

### Литература

1. *Плодородие почв России: состояние и возможности* (к 100-летию со дня рождения Тамары Никандровны Кулаковской) / Под ред. ак. РАН В.Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2019. – 240 с.
2. *Высокоэффективные системы использования органических удобрений и возобновляемых биологических ресурсов*. – Владимир: ВНИИОУ, 2012. – 216 с.
3. *Дозы и сроки внесения бесподстилочного навоза* (Методические рекомендации). – М.: ВИУА, 1990. – 23 с.
4. *Внутрипочвенный способ внесения бесподстилочного навоза* / Г.Е. Мерзлая, Н.В. Володарская, Т.Г. Овчинникова, Н.М. Марченко, В.М. Родин. – М.: ВДНХ, 1990. – 9 с.
5. *Новоселов С.И.* Эффективность внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений на ос-

нове свиного навоза. Отходы, причины их образования и перспективы использования. Сб. научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. – С. 550-552.

6. *Тарасов С.И., Мерзлая Г.Е.* Использование бесподстилочного навоза. Приоритетные направления исследований. // *Плодородие*. – 2018. – № 6. – С. 53-56.
7. *Koriat H.* Verfahren zur Aufbereitung und Ausbringung der Gulle und ihr Einsatz in der Pflanzenproduktion // *Monatshefte für Med. Jena*. 1972. 27, S. 247-252.
8. *Lobl F.* Vynziti procesv kompostovani pri spracovani organickych hnojiv s velkochovn svirat // *Ecologicke aspekty vynziti, upravy a zpracovani kejdy*. Kostelec nad Orlici. 1990. S. 24-26.

### AGROECOLOGICAL SUPPORT INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF INTRA-SOIL APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZERS TO INCREASE SOIL FERTILITY, YIELD AND QUALITY OF AGRICULTURAL CROPS

V. G. Sychev<sup>1</sup>, G. E. Merzlaya<sup>1</sup>, R. A. Afanasiev<sup>1</sup>, S. I. Novoselov<sup>2</sup>, A. M. Komelin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434, Moscow, Russia, lab.organic@mail.ru.*

<sup>2</sup>*Mari State University, 424001, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, Russia, serg.novoselov2011@yandex.ru.*

The results of the research are carried out and the agroecological justification of innovative technologies of in-ground application of farm animal manure from cattle and pigs farms with high humidity is given. It is shown that their use of fertilizers when optimizing the application doses improves the conditions of plant nutrition, significantly increases the yield of agricultural crops compared to surface application – by 10-28%, and in relation to the control – by 30-78 %, improves the quality of crop production, contributes to the effective solution of environmental protection issues, reducing the loss of nutrients and contamination of the arable layer of soil and groundwater.

Key words: high-humidity manure of cattle and pigs, technology of in-ground manure application, yield, quality of plant products, environmental protection.

УДК:633.11:631.43

DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.11

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**В.И. Турусов, акад. РАН, Н.В. Дронова, к.с.-х.н., Е.А. Балюнова,  
ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»**

**397463, пос. 2-го участка Института им. Докучаева, к. 5, д. 81,  
Таловский р-н, Воронежская обл., Россия E-mail: niish1c@mail.ru**

Для сохранения и воспроизводства почвенного плодородия важным фактором являются физические свойства и процессы, протекающие в почве. В связи с этим на базе ФГБНУ «Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева» изучали различные приемы биологизации и их влияние на физические свойства почвы. Показано влияние научно обоснованных севооборотов на плотность, твердость, общую пористость и структурно-агрегатный состав почвы в зависимости от фаз развития озимой пшеницы. Установлено, что введение в севооборот эспарцета и сидеральных паров повышало коэффициент структурности последующей культуры на 48-69% и увеличивало содержание структурных агрегатов в пахотном слое до 82,9%, снижало твердость почвы на 7-13%, увеличивало общую пористость до 63,0% и степень аэрации до 62,5%.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, предшественники, севооборот, плотность почвы, твердость, структурно-агрегатное состояние почвы.

