УДК 631.452:631.51.021

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

МЕДВЕДЕВ Иван Филиппович, *ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»*
НАЗАРОВ Виктор Алексеевич, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*
ГУБАРЕВ Денис Иванович, *ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»*
ЖОЛИНСКИЙ Николай Михайлович, *ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»*
ДЕРЕВЯГИН Сергей Сергеевич, *ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»*

Представлены результаты исследований по изучению влияния способов основной обработки на агрофизические свойства и содержание элементов питания в почве склоновых агроландшафтов Саратовского Правобережья. Различные способы основной обработки существенно изменяют агрофизические показатели чернозема южного тяжелосуглинистого среднесмытого, такие как плотность сложения, общая пористость, пористость аэрации и структура. Вспашка обеспечивает лучшие агрофизические показатели по структуре и плотности сложения. Применение мелкой плоскорезной обработки ведет к ухудшению агрофизического режима почвы: уплотненному сложению, снижению общей пористости и пористости аэрации. Установлено, что способ размещения пожнивных остатков при основной обработке влияет на направленность агрохимических процессов в пахотном слое почвы, что в итоге отражается на пищевом режиме. По многолетним наблюдениям содержание нитратного азота ранней весной перед посевом культур по плоскорезному рыхлению снижается по сравнению с отвальной вспашкой. Это обусловлено, прежде всего, низкими темпами микробиологической деятельности и иммобилизацией минерального азота растительными остатками в биогенном горизонте. В результате содержание нитратного азота в слое 0–30 см по мелкому и обычному плоскорезному рыхлению уменьшается на 12 и 13 % по сравнению со вспашкой. Кроме того, систематическое оставление стерни на поверхности поля приводит к формированию гетерогенности пахотного слоя. При плоскорезной обработке содержание подвижного фосфора и степень его подвижности были значительно выше, чем при отвальной вспашке. На стерневом фоне наблюдается дифференциация пахотного слоя по содержанию доступного фосфора.

Саратовская область по агроклиматическим условиям относится к зоне рискованного земледелия, где почвенные и воздушные засухи, суховейные явления возникают на различных этапах роста и развития растений. Ее важным отличительным признаком является высокая освоенность значительных площадей склоновых земель (Правобережье Саратовской области), где эрозионные процессы отрицательно сказались на сохранении гумусового горизонта и почвенного покрова в целом, усилили деградационные процессы [7, 8].

Противоэрозионные способы основной обработки почвы склонов изменяют ее агрофизические показатели, оказывают влияние на эффективное плодородие. Противоэрозионные обработки почвы, наряду с локализацией на склонах потерь почвенного плодородия при проявлении эрозионных процессов, регулируют течение элементарных почвообразовательных процессов. Перемешивая наиболее интенсивно используемый пахотный слой с пожнивно-корневыми остатками или оставляя их на поверхности поля, обработки создают различные экологические условия в почве для формирования урожайности возделываемых культур [5]. В черноземной зоне для основной обработки почвы

широко используются отвальная вспашка и плоскорезное рыхление.

Цель наших исследований – определить влияние различных способов основной обработки почвы на изменение ее агрофизических и агрохимических показателей и продуктивность возделываемых культур.

Методика исследований. Почвозащитные приемы основной обработки почвы изучали в стационарном опыте лаборатории защиты почв от эрозии ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» на склоне южной экспозиции крутизной 3–5°. Почва опытного участка – чернозем южный тяжелосуглинистый среднесмытый, мощность гумусового горизонта не превышает 35 см, содержание гумуса в слое 0–30 см – 2,94 %.

Исследования проводили в четырехпольном зернопаровом севообороте под яровой пшеницей. Опыт включал в себя следующие варианты основной обработки почвы: вспашка отвальная на 20–22 см, плоскорезное рыхление на 20–22 см, плоскорезное рыхление на 10–12 см. Делянки в опыте размещали методом рендомизированных блоков. Площадь опытных делянок 1200 м^2. Плотность сложения почвы определяли по слоям 0–10, 10–20, 20–30 см методом режущих колец, путем отбора проб с ненарушенным сложением в трехкратной повторности в фазу кущения яровой пшеницы, общую пористость и пористость аэрации – расчетным методом.

