

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

В. А. Королев¹, О. К. Боронтов²

¹ Воронежский государственный университет,

² Всероссийский НИИ сахарной свеклы им. А. Л. Мазлумова

Поступила в редакцию 16.03.2010 г.

Аннотация. Изучены водно-физические свойства черноземов выщелоченных при разных способах их обработки. Установлено, что существенных различий основных показателей влагоемкости и водопроницаемости почв под влиянием отвальной глубокой, безотвальной и комбинированной обработок не наблюдается. В зерносвекловичных севооборотах Центрального Черноземья рекомендовано применять комбинированную систему основной обработки почвы, обеспечивающей наиболее высокую рентабельность сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, гранулометрический и микроагрегатный составы, влагоемкость, водопроницаемость, обработка, влияние.

Abstract. Water and physical characteristics of leached chernozems at different ways of their tillage are investigated. It is established, that essential distinctions of the basic parameters of moisture capacity and water penetration of soils under influence of moldboard deep plowing, the doardless and combined system of tillage are not observed. In grain and sugar beet crop rotations of the Central Chernozem region it is recommended to apply the combined system of tillage providing the highest profitability of an agricultural production.

Keywords: leached chernozem, granulometric and micromodular structures, moisture capacity, water penetration, tillage, influence.

ВВЕДЕНИЕ

В современных экономических и экологических условиях сельскохозяйственного производства России большое значение в увеличении продукции растениеводства и оптимизации плодородия почв приобретает их обработка. Основным способом обработки черноземов в настоящее время является отвальная вспашка. Также в условиях Центрального Черноземья достаточно широко применяются безотвальная и комбинированная обработка почв. Обработка черноземов является наиболее энергоемким и дорогостоящим процессом в сельскохозяйственном производстве. При этом все применяемые способы обработки, наряду с положительным влиянием на свойства и плодородие черноземов, имеют и вполне закономерные негативные последствия. Так, применение тяжеловесных тракторов и орудий уплотняет пахотный и подпахотный слои почвы. Частые рыхления, активизируя биологические процессы и минерализацию органического вещества, приводят к ухудшению показателей гумусного состояния и физических свойств черноземов. Поэтому непременным условием современного земледелия является не только поиск путей

уменьшения отрицательного воздействия на почву механической обработки, но и снижение энергозатрат на их проведение [1].

Из основных показателей плодородия черноземов наименее изученными до настоящего времени являются агрофизические, которые оказывают существенное влияние как на пищевой, так и на водный режимы почв. В связи с этим в данной работе было проведено детальное исследование влияния различных способов основной обработки черноземов выщелоченных на их водно-физические свойства, главными задачами которого являлось установление количественных показателей влагоемкости и водопроницаемости почв при отвальной глубокой, безотвальной и комбинированной обработках.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в многофакторном стационарном полевом опыте, заложенном в 1985 году на территории ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова (Рамонь, Воронежская область). Почва опытных участков — чернозем выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый. В опыте внедрен девятипольный зерносвекловичный севооборот. Изучались три системы основной обработки почвы.

А — отвальная глубокая вспашка под все культуры севооборота: под озимую пшеницу по черному пару на 25—27 см и по клеверу на 20—22 см, под ячмень с подсевом клевера и однолетние травы на 20—22 см, под кукурузу на 25—27 см, под сахарную свеклу на 30—32 см по схеме улучшенной зяби, включающей лущение жнивья в 2 следа на 6—8 см дисковым лущильником ЛДГ-10 и через 12—15 дней лемешное или плоскорезное на 14—16 см с последующей вспашкой на 30—32 см плугом ПЛН-5-35.

Г — безотвальная (плоскорезная) обработка под все культуры: под озимую пшеницу по клеверу на 14—16 см и по черному пару на 25—27 см, под ячмень и однолетние травы на 20—22 см, под кукурузу на 25—27 см, под сахарную свеклу по схеме улучшенной зяби на 30—32 см плоскорезом КПГ-250.

Д — комбинированная обработка: безотвальная (плоскорезная) под озимую пшеницу по клеверу на 14—16 см, под ячмень и однолетние травы на 20—22 см; отвальная: под озимую пшеницу по черному пару и кукурузу на 25—27 см, под сахарную свеклу на 30—32 см по схеме улучшенной зяби плугом ПЛН-5-35.