Для цитирования: Турусов В.И., Дронова Н.В., Балюнова Е.А. Влияние предшественников на изменение агрофизических свойств почвы в посевах озимой пшеницы// *Плодородие*. – 2021. – №4. – С. 36-39. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.11.

Взаимосвязь агрофизических свойств почвы с почвенным плодородием не подвергается сомнению. В настоящее время из-за ускоренной интенсификации земледелия и увеличения антропогенных нагрузок на почву все острее встает проблема деградации почв, а в связи с этим и задача сохранения и повышения почвенного плодородия [3, 6].

Важнейшими факторами создания условий почвенного плодородия являются физические свойства и процессы, протекающие в почве. Физические свойства обрабатываемых горизонтов почвы, включающие сложение пахотного горизонта и водно-воздушный режим, являются одними из основных определяющих факторов в жизни сельско-

хозяйственных растений. Соотношение воды, воздуха в почве зависит от объема и характера имеющихся пор. Изменить его возможно как проведением механической обработки почвы, так и с помощью биологических особенностей возделываемых культур в севообороте [2, 4].

Научно обоснованный севооборот служит доступным и действенным агротехническим средством восстановления плодородия почвы и оптимизации ее агрофизических свойств. При разработке такого севооборота следует установить определенный порядок чередования сельскохозяйственных культур, который поддерживал бы уровень и направленность агрофизических процессов, способных обеспечить необходимое жизненное пространство и механическую опору живых организмов, обитающих в почве, обуславливая тем самым ее биоценоотические функции.

**Методика.** Исследования проводили в многолетнем стационарном опыте лаборатории эколого-ландшафтных севооборотов ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» с 2014 по 2020 г.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный. Агрохимическая характеристика слоя 0-40 см перед закладкой опыта: содержание гумуса – 6,61%, общего азота – 0,33, фосфора – 0,21, калия – 1,80%, сумма поглощенных оснований – 57,0 мг-экв/100 г почвы,  $pH_{\text{сол}}$  6,58.

Почвенные пробы отбирали в семипольных севооборотах по следующим предшественникам: в зернопаропропашном севообороте – по черному пару, в зернопаропропашном – по сидеральному горчичному пару, в зернопаропропашном – по гороху, в зернопаропропашном – по эспарцету на сидерат, в зерноотравнопропашном – по эспарцету на сено, в зернопаропропашном – по нуту, в зернопаропропашном – по сое, в зернопаропропашном севообороте – в бинарном посеве (озимая пшеница + озимая вика). Исследования проводили по основным фазам развития озимой пшеницы: осеннее кушение, весеннее возобновление вегетации, колошение и созревание в двух несмежных повторениях. Возделывание сельскохозяйственных культур в опыте осуществляли по общепринятым технологиям. Площадь делянки – 168 м<sup>2</sup>. Размещение делянок систематическое.

Исследования проводили согласно существующим методикам, принятым в опытах по общему земледелию и растениеводству, а также в практике лабораторных работ.

Плотность сложения почвы определяли методом взятия почвенных проб с ненарушенным сложением с помощью режущих колец до 40 см через 10 см. Твердость почвы на глубину 25 см – по методике А.Ф. Вадюниной, З.А. Корчагиной. Структурный состав – по Н.И. Саввинову до 40 см через 10 см [1].

**Результаты и их обсуждение.** Исследования показали, что в изучаемых севооборотах плотность сложения верхнего корнеобитаемого слоя (0-40 см) была оптимальной. В основном она варьировала от 0,97 до 1,08 г/см<sup>3</sup>, а в верхнем 0-20 см слое почвы – от 0,92 до 1,02 г/см<sup>3</sup> (табл. 1). С глубиной плотность постепенно увеличивалась, что связано с характером распределения корневой массы растений по горизонтам [5].

