

A.A. Utkin¹, N.V. Mukhanov¹, A.Kh. Zamilov²

¹Ivanovo State Agricultural Academy named after D.K. Belyaev, Sovetskaya ul. 45, 153012 Ivanovo, Russia, e-mail: aleut@inbox.ru;

²Organic Around, Kooperativnaya ul. 68b, 357856 Russkoe s., Russia

The use of the humic preparation "Darina" contributed to an increase in the concentration of mobile phosphorus and, especially, exchange potassium, and caused a noticeable increase in the proportion of humic acids relative to fulvic acids in all variants of the experiment. The effect of the drug led to an increase in the mass fraction of powdery and silty fractions of physical clay in the soil, silt and soil-silt mixtures. The drug also caused a slight acidification of the soil, silt and their mixtures, compared with the options without the use of the drug.

The use of the drug for the purpose of zinc inactivation in bottom sediments, soil and their mixtures led to a decrease in the concentration of water-soluble compounds and mobile forms of the metal after each treatment with the drug by the end of the experiment. In comparison with the use of humate, watering the soil, silt and their mixtures with water, in all variants led to an increase in the concentration of water-soluble forms of zinc and a decrease in the concentration of mobile forms of this metal.

The best variants when using the drug, in which the greatest relative inactivation of readily available water-soluble forms of zinc was observed, were variant 5, and mobile forms of metal – variant 7.

Key words: humic preparation, transformation, zinc, soil, sediments, heavy metals, agrochemical properties, inactivation.

УДК: 631.43

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВОСПРОИЗВОДСТВА АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

А.Г. Прудникова, д.с.-х.н., А.Д. Прудников, д.с.-х.н., ФГБОУ «Смоленская ГСХА»

г. Смоленск, ул. Большая Советская, д. 10/2, 214000

e-mail: prudnikov_47@mail.ru

В земледелии воспроизводство агрофизических показателей плодородия почв возможно путем экологизации земледельческих технологий: внедрение севооборотов с многолетними бобовыми травами, природофильная механическая обработка, внесение органических удобрений, возделывание промежуточных культур.

Ключевые слова: севооборот, природофильная обработка, критерий техногенной нагрузки (КТН), агрофизические свойства.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.22

Цели исследований – установить зависимость агрофизических свойств дерново-подзолистых почв, в том числе сопротивления почвы размыву, от видов и доз удобрений, показать изменения агрофизических свойств агроценозов от техногенной нагрузки, определить критерий техногенной нагрузки для дерново-подзолистой почвы.

Методика. Исследования агрофизических свойств дерново-подзолистых почв проведены в длительных стационарных опытах МСХА и ДАОС (1972-1976 гг.) в различных севооборотах в учебных хозяйствах Смоленской ГСХА Коробово и Смоленское, а также в производственных посевах хозяйств Смоленской области (1980-2015 гг.), по методике А.Ф. Вадюниной, З.А. Корчагиной [1]. Статистическую обработку экспериментальных данных и выявление зависимостей между изучаемыми факторами проводили по программе Stadia, а урожайных данных – по методике Б.А. Доспехова [2].

Результаты и их обсуждение. Переход к органическому сельскому хозяйству предусматривает, прежде всего, реконструкцию и перевод на органическую основу такой важной отрасли АПК как земледелие с ее неотъемлемой частью – плодородием почвы.

Агрофизические свойства почвы обуславливают: скорость протекания биогеохимических циклов, активность почвенной биоты, процессы трансформации веществ и энергии в агроценозах, характер развития кор-

невых систем растений, доступность и степень использования элементов питания, формирование подземной и надземной фитомассы и величину урожая [3-5]. Кроме того, велика роль агрофизических свойств, как фактора устойчивости почв и агроценозов, в природных и антропогенных воздействиях [6]. Использование почвы как средства производства приводит к негативным последствиям – дегумификации, переуплотнению, агрофизической деградации, что вызывает необходимость экологизации технологий воспроизводства агрофизических свойств и научного их обоснования.