Размер посевной делянки — 340 м², учетной — 27 м², общая площадь — 35 га; повторность опыта — 3-кратная. Размещение делянок систематическое. Агротехника возделывания культур — общепринятая для зоны.

Для всесторонней характеристики черноземов выщелоченных при отвальной (А), безотвальной (Г) и комбинированной (Д) обработках в посевах сахарной свеклы почвенным буром отбирались образцы в трехкратной повторности десятисантиметровыми слоями с поверхности до глубины 100 см. По общепринятым методам [2—4] в полевых и лабораторных условиях в исследуемых почвах определяли наибольшую (в общепринятой терминологии — наименьшую) влагоемкость (НВ) — методом заливаемых площадок с отбором почвенных проб на влажность через трое суток; плотность сложения — ударным буром с использованием цилиндров на 50 см³ при влажности почв, соответствующей НВ; водопроницаемость — методом рам; естественную влажность — термостатновесовым методом; плотность твердой фазы почвы — пикнометрическим методом; максимальную гигроскопическую влажность (МГ) — методом А. В. Николаева; почвенную влажность завядания растений (ВЗ) — расчетным методом с применением коэффициента 1,5 от МГ; почвенную влаж-

ность разрыва капиллярных связей (ВРК) — расчетным методом с применением коэффициента 0,75 от НВ; диапазон активной (продуктивной) влаги (ДАВ) — по разнице между НВ и ВЗ; диапазон оптимально-продуктивной влаги (ДОПВ) — по разнице между НВ и ВРК; полную водовместимость (в общепринятой терминологии — полную влагоемкость) (ПВ) — расчетным методом; гранулометрический состав — методом пипетки с обработкой почвы пирофосфатом натрия; микроагрегатный состав — по Н. А. Качинскому, а также гумус — методом И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова; обменные катионы (Ca²⁺ и Mg²⁺) — комплексонометрическим методом; гидролитическую кислотность — по Г. Каппену и pH водной вытяжки — потенциометрически.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Черноземы выщелоченные опытных участков в пахотном горизонте содержат 5,1—5,5 % гумуса и 40—44 смоль/кг почвы обменных оснований. Гидролитическая кислотность изменяется в пределах 4,3—5,5 смоль/кг почвы, pH водной вытяжки близка к нейтральной, степень насыщенности основаниями 89 %. Вниз по профилю почв содержание гумуса, сумма обменных оснований и гидролитическая кислотность постепенно уменьшаются, а pH водной вытяжки и степень насыщенности основаниями — увеличиваются (табл. 1).

На всех вариантах опыта черноземы выщелоченные имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав с содержанием физической глины в первом полуметре 54—58 %. Преобладающими фракциями являются крупнопылеватая и пылеватая. На илистую фракцию приходится около 25 % (табл. 2).

Изучаемые почвы характеризуются высокой микроагрегированностью. В составе почвенной массы доля фракции крупной пыли достигает 44—50 %. Далее следует фракция мелкого песка, количество которого варьирует от 21 до 28 %. Содержание «микроагрегированного» ила на всех вариантах опыта очень низкое и не превышает 1,6—1,9 % в пахотных горизонтах и 2,0—2,2 % в слое 40—50 см. Вследствие этого фактор структурности в пределах первого полуметра почв не опускается ниже 92 % (табл. 2).

Водно-физические свойства черноземов выщелоченных на различных делянках характеризуются вполне благоприятными показателями. Несмотря на значительную долю прочносвязанной недоступной для растений влаги, в изучаемых по-

Таблица 1
Содержание гумуса и физико-химические свойства черноземов выщелоченных

Способ обработки	Глубина, см	Гумус, %	Обменные катионы			Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	рН водный
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	сумма			
			смоль/кг почвы					
А. Отвальная глубокая	0—10	5,43	37,1	5,7	42,8	5,5	89	6,4
	20—30	5,18	34,4	5,5	39,9	4,9	89	6,5
	40—50	3,85	28,8	4,5	33,3	3,4	91	6,8
	60—70	2,93	24,9	3,7	28,6	1,2	96	7,2
	80—90	1,65	23,1	2,8	25,9	0,6	98	7,5
Г. Безотвальная	0—10	5,40	37,4	5,6	43,0	5,1	89	6,6
	20—30	5,13	34,9	5,2	40,1	4,3	90	6,7
	40—50	3,76	28,6	4,6	33,2	2,0	94	6,9
	60—70	2,99	24,7	3,9	28,6	1,3	96	7,3
	80—90	1,61	22,6	3,0	25,6	0,4	98	7,6
Д. Комбинированная	0—10	5,47	38,3	5,8	44,1	5,3	89	6,6
	20—30	5,22	35,6	5,4	41,0	4,7	90	6,7
	40—50	3,93	29,0	4,7	33,7	3,2	91	7,0
	60—70	2,88	23,4	3,8	27,2	1,5	95	7,2
	80—90	1,72	22,8	3,3	26,1	0,4	98	7,6