Лабораторный анализ почвы выполняли по методикам согласно ГОСТ 26951–86, ГОСТ 28268–89, ГОСТ 28168–89. Содержание нитратного азота, подвижного фосфора и калия в почве определяли послойно через 10 см до глубины 30 см. Урожай яровой пшеницы учитывали при сплошной уборке комбайном с пересчетом на 100%-ю чистоту и стандартную влажность. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа на персональном компьютере с помощью программ AGROS, Excel.

Результаты исследований. Механическая обработка почвы имеет большое значение в системе мероприятий по созданию условий для реализации ее потенциального плодородия. Основная обработка почвы, изменяя ее агрофизические свойства, определяет интенсивность и направленность биологических процессов, что в последующем отражается на накоплении доступных форм питательных веществ, прежде всего азота.

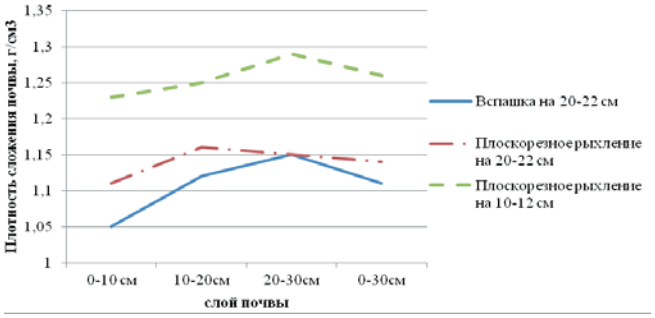
Плотность сложения почвы оказывает большое влияние на ее водный, воздушный, тепловой режимы и продуктивность растений. Отклонение плотности от оптимальных значений в сторону их увеличения или уменьшения ухудшает условия жизни растений и снижает урожайность культуры. Снижение плотности отрицательно сказывается на содержании влаги и элементов питания в единице объема почвы, ухудшается всхожесть семян. Повышение плотности ограничивает рост корней, резко уменьшает доступность влаги и обеспеченность воздухом. При уплотнении почвы до 1,30–1,35 г/см^3 отмечается угнетение растений [6].

Плотность сложения почвы, определенная в период кущения яровой пшеницы, существенно изменялась в зависимости от способа основной обработки и глубины почвенного горизонта ($НСР_{095} = 0,02$). В результате дисперсионного анализа полученных значений плотности сложения слоя почвы 0–30 см установлено, что наименьшая плотность формируется при отвальной вспашке – 1,11 г/см^3 (см. рисунок).

Применение плоскорезного рыхления и уменьшение его глубины приводит к существенному увеличению плотности сложения почвы: плоскорезное рыхление на 20–22 см – 1,14 г/см^3, плоскорезное рыхление на 10–12 см – 1,26 г/см^3. Также плотность сложения почвы достоверно возрастала с увеличением глубины почвенного горизонта на всех вариантах основной обработки ($НСР_{095} = 0,02$).

В целом данные плотности сложения почвы в опыте не выходили за пределы оптимальных значений для развития яровой пшеницы. Однако на варианте с мелким плоскорезным рыхлением этот показатель приближался к критическим значениям.

Существенное влияние способы основной обработки оказали на общую пористость чернозема южного. При отвальной вспашке и плоскорезном рыхлении с глубиной обработки 20–22 см пористость в слое почвы 0–30 см имела наибольшие значения – 55,4 и 53,9 %. Мелкое плоскорезное рыхление



Плотность сложения в зависимости от способа основной обработки

достоверно снижало общую пористость до 49,2 % (табл. 1). С увеличением глубины пахотного горизонта уменьшались значения общей пористости почвы по всем способам основной обработки.

Согласно шкале оценки общей пористости почв, предложенной Н.А. Качинским, пористость слоя 0–30 см при вспашке характеризуется как «отличная», при глубоком плоскорезном рыхлении – «удовлетворительная для пахотного слоя», при мелком плоскорезном рыхлении – «неудовлетворительная для пахотного слоя».