Экологическая сущность агрофизических свойств обусловлена продукционным процессом и количеством растительных остатков, попадающих в почву. Количество растительных остатков и содержание органического вещества определяют состояние агрофизических свойств на 96% [7].

Определяющим фактором воспроизводства агрофизических показателей плодородия дерново-подзолистых почв являются удобрения. Они влияют на биохимические и биологические процессы, трансформацию органического вещества и, вследствие этого, на агрофизические свойства почвы. Важный фактор оптимизации агрофизических свойств – увеличение активных центров органической и органоминеральной матрицы почвы [4, 5] путем внесения удобрений и поддержания бездефицитного баланса гумуса, что достигается

применением органических удобрений на дерново-подзолистых почвах в дозах не менее 10-12 т/га.

Минеральные удобрения замедляют процессы убыли из почвы гумуса, снижают его потери благодаря поступлению в почву большего количества пожнивных и корневых остатков. Однако баланс его даже при дозах, превышающих вынос NPK урожаями, остается дефицитным [8, 9].

Навоз подстилочный, сухое вещество которого гумифицируется на 19-21%, при внесении в дозах 8-10 т/га компенсирует убыль гумуса из почвы и стабилизирует его запасы.

Больше накапливается гумуса при органоминеральной системе удобрения, чем при минеральной. Объясняется это тем, что при внесении навоза источником гумуса в почве являются органическое вещество навоза и поживно-корневые остатки, а при использовании минеральных удобрений – только пожнивные и корневые остатки.

Важный источник пополнения органического вещества и гумуса в почве – зеленые удобрения. Установлено, что пожнивные сидераты могут оставлять 20-23 ц/га сухого вещества и пополнять запас непрочного закрепленного, так называемого «активного» гумуса, который способен быстро минерализоваться и расходоваться на питание растений.

При самостоятельной сидерации (сидеральный пар)

содержание гумуса в почве может повышаться на 0,02-0,1%, при промежуточной – на 0,02-0,08%. При запашке сидеральных культур на зеленое удобрение в почве значительно возрастает 1-я фракция гуминовых кислот – на 1,5-4,2%, происходит накопление легкоминерализуемых азотсодержащих соединений (аминокислот и гексозаминов) при минерализации растительных остатков зеленых удобрений в течение месяца.

Зависимость агрофизических свойств от видов и доз удобрений изучали на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве опытного поля Смоленской ГСХА в зернопропашном севообороте: 1 – кукуруза на силос; 2 – ячмень; 3 – подсолнечник (силос); 4 – яровая пшеница.

Установлен (табл. 1) рост коэффициента структурности, общей пористости и водопрочности от увеличения доз навоза с 30 до 120 т/га. Плотность почвы снижалась при этом с 1,38 до 1,29 г/см³. Аналогично действовали сидеральные удобрения. Увеличение доз NPK с 60 до 180 кг д.в/га приводило к снижению $K_{стр.}$, общей пористости и водопрочности структуры и повышению плотности.

Анализ зависимости агрофизических свойств от доз удобрений показал наличие прямолинейной зависимости $K_{стр.}$, плотности, пористости и водопрочности структуры от доз навоза и сидератов. Отмечена слабая зависимость водопрочности структуры от доз NPK ($R^2 = 0,342$), у других свойств зависимость не установлена.

1. Зависимость агрофизических свойств дерново-подзолистой почвы от видов и доз удобрений (в среднем за 2000-2004 гг.)

