в результате снижения интенсивности эвапорации, снижаются значения пористости и пористости аэрации, однако, влияние трав на физические свойства усиливается.

Максимальное влияние растительный компонент агроландшафта оказывает на пространственную вариативность плотности (62,3%) и пористости (51,5%) почвы. Пространственная изменчивость других параметров водно-воздушного режима в основном зависит от особенностей агроландшафта — растительность определяет 36% вариативности влажности и 22% изменчивости пористости аэрации.

Можно образовать следующий ряд по убыванию степени влияния ландшафтных факторов на пространственную вариативность водно-физических свойств почвы под травостоями: индивидуальные свойства АМЛ в пределах конкретных склонов (взаимодействие факторов АВ), определяющие около 20% вариативности показателей; общие особенности миграции влаги в почвенном профиле (фактор В) — около 18% изменчивости; совокупное влияние всех структурных элементов агроландшафта (взаимодействие АВС) — около 10% вариативности; экспозиция склонов (фактор А) — около 5%; особенности почв разного гидроморфизма в пределах конкретных АМЛ (взаимодействие ВС) — около 3%; гидроморфизм почв (фактор С) — 0,4%; совместное влияние гидроморфизма почв и экспозиции склонов (АС) определяет только 0,2% вариативности водно-физических свойств почв.

Новые знания, полученные в ходе исследований, можно применять при разработке мероприятий по оптимизации продукционного процесса культур в пределах агроландшафтов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воронкова, Н.А. Влияние приемов биологизации на запасы продуктивной влаги в почве / Н.А. Воронкова // Земледелие. — 2009. — № 1. — С. 11–12.
2. Гаитов, Т.А. Продуктивность и почвоулучшающая роль многолетних трав в степи Башкирского Предуралья / Т.А. Гаитов // Земледелие. — 2008. — № 8. — С. 16–17.
3. Державин, Л.М. Об учете физических свойств при мониторинге их плодородия / Л.М. Державин // Плодородие. — 2006. — № 1. — С. 6.

4. Егорова, Г.С. Многолетние травы как восстановители почвенного плодородия и основа кормопроизводства / Г.С. Егорова, Л.В. Петрунина // Плодородие. — 2008. — № 6. — С. 38–39.
5. Иванов, Д.А. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (прикладная агрогеография) / Д.А. Иванов, Н.Г. Ковалев // Монография. — Тверь, издатель А.Н. Кондратьев. — 2017. — 310 с.
6. Иванов, Д.А. Влияние агроландшафтных условий на водный режим осушаемых земель Нечернозёмной зоны России / Д.А. Иванов, М.В. Рублюк, О.В. Карасева // Достижения науки и техники АПК. — 2018. — № 8, том 32. — С. 5–8.
7. Митрофанов, Ю.И. Плотность и водно-воздушный режим осушаемых почв определяют их продуктивность // Мелиорация и водное хозяйство. — 2012. — № 2. — С. 16–19.
8. Шеин, Е.В. Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. — Ростов н/Д.: Феникс, 2006. — 400 с.
2. Gaitov, T.A. Produktivnost' i pochvouluchshayushaya rol' mnogoletnix trav v stepi Bashkirskogo Predural'ya / T.A. Gaitov // Zemledelie. — 2008. — № 8. — С. 16–17.
3. Derzhavin, L.M. Ob uchete fizicheskikh svoystv pri monitoringe ix plodorodiya/ L.M. Derzhavin // Plodorodie. — 2006. — № 1. — С. 6.
4. Egorova, G.S. Mnogoletnie travy kak vosstanoviteli pochvennogo plodorodiya i osnova kormoproizvodstva / G.S. Egorova, L.V. Petrunina // Plodorodie. — 2008. — № 6. — С. 38–39.
5. Ivanov, D.A. Landshaftno-meliorativny'e sistemy zemledeliya (prikladnaya agrogeografiya) / D.A. Ivanov, N.G. Kovalev // Monografiya. — Tver', izdatel' A.N. Kondrat'ev. — 2017. — 310 s.
6. Ivanov, D.A. Vliyaniye agrolandshaftny'x uslovij na vodny'j rezhim osushaemy'x zemel' Nечерноzyomnoj zony' Rossii / D.A. Ivanov, M.V. Rublyuk, O.V. Karaseva // Dostizheniya nauki i texniki APK. — 2018. — № 8, tom 32. — С. 5–8.
7. Mitrofanov, Yu.I. Plotnost' i vodno-vozdushny'j rezhim osushaemy'x pochv opredelyayut ix produktivnost' // Melioraciya i vodnoye khozyajstvo. — 2012. — № 2. — С. 16–19.
8. Shein, E.V. Agrofizika/ E.V. Shein, V.M. Goncharov. — Rostov n/D.: Feniks, 2006. — 400 s.