Важной характеристикой пористости почвы является величина ее аэрации, то есть заполнения воздухом, определяемая таким показателем, как пористость аэрации. Для пахотных почв оптимальной является пористость аэрации более 20 %. В проведенных исследованиях способ обработки и глубина горизонта почвы существенно отразились на величине пористости аэрации (табл. 2).

Наибольшие показатели пористости аэрации наблюдались при вспашке. При плоскорезной обработке и мелком плоскорезном рыхлении значения данного показателя существенно уменьшались. Заметно снижалась величина пористости

Таблица 1

Общая пористость почвы в зависимости от способа основной обработки, %

Способ основной обработки почвы	Слой почвы, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
Вспашка на 20–22 см	58,1	54,4	53,7	55,4
Плоскорезное рыхление на 20–22 см	55,6	52,4	53,5	53,9
Плоскорезное рыхление на 10–12 см	50,8	48,9	47,9	49,2
Среднее по обработкам	54,8	51,9	51,7	–
$НСР_{095\ обработка}$	0,91			
$НСР_{095\ слой\ почвы}$	0,91			

Таблица 2

Пористость аэрации почвы в зависимости от способа основной обработки, %

Способ основной обработки почвы	Слой почвы, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
Вспашка на 20–22 см	43,1	35,6	33,3	37,3
Плоскорезное рыхление на 20–22 см	38,3	32,0	32,5	34,3
Плоскорезное рыхление на 10–12 см	32,6	28,7	26,0	29,1
Среднее по обработкам	38,0	32,1	30,6	–
$НСР_{095\ обработка}$	0,99			
$НСР_{095\ слой\ почвы}$	0,99			

аэрации с увеличением глубины горизонта почвы.

Важным фактором, определяющим физическое состояние почвы, в том числе благоприятное сложение и способность длительное время противостоять антропогенному воздействию, является ее оструктуренность. Обобщающей оценкой структурного состояния почвы является коэффициент структурности, то есть отношение макроагрегатов размерами 0,25–10 мм к сумме агрегатов меньше 0,25 мм и комков больше 10 мм. Для большинства почв оптимальным является коэффициент структурности более 2,3.

Результаты, полученные при воздушно-сухом фракционировании почвы, показали, что содержание общего количества агрономически ценных агрегатов от 0,25 до 10 мм в пахотном слое (0–30 см) составило 76,4–76,8 %, без особых различий между вариантами опыта. В распределении структурных отдельностей по профилю почвы заметных изменений от способов основной обработки также не наблюдалось. Оценка структурного состояния почвы показала, что чернозем южный эродированный обладает хорошей способностью к структурообразованию: коэффициент структурности по всем вариантам опыта 3,3–3,4.

Немаловажное значение в накоплении элементов питания в почве имеет размещение стерни и растительных остатков во время основной обработки почвы. Различное распределение пожнивных остатков при разных приемах обработки изменяет отражающую способность поверхности почвы и температурный режим, что в свою очередь сказывается на интенсивности биологических процессов и питательном режиме. Светлая поверхность поля, покрытая при безотвальной обработке на 70–80 % растительными остатками, отражает и излучает в атмосферу солнечной энергии больше, чем темная поверхность вспаханной зяби, почва прогревается медленнее и созревает на 2–4 дня позже. Разница в альбедо по безотвальной обработке и вспашке в ранневесенний период достигает 2–5 %, по температуре – 4...6 °С [1, 2].

Различия в температурном режиме отражаются на микробиологической активности, которая в свою очередь влияет на содержание нитратного азота. В результате по спашке в ранневесенний период содержание нитратного азота в слое почвы 0–30 см составило 6,5 мг/кг. При мелком и обычном плоскорезном рыхлении вследствие слабого прогревания почвы и снижения ее нитрификационной способности содержание нитратного азота уменьшилось на 12 и 13 % по сравнению со вспашкой.