Свойства	Удобрения	Уравнения зависимостей	R	R ²
$K_{стр.}$ (коэффициент структурности)	Навоз, x_1	$Y = 1,38 + 0,011x_1$	$0,985 + 0,017$	0,967
	Сидерат, x_2	$Y = 1,41 + 0,029x_2$	$0,999 + 0,004$	0,999
	NPK, x_3	$Y = 1,68 + 0,00029x_3$	$0,227 + 0,12$	0,051
	Взаимодействие	$Y = 1,555 + 0,0093x_1 + 0,025x_2 + 0,00076x_3$	$0,851 + 0,053$	0,725
Плотность	Навоз, x_1	$Y = 1,38 - 0,00073x_1$	$0,996 + 0,009$	0,992
	Сидерат, x_2	$Y = 1,38 - 0,0199x_2$	$1 + 0,0044$	1,0
	NPK, x_3	Нет зависимости	0	0
	Взаимодействие	$Y = 1,38 + 0,00078x_1 - 0,00237x_2 + 0,00004x_3$	$0,856 + 0,052$	0,733
Пористость	Навоз, x_1	$Y = 47,6 + 0,06x_1$	$0,994 + 0,01$	0,988
	Сидерат, x_2	$Y = 47,6 + 0,16x_2$	$0,956 + 0,057$	0,914
	NPK, x_3	Нет зависимости	0	0
	Взаимодействие	$Y = 47,6 + 0,063x_1 + 0,187x_2 + 0,0036x_3$	$0,891 + 0,045$	0,794
Водопрочность	Навоз, x_1	$Y = 37,04 + 0,116x_1$	$0,864 + 0,05$	0,745
	Сидерат, x_2	$Y = 32,7 + 0,51x_2$	$0,996 + 0,048$	0,993
	NPK, x_3	$Y = 38,8 + 0,0189x_3$	$0,585 + 0,088$	0,342
	Взаимодействие	$Y = 39,15 + 0,1042x_1 + 0,306x_2 + 0,0244x_3$	$0,641 + 0,082$	0,411

Применение органоминеральных удобрений обуславливает состояние $K_{стр.}$ на 72,5%, плотности – на 73,3, пористости – на 79,4, водопрочности структуры – на 41,1%. Это указывает на возможность их применения в меньших дозах для оптимизации агрофизических свойств: навоз₃₀ + (NPK)₆₀ + сидерат₁₀.

Особенно важно применение данной системы удобрения на смытых почвах. Влияние удобрений на сопротивление размыву среднесмытой дерново-подзолистой почвы (в среднем за 1996-2001 гг.) показано ниже.

Увеличение сопротивления размыву почвы почти в 2 раза по сравнению с контролем обусловлено улучшением прочностных характеристик структуры, а именно ее пластической прочности в вариантах с внесением навоза и запашкой сидератов.

Вариант опыта	Сопротивление размыву, Н (Ньютон)
Без удобрений – контроль	9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10
Навоз ₃₀	11
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз ₃₀	12
Навоз ₃₀ + сидерат ₁₀	14
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз ₃₀ + сидерат ₁₀	17
HCP ₀₅	0,65

Наряду с удобрениями в органическом земледелии Нечерноземной зоны важное место должно принадлежать природофильной обработке почвы. Она предусматривает, с одной стороны, создание однородного, окультуренного мощного пахотного слоя, а с другой, – сокращение механического воздействия на почву путем совмещения операций при предпосевной обработке, посеве или посадке культур, а также установление не-

обходимости глубокой вспашки в зависимости от возделываемых культур и засоренности посевов.

Рыхление подпахотного слоя традиционными способами связано с резким увеличением энергетических и трудовых затрат. Разрушение только плужной подошвы требует дополнительно около 45 кг/га топлива, а увеличение глубины вспашки на 1 см приводит к росту энергоёмкости на 5-7%, расходу топлива – до 1 л/га [10].

Слабокультуренные низкоплодородные дерново-подзолистые почвы из-за низкого содержания органического вещества, как правило, переуплотнены, имеют низкую общую пористость – 40-47%, пористость аэрации составляет 6-9% и, вследствие этого, слабую биологическую активность. Поэтому периодическое подпахотное рыхление с внесением органических удобрений и заправкой сидератов играет важную роль в оптимизации агрофизических свойств, биологической активности и улучшении пищевого режима.

Ранее была установлена [11, 12] высокая эффективность полосного подпахотного рыхления под рядками зерновых и пропашных культур путем нарезки узких щелей специальными щелерезами, смонтированными на рамах культиваторов или сеялок. Узкие щели (2,53-4,35 см) длительное время не разрушаются, в них сохраняется большое количество органического вещества после отмирания корневых систем. По мнению авторов, прибавка урожая сельскохозяйственных культур составляет 11-50%, расход топлива сокращается на 12-13% по сравнению с чизелеванием, а дополнительный доход достигает 50 долларов США.