Таблица 2
Гранулометрический (над чертой) и микроагрегатный (под чертой) составы черноземов выщелоченных

Способ обработки	Глубина, см	Содержание фракций, %; размер, мм							Фактор структурности, %
		1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,01	
А. Отвальная глубокая	0—10	<u>2,5</u> 5,1	<u>2,6</u> 24,5	<u>37,5</u> 49,4	<u>9,5</u> 8,0	<u>20,3</u> 11,3	<u>24,6</u> 1,7	<u>54,4</u> 21,0	93
	40—50	<u>2,4</u> 4,6	<u>6,2</u> 26,3	<u>34,8</u> 46,7	<u>10,1</u> 9,4	<u>20,6</u> 10,8	<u>25,9</u> 2,2	<u>56,6</u> 22,4	
Г. Безотвальная	0—10	<u>2,1</u> 4,8	<u>5,3</u> 23,8	<u>37,0</u> 47,3	<u>10,4</u> 10,5	<u>20,9</u> 11,7	<u>24,3</u> 1,9	<u>55,6</u> 21,1	92
	40—50	<u>2,0</u> 5,4	<u>6,2</u> 27,7	<u>36,7</u> 43,7	<u>9,0</u> 7,2	<u>20,5</u> 13,9	<u>25,6</u> 2,1	<u>55,1</u> 23,0	
Д. Комбинированная	0—10	<u>1,9</u> 5,5	<u>7,3</u> 21,1	<u>35,7</u> 50,4	<u>11,2</u> 10,0	<u>19,1</u> 11,4	<u>24,8</u> 1,6	<u>55,1</u> 23,0	94
	40—50	<u>2,1</u> 4,9	<u>5,9</u> 24,5	<u>34,4</u> 47,4	<u>11,8</u> 8,9	<u>19,9</u> 12,3	<u>25,9</u> 2,0	<u>57,6</u> 23,2	

Водно-физические свойства черноземов выщелоченных при разных способах основной обработки

чвах при достаточном их увлажнении (обусловленным погодными условиями) могут накапливаться большие запасы продуктивной влаги, что является следствием высокой НВ.

Это положение проиллюстрируем следующими цифровыми данными. Величина МГ в пахотных горизонтах черноземов опытных участков достигает 10,2—10,5 % от массы почвы и с глубиной уменьшается до 9,0—9,2 %. С учетом плотности сложения количественные показатели МГ и закономерности их профильного распределения существенно изменяются: от 11,3—12,2% от объема

почвы в пахотных горизонтах до 12,5—13,1 % в нижней части метровой толщи. ВЗ, рассчитанная к массе почвы, уменьшается сверху вниз от 15,3—15,8 % до 13,5—13,8 %, в то время как приведенная к объему почвы постепенно увеличивается от 17,0—17,9 % до 18,8—19,7 %. Запасы непродуктивной влаги практически одинаковые на изучаемых вариантах опыта и достигают 53 мм в слое 0—30 см, 90 мм в слое 0—50 см и 183—188 мм в метровом слое (табл. 3, 4, 5).