Наиболее значительное влияние на плотность почвы оказало введение в севооборот многолетних трав, которые способствовали разуплотнению почвы и большему ее оструктурированию. Значительное снижение объемной массы почвы в посевах озимой пшеницы происходило в

варианте с эспарцетовым сидеральным паром, особенно в верхнем 0-20 см слое почвы, где разница с черным паром доходила до 9,8%.

**1. Стрoение пахoтного слоя почвы в посевах озимой пшеницы**

Предшественник	Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>		Общая порозность, %		Степень аэрации, %		Степень насыщения, %	
		кушение	перед уборкой	кушение	перед уборкой	кушение	перед уборкой	кушение	перед уборкой
Черный пар	0-20	1,02	1,02	61,2	60,9	55,5	58,5	44,6	41,6
	0-40	1,03	1,02	60,7	60,8	53,6	54,9	46,5	45,1
Сидеральный горчичный пар	0-20	0,99	0,98	62,2	62,3	60,7	64,0	39,4	36,1
	0-40	1,01	1,01	61,1	61,3	57,3	59,5	42,7	40,5
Занятый гороховый пар	0-20	0,96	1,00	63,2	61,7	61,3	60,5	38,8	39,6
	0-40	1,00	1,01	61,6	61,1	56,5	57,8	43,6	42,1
Нут	0-20	1,00	1,02	62,6	60,9	59,6	62,8	40,4	37,2
	0-40	1,02	1,05	61,3	60,0	56,7	58,5	43,4	41,6
Соя	0-20	0,96	1,01	63,8	61,4	61,3	61,3	38,7	38,7
	0-40	0,99	1,04	62,7	60,3	58,5	58,1	41,5	41,9
Сидеральный эспарцетовый пар	0-20	0,92	1,03	64,1	60,7	62,3	62,7	37,7	37,4
	0-40	0,96	1,05	63,0	59,1	59,7	58,8	40,3	41,3
Эспарцет на сено	0-20	0,93	1,00	64,1	61,8	59,9	62,1	40,1	37,9
	0-40	0,99	1,03	62,2	60,7	56,2	58,8	43,8	41,2
Горох – оз. пшеница + оз. вика	0-20	0,94	1,03	63,7	60,5	60,2	59,0	39,8	41,0
	0-40	0,97	1,05	62,0	59,8	59,7	57,5	40,3	42,5
НСР <sub>05</sub>	0-20	0,04	0,04	2,6	2,6	3,1	3,0	3,1	3,0
	0-40	0,04	0,04	2,1	2,2	4,2	4,6	4,2	4,5

Данные таблицы 1 свидетельствуют об увеличении плотности почвы в посевах озимой пшеницы к концу вегетации культуры до 1,03 г/см<sup>3</sup> в верхнем пахотном горизонте, что может быть следствием сильного иссушения почвы.

От величины плотности сложения почвы и плотности ее твердой фазы зависят общая пористость и соотношение воды и воздуха в почве. Значениями общей пористости определяются влагоемкость, фильтрационные свойства, водоподъемная способность, аэрация почв. [2].

В течение вегетации озимой пшеницы общая пористость почвы изменялась от 57,5 до 63,8% и характеризовалась как отличная, что свойственно для культурного пахотного слоя. Ее значения закономерно снижались вниз по профилю почвы, что может быть связано с большим содержанием гумуса и лучшей структурой верхних горизонтов, большим воздействием на верхние слои почвы корней растений и землеройных животных, а также меньшим давлением вышележащих слоев.

Введение многолетней травы – эспарцета (независимо от вида пользования) увеличивало общую пористость почвы последующей культуры по всему профилю на 4,5% по сравнению с черным паром, благодаря оставлению после него большого количества корневых остатков.

Наибольшие изменения общей пористости наблюдались в период кушения озимой пшеницы, а к уборке уменьшались, что связано с увеличением плотности почвы к этому периоду. Проведенный анализ подтверждает сильную обратную корреляционную зависимость этих двух показателей ( $r = -0,94$ ). Это свидетельствует о том, что с увеличением плотности почвы общая пористость уменьшается.