Исследования специальных рабочих органов к сеялке и картофелесажалке, сконструированных в Смоленском сельскохозяйственном институте [13, 14], показали их высокую эффективность в снижении плотности пахотного и подпахотного слоев, твердости почвы, повышении общей пористости и пористости аэрации, а также лучшую влагообеспеченность растений по сравнению с обычным способом посева, что привело к росту урожайности культур севооборота (табл. 2).

2. Влияние локального рыхления на урожайность культур севооборота (в среднем за 1984-1987 гг.)

Способ посева	Горохо-овсяная смесь		Озимая пшеница		Картофель		Ячмень	
	т/га	% к контр.	т/га	% к контр.	т/га	% к контр.	т/га	% к контр.
Обычный	27,1	-	3,57	-	18,2	-	3,1	-
С локальным щелеванием	33,7	24,4	4,13	15,7	20,6	13,2	3,7	19,4
НСР ₀₅ , т/га	1,4		0,16		0,88		0,14	

Прибавка урожая от локального щелевания отмечена на всех культурах севооборота.

Для оценки влияния агроценозов различного состава на агрофизические свойства почвы наиболее подходят длительные опыты МСХА, где с 1912 г. культуры возделывают бессменно и в севообороте, а также опыт «Щапово», в котором изучают влияние степени насыщенности севооборота пропашными культурами на свойства почвы и урожайность культур.

Обобщение результатов по изменению агрофизических свойств в бессменных посевах и плодосменном севообороте, а также в опыте «Щапово» показало, что с внедрением в севообороты многолетних бобовых трав

снижается техногенное воздействие на почву, увеличивается количество растительных остатков, попадающих в почву и, как следствие, улучшаются её агрофизические свойства. С увеличением доли пропашных культур, наоборот, техногенное воздействие на почву возрастает, снижается количество растительных остатков, что ведет к ухудшению агрофизических свойств (табл. 3).

3. Изменение агрофизических свойств дерново-подзолистой почвы при бессменном возделывании культур и в севооборотах разных видов (длительный опыт МСХА и опыт «Щапово»).

Способ возделывания культур	Растительные остатки, т/га сух. в-ва	Критерий техногенной нагрузки (КТН), ГДж/га	Кстр.	Плотность, г/см ³	Пористость	Водопрочность структуры
					%	
Картофель бессменно	1,0	22,24	0,75	1,45	45,3	42,8
Рожь бессменно	2,52	20,81	1,3	1,38	47,9	57,7
Севооборот: 1 - пар чистый; 2 - оз.рожь; 3 - картофель; 4 - ячмень; 5 - клевер	2,97	13,63	1,07	1,48	44,2	52,1
Севооборот I: 1 - оз.пшеница; 2 - картофель; 3 - ячмень; 4 - клевер	2,60	17,06	1,93	1,17	51,2	53,3
Севооборот II: 1 - оз.пшеница; 2 - картофель; 3 - кукуруза; 4 - горох	2,42	18,53	1,76	1,20	50,6	52,7
Севооборот III: 1 - оз.пшеница; 2 - сах.свекла; 3 - картофель; 4 - кукуруза	2,0	20,53	1,57	1,25	50,0	48,9
Севооборот IV: 1 - сах. свекла; 2 - картофель; 3 - кукуруза; 4 - картофель	1,55	21,29	1,41	1,32	48,4	45,0
Люцерна бессменно	5,0	9,57	2,89	1,2	52,8	77,7

Изменение агрофизических свойств почвы в агроценозах от техногенной нагрузки описывается уравнениями:

$$\text{для } K_{стр.}: Y = -7,207 + 0,98КТН - 0,028КТН^2,$$

$$\text{при } R = 0,846 + 0,124,$$

$$\text{плотности: } Y = 3,561 - 0,24КТН + 0,0068КТН^2,$$

$$\text{при } R = 0,877 + 0,111.$$

$$\text{Уравнения: пористости } Y = -33,46 + 9,14КТН - 0,25КТН^2, \text{ при } R = 0,872 + 0,113,$$

$$\text{водопрочности } Y = -213,7 + 31,77КТН - 0,91 КТН^2, \text{ при } R = 0,938 + 0,079.$$

Анализ функциональной зависимости изучаемых свойств от техногенной нагрузки показал, что с увеличением техногенной нагрузки с 13 до 17-18 ГДж/га увеличиваются коэффициент структурности, пористость, водопрочность вследствие крошения, снижается плотность в результате рыхления. Однако при дальнейшем увеличении техногенной нагрузки все агрофизические показатели резко ухудшаются, что связано с распылением структуры и переуплотнением.