Для расчетов продуктивной почвенной влаги необходимо знать показатели НВ и ВРК. При этом

Водно-физические свойства черноземов выщелоченных, % от массы почвы

Таблица 3

Способ обработки	Глубина, см	МГ	ВЗ	ВРК	НВ	ПВ	ДАВ	ДОПВ
А. Отвальная глубокая	0—10	10,5	15,8	24,2	32,2	52,2	16,4	8,0
	10—20	10,4	15,6	23,9	31,9	48,9	16,3	8,0
	20—30	10,2	15,3	23,6	31,5	46,8	16,2	7,9
	30—40	10,0	15,0	22,7	30,2	43,7	15,2	7,5
	40—50	9,8	14,7	21,3	28,4	41,8	13,7	7,1
	50—60	9,6	14,4	20,3	27,1	40,1	12,7	6,8
	60—70	9,5	14,3	19,4	25,8	38,5	11,5	6,4
	70—80	9,4	14,1	19,1	25,4	38,2	11,3	6,3
	80—90	9,3	14,0	18,6	24,8	37,0	10,8	6,2
	90—100	9,2	13,8	18,1	24,1	35,7	10,3	6,0
Г. Безотвальная	0—10	10,4	15,6	24,3	32,4	51,4	16,8	8,1
	10—20	10,4	15,6	23,3	31,1	48,2	15,5	7,8
	20—30	10,2	15,3	22,8	30,4	46,8	15,1	7,6
	30—40	10,0	15,0	21,9	29,2	43,5	14,2	7,3
	40—50	10,0	15,0	21,0	28,0	42,5	13,0	7,0
	50—60	9,7	14,6	20,2	26,9	39,6	12,3	6,7
	60—70	9,3	14,0	19,1	25,4	36,9	11,4	6,3
	70—80	9,2	13,8	18,0	24,0	34,9	10,2	6,0
	80—90	9,1	13,7	17,6	23,5	34,5	9,8	5,9
	90—100	9,1	13,7	17,0	22,7	34,1	9,0	5,7
Д. Комбинированная	0—10	10,4	15,6	24,8	33,1	53,0	17,5	8,3
	10—20	10,4	15,6	24,3	32,4	48,9	16,8	8,1
	20—30	10,3	15,5	23,6	31,5	46,1	16,0	7,9
	30—40	10,2	15,3	22,8	30,4	43,7	15,1	7,6
	40—50	10,0	15,0	20,9	27,9	40,4	12,9	7,0
	50—60	9,8	14,7	19,9	26,5	38,3	11,8	6,6
	60—70	9,7	14,6	18,9	25,2	36,2	10,6	6,3
	70—80	9,5	14,3	18,4	24,5	35,4	10,2	6,1
	80—90	9,2	13,8	17,7	23,6	34,5	9,8	5,9
	90—100	9,0	13,5	17,7	23,6	34,6	10,1	5,9

Таблица 4
Водно-физические свойства черноземов выщелоченных, % от объема почвы

Способ обработки	Глубина, см	Плотность, г/см ³	МГ	ВЗ	ВРК	НВ	ПВ	ДАВ	ДОПВ
А. Отвальная глубокая	0—10	1,10	11,6	17,4	26,6	35,4	57,4	18,0	8,8
	10—20	1,14	11,9	17,8	27,2	36,4	55,8	18,6	9,2
	20—30	1,17	11,9	17,9	27,6	36,9	54,8	19,0	9,3
	30—40	1,22	12,2	18,3	27,7	36,8	53,3	18,5	9,1
	40—50	1,25	12,3	18,4	26,6	35,5	52,3	17,1	8,9
	50—60	1,28	12,3	18,4	26,0	34,7	51,3	16,3	8,7
	60—70	1,31	12,4	18,7	25,4	33,8	50,4	15,1	8,4
	70—80	1,32	12,4	18,6	25,2	33,6	50,4	15,0	8,4
	80—90	1,34	12,5	18,8	24,9	33,2	49,6	14,4	8,3
	90—100	1,37	12,6	18,9	24,8	33,0	48,9	14,1	8,2
Г. Безотвальная	0—10	1,11	11,5	17,3	27,0	36,0	57,0	18,7	9,0
	10—20	1,15	12,0	17,9	26,8	35,8	55,4	17,9	9,0
	20—30	1,17	11,9	17,9	26,7	35,6	54,8	17,7	8,9
	30—40	1,22	12,2	18,3	26,7	35,6	53,1	17,3	8,9
	40—50	1,24	12,4	18,6	26,0	34,7	52,7	16,1	8,7
	50—60	1,29	12,5	18,8	26,1	34,7	51,1	15,9	8,6
	60—70	1,34	12,5	18,8	25,6	34,0	49,4	15,2	8,4
	70—80	1,38	12,7	19,0	24,8	33,1	48,1	14,1	8,3
	80—90	1,39	12,6	19,0	24,5	32,7	47,9	13,7	8,2
	90—100	1,40	12,7	19,2	23,8	31,8	47,8	12,6	8,0
Д. Комбинированная	0—10	1,09	11,3	17,0	27,0	36,1	57,8	19,1	9,1
	10—20	1,14	11,9	17,8	27,7	36,9	55,8	19,1	9,2
	20—30	1,18	12,2	18,3	27,8	37,2	54,4	18,9	9,4
	30—40	1,22	12,4	18,7	27,8	37,1	53,3	18,4	9,3
	40—50	1,27	12,7	19,1	26,5	35,4	51,3	16,3	8,9
	50—60	1,31	12,8	19,3	26,1	34,7	50,2	15,4	8,6
	60—70	1,35	13,1	19,7	25,5	34,0	48,9	14,3	8,5
	70—80	1,37	13,0	19,6	25,2	33,6	48,5	14,0	8,4
	80—90	1,39	12,8	19,2	24,6	32,8	47,9	13,6	8,2
	90—100	1,39	12,5	18,8	24,6	32,8	48,1	14,0	8,2