Систематическое оставление стерни на поверхности поля приводит к формированию гетерогенности пахотного слоя (табл. 3). При плоскорезной обработке по сравнению с отвальной вспашкой в слое

Таблица 3

Влияние длительного применения плоскорезной обработки на содержание подвижных форм азота и фосфора в черноземе южном

Способ обработки почвы	Слой, см	Азот, мг/100 г почвы		Фосфор	
		нитрификационная способность	$N\text{-}NO_3$	доступный, мг/100 г почвы	степень подвижности фосфатов, г/л
Вспашка отвальная	0–10	2,96	2,33	3,43	0,100
	10–20	3,08	2,45	3,37	0,080
	20–30	3,11	2,83	3,99	0,079
Плоскорезное рыхление	0–10	2,70	1,58	5,07	0,197
	10–20	2,89	2,14	3,10	0,102
	20–30	3,05	2,66	3,62	0,084
$НСР_{095}$		0,25	0,17	0,37	0,052

0–10 см отмечали заметное (на 5,4 %) снижение нитрификационной способности почвы. Многолетние наблюдения показали, что содержание нитратного азота ранней весной перед посевом культур при плоскорезном рыхлении почти в 1,5 раза ниже, чем при отвальной вспашке. Это обусловлено, прежде всего, низкими темпами микробиологической деятельности [4] и иммобилизацией минерального азота растительными остатками в биогенном горизонте.

Наблюдения за динамикой содержания питательных веществ в агроценозе показали, что в верхнем слое почвы при плоскорезной обработке количество подвижного фосфора и степень его подвижности были значительно выше, чем при отвальной вспашке. На стерневом фоне наблюдали отчетливую дифференциацию по содержанию доступного фосфора. Слой 0–10 см в пахотном горизонте содержал доступного фосфора в 1,4 раза больше, чем слой 10–20 см, и в 1,2 раза выше, чем слой 20–30 см.

Различия в содержании доступного фосфора в слое 0–10 см между двумя обработками почвы достигали 40,5 % в пользу плоскорезной обработки. Обеспеченность пахотного слоя почвы фосфором на стерневом фоне была на 9,2 % выше, чем на отвальном. За счет концентрации растительных остатков при плоскорезной обработке в биогенном (0–10 см) слое изменялась направленность элементарных почвообразовательных процессов, что способствовало повышению степени подвижности фосфора. Степень подвижности фосфора пахотного горизонта при плоскорезной обработке была в 1,8 раза выше, чем при вспашке. Повышение степени подвижности почвенных фосфатов при плоскорезной обработке являлось результатом высокой активности процессов молочнокислого брожения биогенного слоя (0–10 см) и концентрации здесь продуктов метаболизма [3]. Вниз по профилю почвы (10–20, 20–30 см) различия в содержании азота и фосфора по фонам обработки оставались, но были не так четко выражены, как в верхнем (0–10 см) слое. Гетерогенность почвенного профиля создавала условия для усиления темпов потерь биогенных элементов с твердым и жидким стоком, так как водные потоки на склонах затрагивали в основном верхний (0–5 см) слой почвы.

Выводы. Различные способы основной обработки существенно изменяли агрофизические показатели чернозема южного тяжелосуглинистого среднесмытого (плотность сложения, общую пористость, пористость аэрации и структуру):

вспашка обеспечивала лучшие агрофизические показатели по структуре и плотности сложения;

мелкая плоскорезная обработка приводила к ухудшению агрофизического режима почвы: уплотненному сложению, снижению общей пористости и пористости аэрации;

отвальная вспашка создавала лучшие условия для процессов нитрификации и накопления нитратного азота в ранневесенний период;

плоскорезная обработка значительно повышала в верхнем слое почвы содержание подвижного фосфора и степень его подвижности по сравнению с отвальной вспашкой. В профиле почвы при плоскорезной обработке отмечали дифференциацию по содержанию доступного фосфора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Демьянова Т.В., Жолинский Н.М., Кораблева И.Н.* Противоэрозионная обработка склоновых земель // Современные проблемы почвозащитного земледелия и пути повышения устойчивости зернового производства в степных регионах: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию РГП «НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева» МСХ РК. – Шортанды, 2006. – С. 123–126.

2. *Жолинский Н.М., Соколов Н.М., Кораблева И.Н.* Особенности применения основной обработки почвы под зерновые культуры в склоновых агроландшафтах Саратовского Правобережья // Основы рационального природопользования: сб. науч. работ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2005. – С. 91–94.