Большую информативность, в ряду других показателей, имеют данные пористости аэрации. На долю пор, занятых воздухом, в верхнем 0-20 см слое приходится от 55,5 до 64,0% от объема почвы, что позволяет заключить, что у этих почв очень высокая пористость аэрации. Наименьшее количество пор, заполненных воздухом, отмечалось в посевах озимой пшеницы после черного пара. По остальным предшественникам степень аэрации возрастала до 12% в верхнем 0-20 см слое почвы и до 15% в 0-40 см слое в период кущения. Ко времени уборки озимой пшеницы разница в степени аэрации после черного пара по отношению к остальным предшественникам сглаживалась (составила 9%), что может объясняться самоуплотнением почвы и скудными осадками в этот период.

Более высокая степень насыщения была в посевах озимой пшеницы после черного пара как в период кущения (46,5%), так и перед уборкой озимой пшеницы (45,1%) в слое почвы 0-40 см, что свидетельствует о большем накоплении влаги по пару (на 13 и 10%), чем по другим предшественникам. Не столь существенные изменения происходили с твердостью почвы, которая не выходила за пределы допустимой по всем вариантам опыта и изменялась от 7,8 до 13,1 кг/см<sup>2</sup> (табл. 2). С глубиной и фазами развития растений твердость увеличивалась, достигая наибольших значений в период кошения.

## 2. Твердость почвы под озимой пшеницей в 0-20 см слое, кг/см<sup>2</sup>

Предшественник	Фаза развития			Среднее
	Кущение	Колошение	Созревание	
Черный пар	9,0	13,1	11,7	11,3
Сидеральный горчиный пар	9,3	10,2	10,7	10,0
Занятый гороховый пар	10,7	12,4	10,4	11,1
Нут	10,1	12,4	11,4	11,3
Соя	8,8	12,8	11,6	12,3
Сидеральный эспарцетовый пар	7,8	9,5	12,3	9,8
Эспарцет на сено	8,9	11,8	10,9	10,5
Горох – оз. пшеница + оз. вика	9,0	12,9	11,6	11,1
НСР <sub>05</sub>	1,8	1,6	1,8	1,3

С введением в севооборот эспарцета, наряду с уменьшением плотности почвы, уменьшается и ее твердость. В фазе кущения это снижение достигало 13% относительно черного пара. Изменения твердости почвы после эспарцета на сено не столь заметны, что может быть связано с поступлением меньшего количества биомассы в почву по сравнению с эспарцетом на сидерат.

К фазе восковой спелости озимой пшеницы твердость почвы несколько выравнивалась по всем исследуемым вариантам опыта. Корреляционный анализ данных за этот период показал тесную положительную линейную связь между твердостью почвы и ее плотностью ( $r = 0,85$ ), которая не подтвердилась для фазы кущения.

В среднем за вегетацию озимой пшеницы связь этих двух показателей также установлена ( $r = 0,70$ ), что свидетельствует о положительной роли многолетних трав и сидеральных паров в разуплотнении и оструктурировании почвы. Использование эспарцета и горчиного сидерального пара снизило твердость почвы в посевах озимой пшеницы на 7-13% относительно черного пара.

Наряду с перечисленными показателями существенные изменения происходили в агрегатно-структурном составе. Размещение в севооборотах бобового компонента позволило увеличить коэффициент структурности почвы по сравнению с черным паром на 24-79% (табл. 3).