следует отметить, что на основании НВ можно определить доступную для растений влагу в целом, а ВРК позволяет оценить качественный характер этой влаги (степень подвижности и доступности растениям).

Величина ВРК максимальных значений достигает в пахотных горизонтах изучаемых черноземов и равна 22,8—24,8 % от массы почвы. Вниз по почвенному профилю этот показатель заметно уменьшается и в слое 90—100 см не превышает 17—18 %. ВРК, рассчитанная к объему почвы, в

верхней части пахотных горизонтов составляет 26,6—27,0 %, затем в пределах гумусового горизонта мало изменяется и ниже постепенно уменьшается до 23,8—24,8 % на глубине один метр. Что касается величины НВ, то она на изучаемых вариантах опыта в метровой толще черноземов сверху вниз изменяется от 32,2—33,1 до 22,7—24,1 % от массы почвы и от 35,4—37,2 до 31,8—33,0 % от объема почвы. Наиболее оптимальные показатели ДАВ и ДОПВ наблюдаются в пахотных горизонтах: соответственно 17,7—19,1 и 8,8—9,4 % от

Водно-физические свойства черноземов выщелоченных при разных способах основной обработки

объема почвы, с глубиной они незначительно уменьшаются до 12,6—14,1 % и 8,0—8,2 % в слое 90—100 см (табл. 3, 4).

Интегрирующими показателями физического состояния почв являются запасы продуктивной и оптимально-продуктивной влаги по основным производственным слоям. Максимально возможный запас продуктивной влаги в изучаемых черноземах изменяется в довольно узких пределах и составляет в слоях 0—30 см 54—57 мм, 0—50 см — 88—92 мм и 0—100 см — 159—166 мм. Запас оптимально-продуктивной влаги в почвах опытных делянок заметно меньше и не превышает в соответствующих слоях 26—28, 45—46 и 86—88 мм (табл. 5).

На заключительном этапе наших исследований изучалась водопроницаемость черноземов выщелоченных при разных способах их основной обработки. Водопроницаемость черноземов, расположенных в зоне недостаточного увлажнения, имеет определяющее значение в количественном проявлении главных приходных статей водного баланса и создании условий для повышения эффективного плодородия почв. Из данных табл. 6 следует, что водопроницаемость черноземов на изучаемых вариантах полевого опыта характеризуется невысокой динамичностью в пространстве и во времени и варьирует от 6,0—6,9 мм/мин в первый час до 3,9—4,2 мм/мин в шестой час наблюдений. Отношение максимальных величин водопроницаемости к минимальным равно 1,4—1,7. Всего за шесть

часов наблюдений исследуемые почвы способны усвоить 1686—1728 мм влаги, в том числе за первый час — 360—414 мм, что в соответствии с оценочной шкалой Н. А. Качинского [5] является наилучшей.