3. *Кафарена В.И., Курдюков Ю.Ф., Моторыгин И.П.* Особенности применения почвозащитной технологии в степных районах Поволжья // Почвоохранное земледелие в Поволжье. – Саратов, 1985. – С. 44–62.

4. *Курдюков Ю.Ф., Азизов З.М., Куликова Г.А.* Урожайность зерновых культур при разных моделях пахотного слоя черноземной почвы в за-

сушливой степи Поволжья // Селекция, семеноводство и технология возделывания полевых культур. – Саратов, 1996. – С. 137–144.

5. *Медведев И.Ф.* Агроэкологические основы повышения плодородия склоновых черноземных почв Поволжья: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Саратов, 2001. – 384 с.

6. *Медведев В.В.* Оптимизация агрофизических свойств черноземов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.

7. Приемы локализации ливневой эрозии и продуктивность зерновых культур на склонах Донской равнины / И.Ф. Медведев [и др.] // Современные проблемы земледелия и экологии: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., г. Курск, 10–12 сент. 2002. – Курск, 2001. – С. 160–163.

8. Рельефная структура агроландшафта, ее влияние на агрохимические показатели почвы, урожайность яровой пшеницы и эффективность удобрений / И.Ф. Медведев [и др.] // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 11. – С. 20–25.

Медведев Иван Филиппович, *д-р с.-х. наук, проф., главный научный сотрудник, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.*

410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7.
Тел.: (8452) 64-76-88;
e-mail: raiser_saratov@mail.ru.

Назаров Виктор Алексеевич, *д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.*

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.
Тел.: (8452) 23-32-92.

Губарев Денис Иванович, *канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.*

Жолинский Николай Михайлович, *канд. с.-х. наук, зав. технологическим центром, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.*

ДЕРЕВЯГИН Сергей Сергеевич, *канд. с.-х. наук, зам. директора по науке, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.*

410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7.
Тел.: (8452) 64-76-88;
e-mail: raiser_saratov@mail.ru.

Ключевые слова: *основная обработка почвы; плотность сложения почвы; общая пористость; пористость аэрации; нитратный азот; подвижный фосфор.*

CHANGE OF AGROPHYSICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM SOUTH IN DIFFERENT WAYS OF PRIMARY TILLAGE

Medvedev Ivan Filippovich, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief researcher of the department of Ecology of Agrolandscapes, Agricultural Research Institute for South-East Region. Russia.*

Nazarov Viktor Alekseevich, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Agriculture, Amelioration and Agrochemistry", Saratov State Agrarian University. Russia.*

Gubarev Denis Ivanovich, *Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Agricultural Research Institute for South-East Region. Russia.*

Zholinskiy Nikolay Mikhaylovich, *Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Agricultural Research Institute for South-East Region. Russia.*

Derevyagin Sergey Sergeevich, *Candidate of Agricultural Sciences, Principal Director of Scientific Research, Agricultural Research Institute for South-East Region. Russia.*

Keywords: *primary tillage; density of soil; total porosity; aeration porosity; nitrate nitrogen; labile phosphorus.*

They are given results of studies on the influence of primary tillage on soil agro-physical properties and the content of nutrients in slope agrolandscapes of Saratov Right bank. Different ways of tillage change substantially agroindices of chernozem southern heavy loamy, such as bulk density, total porosity, aeration porosity and structure. Plowing provides the best agrophysical performances of the structure and density. Shallow with subsurface cultivator deteriorates agrophysical modes of soil: soil panning, reduction of total and aeration porosity. It was found out that the method of residues placement during primary tillage influence on agrochemical processes in the topsoil, which ultimately affects the food mode. According to long-term observations, nitrate nitrogen content in early spring before crops' planting with subsurface cultivator reduces compared with moldboard plowing. This is due low speed of microbial activity and immobilization of mineral nitrogen with residues in biogenic horizon. As a result, nitrate nitrogen content in the 0-30 cm layer after fine and normal ploughing reduces by 12 and 13% compared with plowing. In addition, the systematic abandonment of stubble on the field surface leads to the formation of the heterogeneity of the plow layer. After tillage with subsurface cultivator labile phosphorus content and degree of its mobility was significantly higher than with moldboard plowing. In the stubble background there is the differentiation of stubble plow layer on the content of available phosphorus.