## 3. Структурно-агрегатный состав почвы под озимой пшеницей

Предшественник	Слой почвы, см	Количество агрегатов при сухом просеивании, (%), размером (мм)			Коэффициент структурности, %
		>10	10-0,25	<0,25	
Черный пар	0-20	25,2	73,1	1,7	2,7
	0-40	23,8	74,6	1,6	2,9
Сидеральный горчиный пар	0-20	18,7	79,4	1,9	3,9
	0-40	18,1	80,3	1,6	4,1
Занятый гороховый пар	0-20	19,2	79,3	1,5	3,8
	0-40	18,9	79,8	1,3	4,0
Нут	0-20	18,9	79,4	1,8	3,8
	0-40	18,6	79,7	1,6	3,9
Соя	0-20	20,7	77,5	1,7	3,5
	0-40	20,0	78,5	1,6	3,6
Сидеральный эспарцетовый пар	0-20	16,7	81,7	1,6	4,5
	0-40	17,4	81,2	1,5	4,3
Эспарцет на сено	0-20	14,4	84,3	1,3	5,3
	0-40	15,7	82,9	1,4	4,9
Горох – оз. пшеница + оз. вика	0-20	14,4	84,1	1,5	5,3
	0-40	14,6	83,9	1,5	5,2
НСР <sub>05</sub>	0-20	4,3	9,7	1,6	
	0-40	4,0	4,1	0,6	

Наибольшие его значения (5,2-5,3%) были в севооборотах с бинарным посевом как в верхнем пахотном горизонте, так и в 0-40 см слое почвы, что может объясняться одновременным воздействием на почву корневой системы не только озимой пшеницы, но и озимой вики. Наравне с ним находилась многолетняя бобовая культура – эспарцет (4,3-5,3%), обладающая мощной, хорошо развитой корневой системой, которая способствовала оптимизации физических свойств почвы, в том числе и такой высокобуферной, как чернозем.

Такой высокий коэффициент структурности после этих предшественников и в бинарном посеве достигался во многом за счет высокого содержания агрономически ценных структурных агрегатов. Количество агрегатов почвы находилось в пределах 81,7-84,3% в верхнем пахотном горизонте и 81,2-83,9% в 0-40 см слое, а доля глыбистой фракции не превышала 17,4%. Во многом это связано с наиболее сильным оструктурирующим влиянием на почву, которое оказывает многолетняя травянистая растительность, формируя сильноразветвленную корневую систему. Благодаря поступлению в почву большого количества органического вещества и корневым выделениям, усиливается микробиологическая активность почвы, в нее поступают продукты трансформации растительных остатков, а также жизнедеятельности и автолиза почвенной биоты. Все это в совокупности способствует существенному улучшению структурного состояния почв.

Остальные зернобобовые предшественники в меньшей степени способствовали оструктурированию почвы в посевах озимой пшеницы, где коэффициент структурности превышал черный пар в среднем на 24-38%. Наибольшие его значения отмечались после гороха (3,8-4,0%). Соя и нут снижали качественную структуру пахотного горизонта до 3,6-3,9%. Такие значения коэффициента могут быть связаны с увеличением в структуре почвенных агрегатов пылеватой фракции и

уменьшением агрономически ценных агрегатов до 78,5%.

Использование сидерального горчичного пара также положительно влияло на формирование качественной структуры почвы в посевах последующей культуры, где коэффициент структурности составил 3,9-4,1%, что находилось на уровне занятого горохового пара.

В почве под озимой пшеницей, идущей после черного пара, происходит уменьшение агрономически ценных агрегатов до 73,1%. Очевидно, здесь, при дефиците свежей остаточной биомассы, микроорганизмы начинают утилизировать не только лабильные, но и более устойчивые гумусовые соединения – главный клеящий компонент при образовании почвенных агрегатов.

**Выводы.** Введение в севооборот эспарцета способствовало разуплотнению и оструктуриванию почвы за счет мощной корневой системы и значительной биомассы, поступающей после него в почву, что также сказывалось и на последующих культурах севооборота. Использование в севообороте эспарцета и сидеральных

паров повышало коэффициент структурности последующей культуры на 48-69% и увеличивало содержание структурных агрегатов в пахотном слое до 82,9%, снижало твердость почвы на 7-13%, увеличивало общую пористость до 63,0 и степень аэрации до 62,5%.