LIST OF SOURCES

1. Voronkova, N.A. Vliyaniye priemov biologizatsii na zapasy produktivnoj vlagi v pochve / N.A. Voronkova // Zemledelie. — 2009. — № 1. — С. 11–12.

В.Т. Синеговская, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ
О.С. Душко

Всероссийский научно-исследовательский институт сои
РФ, 675027, г. Благовещенск, Игнат'евское шоссе, 19
E-mail: amursoja@gmail.com

УДК 581.19:633.852.52:535

DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/29-32

ВЛИЯНИЕ КВАНТОВ СВЕТА НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ГЕРБИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ

Представлены результаты исследований работы фотосистемы II в листьях сои под влиянием гербицидов, используемых в посевах для борьбы с сорной растительностью. От процесса усвоения квантов света, обеспечивающих образование органических веществ в листьях и их отток в семена, зависит биохимический состав последних. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии воздействия гербицидов на содержание белка в семенах. Наибольшее его количество (40,8%) в среднем за 4 года исследований получено в семенах растений контрольного варианта, самым низким (37,5%) этот показатель был при внесении Фронт'ера в почву. Однако на квантовый выход фотосинтеза Фронт'ер не оказал отрицательного воздействия. Отмечено положительное воздействие Пивота, Фабиана и Пульсара через месяц после их применения в фазе образования бобов, у растений этих вариантов опыта показатель квантового выхода фотосинтеза достигал оптимальных значений. Максимальным он был в варианте с применением гербицида Пивот, что указывает на его стимулирующее воздействие в остаточных количествах на поглощение квантов света. При этом увеличение квантового выхода фотосинтеза повысило содержание в семенах аминокислот лейцина, изолейцина и аргинина по сравнению с контролем. Отмечена тенденция к снижению (на 0,01–0,06%) содержания фосфора во всех вариантах с применением гербицидов по сравнению с контролем. Количество калия под влиянием Фронт'ера увеличилось на 0,12% относительно контроля. На другие показатели биохимического состава семян сои гербициды не оказали большого влияния. Не выявлено существенной зависимости биохимического состава семян сои от квантового выхода фотосинтеза, за исключением отдельных показателей содержания аминокислот при использовании Пивота, стимулирующего процесс усвоения солнечной энергии.

Ключевые слова: соя, квантовый выход фотосинтеза, гербициды, белок, биохимический состав, семена

V.T. Sinegovskaya, Academician of RAS, Honored scientist Worker of the Russian Federation
O.S. Dushko

All-Russian Research Institute of Soybean
RF, 675027, g. Blagoveshchensk, Ignat'evskoye shosse, 19
E-mail: amursoja@gmail.com

INFLUENCE OF LIGHT QUANTUM ON SEED BIOCHEMICAL COMPOSITION UNDER HERBICIDE LOAD

The results of research of photosystem II in the soybean leaves under the influence of herbicides used in crops for weed control are presented. The biochemical composition of the latter depends on the process of assimilation of light quanta, ensuring the formation of organic substances in the leaves and their outflow into the seeds. The results indicate the effect of herbicides on the protein content in the seeds.