Таким образом, существенных различий основных показателей влагоемкости и водопроницаемости черноземов выщелоченных под влиянием отвальной глубокой, безотвальной и комбинированной обработок не выявлено. В то же время максимальная урожайность озимой пшеницы, сахарной свеклы и клевера за последние пять лет была получена при применении комбинированной системы обработки почвы в севообороте. Для ячменя, однолетних трав и кукурузы предпочтительнее оказалась отвальная система основной обработки почв, однако при условии применения комбинированной обработки урожайность этих культур уменьшалась незначительно. Постоянная безотвальная обработка снижала продуктивность озимой пшеницы в среднем на 11 %, сахарной свеклы на 7 %, клевера на 5 %, ячменя на 18 % и кукурузы на 24 %. Рентабельность производства валовой продукции севооборота при комбинированной обработке почв по сравнению с отвальной и безотвальной системами была больше на 10 % и 15 % соответственно. Следовательно в зерносвекловичных севооборотах Центрального Черноземья наиболее эффективна комбинированная система основной обработки черноземов выщелоченных.

Таблица 5

Водно-физические показатели черноземов выщелоченных, мм

Способ обработки	Мощность слоя, см	ВЗ	ВРК	НВ	ДАВ	ДОПВ
А. Отвальная глубокая	0—30	53	81	109	56	28
	0—50	90	136	181	91	45
	50—100	93	126	168	75	42
	0—100	183	262	349	166	87
Г. Безотвальная	0—30	53	81	107	54	26
	0—50	90	133	178	88	45
	50—100	95	125	166	71	41
	0—100	185	258	344	159	86
Д. Комбинированная	0—30	53	83	110	57	27
	0—50	91	137	183	92	46
	50—100	97	126	168	71	42
	0—100	188	263	351	163	88

Водопроницаемость черноземов выщелоченных, $\frac{\text{мм / мин}}{\text{мм / ч}}$

Таблица 6

Способ обработки	Интервалы наблюдений, ч						Всего за 6 ч наблюдений, мм
	1	2	3	4	5	6	
А. Отвальная глубокая	$\frac{6,6}{396}$	$\frac{5,0}{300}$	$\frac{4,4}{264}$	$\frac{4,2}{252}$	$\frac{4,0}{240}$	$\frac{3,9}{234}$	1686
Г. Безотвальная	$\frac{6,9}{414}$	$\frac{5,0}{300}$	$\frac{4,5}{270}$	$\frac{4,3}{258}$	$\frac{4,1}{246}$	$\frac{4,0}{240}$	1728
Д. Комбинированная	$\frac{6,0}{360}$	$\frac{4,9}{294}$	$\frac{4,5}{270}$	$\frac{4,4}{264}$	$\frac{4,3}{258}$	$\frac{4,2}{252}$	1698

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Черноземы выщелоченные на всех изучаемых вариантах многопрофильного стационарного полевого опыта имеют вполне благоприятные водно-физические свойства. Однако, учитывая экономические показатели (урожайность сельскохозяйственных культур, стоимость валовой продукции, энергозатраты и др.), в зерносвекловичных севооборотах Центрального Черноземья следует применять комбинированную систему основной обработки почв, обеспечивающей в конечном итоге наиболее высокую рентабельность сельскохозяйственного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дедов А. В. Земледелие Центрально-Черноземной зоны с основами почвоведения и агрохимии : учебное пособие / А. В. Дедов. — Воронеж : ФГОУ ВПО ВГАУ, 2008. — 358 с.
2. Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. — М. : Агропромиздат, 1986. — 416 с.
3. Растворова О. Г. Физика почв (Практическое руководство) / О. Г. Растворова. — Л. : Изд-во Ленинградского ун-та, 1983. — 196 с.
4. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв / Под ред. Е. В. Шеина. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 2001. — 200 с.
5. Качинский Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский. — М. : Высшая школа, 1970. — Ч. 2. — 358 с.

Королев Валерий Анатольевич — д.б.н., профессор кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами Воронежского государственного университета; тел. (473) 220-8577, e-mail: v.a.korolev@mail.ru

Боронтов Олег Константинович — д.с-х.н., заведующий лабораторией агротехники севооборотов Всероссийского НИИ сахарной свеклы им. А. Л. Мазлумова; тел.: (47340) 21803, e-mail: vniiss@mail.ru

Korolev Valery A.— Doctor of Science (Biology), Professor, Chair of Soil Science and Ground Resources Management of Voronezh State University; tel.: (473) 220-8577, e-mail: v.a.korolev@mail.ru

Borontov Oleg K.— Doctor of Science (Agriculture), Head of Agricultural and Technicians Laboratory of Crop Rotations of the All-Russia Scientific and Research Institute of Sugar Beet named after A. L. Mazlumov; tel.: (47340) 21803, e-mail: vniiss@mail.ru