#### Литература

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
2. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С. Экологическое почвоведение и законы экологии: учебное пособие. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ), 2017. – 216 с.
3. Зезюков Н.И., Острецов В.Е. Сохранение и повышение плодородия черноземов. – Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1999. – 312 с.
4. Ревут И.Б. Физика почв. – Ленинград: Колос, 1964. – 319 с.
5. Турусов В.И., Богатых О.А., Дронова Н.В., Балюнова Е.А. Роль пожнивных-корневых остатков в восстановлении плодородия почвы. //Плодородие. – 2020. – №4. – С. 10-12.
6. Федотов В.А., Дедов А.В., Лопырев М.И. Рекомендации по формированию почвенного плодородия при внедрении севооборотов с экологической направленностью. – Воронеж: ВГАУ, 2009. – 59 с.

#### INFLUENCE OF WINTER WHEAT PRECEDERS ON SHIFT IN AGROPHYSICAL SOIL PROPERTIES

*V.I. Turusov, Chief Scientist, Academician of RAS, Doctor of Agricultural Sciences; N.V. Dronova, Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences; E.A. Balunova, Researcher  
Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev 397463, settlement 2 of Institute named after V.V. Dokuchaev, block 5, building 81, Talovsky District, Voronezh Region, E-mail: niish@mail.ru*

*Physical properties and processes in soil are important factors for conservation and reproduction of soil fertility. To reach this aim, the various soil biologization techniques were involved in research that was conducted in FGBSI "Voronezh FASC named after V.V. Dokuchaev". In the article was shown effect of scientifically based crop rotation on density, hardness, general porosity and structural-aggregate composition of soil according winter wheat phase development. It was revealed that the introduction of perennial grasses and green manure fallow into crop rotation increased structural coefficient for the further agricultural crop by 48-69% and increased structural aggregates content in the arable layer to 81.2-82.9%, reduced soil hardness by 7-13%, increased total porosity to 63.0% and degree of aeration up to 62.5%.*

*Key words: winter wheat, preceding crops, crop rotation, soil density, hardness, structural and aggregate state of soil.*

УДК 631.5:631.6:911.2

DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.012

## ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЛАНДШАФТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР

*Д.А. Иванов, д.с.-х.н, О.В. Карасева, к.с.-х.н, М.В. Рублюк, к.с.-х.н.,  
ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»  
119017, Москва, Пыжевский пер., д.7, стр.2,  
e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru, +7(4822) 378-552*

*Изучение влияния почв и рельефа на урожайность травостоев 1- и 2-го годов пользования (г.п.) проводили в 1998-2020 г. на опытном полигоне в Тверской области, расположенном в пределах конечно-моренного холма. Мониторинг урожайности трав осуществлялся на трансекте – поле, пересекающей основные микроландшафтные элементы рельефа и элементарные почвенные комбинации в пределах агроландшафта. Результаты исследований по урожайности обрабатывали корреляционным и многофакторным дисперсионным анализом. Исследования показали, что максимальное влияние на урожайность трав (от 66 до 73 %) оказывает микропестрота комплекса слабо учитываемых факторов природного и антропогенного генезиса. Влияние рельефа и почв на урожайность трав 1-го г.п. практически одинаковое – 18 и 16% соответственно. Урожайность трав 2-го г.п. меньше зависит от рельефа (10%), в то время как доля ее вариабельности, обусловленная почвой, не изменяется вследствие того, что они характеризуются выраженной флуктуацией долей бобовых и злаков, а также более развитой корневой системой. Влияние компонентов ландшафта на продуктивность травостоев носит случайный характер и колеблется от 2 до 33 %. В условиях конечно-моренных гряд выделение в ландшафте элементарных агроареалов (ЭАА) на основе почвенных или рельефных карт затруднительно. Здесь необходимо руководствоваться знаниями о характере адаптивных реакций растений на совокупность большого количества факторов разного генезиса в различных агроклиматических условиях и выделять их агроэкологически однотипные территории (АОТ) – ареалы с одинаковыми адаптивными реакциями растений на ландшафтные условия. На основе границ АОТ, устойчивых во времени, рекомендуется определять рубежи полей и угодий. Учет выявленных закономерностей позволит разра-*