Следовательно, техногенную нагрузку 17-18 ГДж/га для дерново-подзолистых почв следует считать критической.

Выводы. В земледелии Нечерноземной зоны производство агрофизических показателей плодородия почв возможно путем экологизации технологий возделывания культур: выращивание сидеральных культур на запашку, внедрение в севообороты многолетних бобовых трав, снижение уплотняющего воздействия обработки с помощью локального рыхления, совмещение операций при предпосевной подготовке почвы. Техногенную нагрузку 17-18 ГДж/га следует считать критической для дерново-подзолистых почв.

Литература

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. - М.: Агропромиздат, 1986. - 416 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985.-351 с.
3. Савич В.И., Байбеков Р.Ф., Банников В.Н. Физические свойства почв как матрица их плодородия// Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям. - М., 2002.-85 с.
4. Зубкова Т.А., Корпачевский Л. О. Матричная организация почв. - М.: Рузаки, 2001.- 296 с.
5. Шеин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика. - М.: Изд-во МГУ, 2006. -194 с.
6. Черников В.А., Милащенко Н.З., Соколов О.А. Устойчивость почв к антропогенному воздействию. Кн.3. - Пушкино, 2001.- 203 с.
7. Кузнецова И.В. Роль органического вещества в образовании водопроходной структуры дерново-подзолистых почв//Почвоведение. - 1994. - № 11. - С.34-41.
8. Лыков А.М. Страж плодородия. - М.: Московский рабочий, 1976. -125 с.
9. Минеев В.Г., Шевцова Л.К. Влияние длительного применения удобрений на гумус почвы и урожай культур//Агрохимия. - 1978. - №7.-С.134-141.
10. Кочетов И.С. Почвозащитные технологии в интенсивном земледелии центрального района Нечерноземной зоны РСФСР/Ресурсосберегающие системы обработки почвы. - М.: Агропромиздат, 1990. - С.162-168.
11. D.L.Anderson, J.G. Hendrick. Subsoil lime injector. Soil Science Soc. of America J. 1983 V47 №2, P.327-329.
12. Fiebig W.W. Minimai draft subsiding your crop growth enhancement.// Soil and crop Science Society of Florida, Proceedings.-1987. V/46.-P. 13-16.
13. Путинцев Е.А., Гордеев А.М., Прудникова А.Г., Шакалов В.А. Приспособления к картофелесажалкам для глубокого рыхления подпахотного слоя/Пути повышения эффективности использования производственного потенциала сельского хозяйства Смоленской области. - Смоленск, 1986. - С.136-137.
14. Тишин Б.М., Белокопытов В.Н., Герасимов В.Н. Приспособление для совмещенного рыхления подпахотного слоя дерново-подзолистых почв /Пути повышения эффективности использования производственного потенциала сельского хозяйства Смоленской области. - Смоленск, 1986. - С.132-135.

ECOLOGIZATION OF TECHNOLOGIES FOR REPRODUCTION OF AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SOILS

A.G. Prudnikova, A.D. Prudnikov

Smolensk State Agricultural Academy, Bolshaya Sovetskaya ul. 10/2, 214000 Smolensk, Russia,
e-mail: prudnikov_47@mail.ru

In farming, the reproduction of agrophysical indicators of soil fertility is possible through the ecologization of agricultural technologies: the introduction of crop rotations with perennial legumes, natural-profile mechanical processing, application of organic fertilizers, and the cultivation of intermediate crops.

Keywords: crop rotation, natural-profile processing, criteria of technogenic load (CTN), agrophysical properties.



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации