

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АГРОГЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ НА НИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Г.С. Базыкина

Дерново-подзолистые супесчаные почвы занимают в Московской области площадь более 630 тыс. га и около 30% их используется под пашню. При сельскохозяйственном использовании этих почв необходимо учитывать специфику их водно-физических свойств, с тем, чтобы повышение урожайности за счет улучшения влагообеспеченности было экономически рентабельным и не нанесло вреда плодородию почв и экологии среды.

Нами изучались дерново-подзолистые супесчаные почвы, подстилаемые с глубины 50-60 см флювиогляциальными песками, на землях совхоза Горки-2 Одинцовского р-на Московской обл. Эти почвы занимают древние надпойменные террасы р. Москвы и частично орошаются. Почвенно-грунтовые воды залегают на глубине 6-8 м от поверхности.

Морфологическое описание почв.

$A_{\text{пах}}$, 0-30(32) см – пахотный буровато-темно-серый, супесчаный с гравийными включениями, структура непрочная, комковатая, уплотнен, много корней. Переход отчетливый.

A_1A_2 , 30(32)-50(60) см – светлее предыдущего, буровато-светло-серый, непрочной ореховатой структуры, супесь с гравийными включениями, уплотнен, много корней. Переход четкий.

B , 50(60)-100 см – бурый песок с зернами различной крупности, бесструктурный, плотный, есть цементированные прослойки ржавого цвета. Много гравия и щебня.

Из данных, приведенных в табл. 1, следует, что описываемые почвы обладают близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора, низкой емкостью поглощения, высокой степенью насыщенности основаниями (за счет кальция при низком содержании магния), повышенное содержание фосфора и калия. Содержание гумуса в пахотном слое небольшое, несмотря на то, что в почвы систематически вносится навоз (до 60 т/га за ротацию).

Гранулометрический состав изучаемых почв характеризуется данными табл. 2. Верхняя часть профиля (0-50(60) см) – слабокаменистая крупно пылевато-песчаная супесь, 80 % которой составляют фракции песка и крупной пыли. Илистой фракции содержится всего около 5 %.

Таблица 1. Химические и физико-химические свойства агрогенных дерново-подзолистых супесчаных почв на песках (Хучкина, 1981).

Горизонт	Глубина, см	рН солевой	Гумус, %	Обменные основания мг-экв/100 г почвы				S, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	сумма			
A _{пах}	0-10	6,3	1,5	6,9	1,0	0,1	7,9	87	64,1	25,3
A ₂	30-35	5,8	0,6	2,4	0,3	0,1	2,8	68	36,2	10,2
B ₁	35-40	5,3	0,5	2,0	0,3	0,1	2,4	61	15,6	5,1

Примечание. S – степень насыщенности основаниями; гумус определен по методу Тюрина; P₂O₅ – по Кирсанову; K₂O – по Масловой.

Таблица 2. Гранулометрический состав агрогенной дерново-подзолистой супесчаной почвы на песках (по Н.А.Качинскому), %

Глубина, см	Размер частиц, мм							Сумма частиц	
	>1,0	1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	>0,01	<0,01
0-10	3,4	51,6	16,2	16,9	3,6	6,5	5,2	84,7	15,3
10-20	3,1	50,0	14,2	19,3	4,8	6,5	5,2	83,5	16,5
20-25	2,6	50,1	13,7	20,1	4,4	6,9	4,8	83,9	16,1
30-40	–	52,3	9,1	20,9	3,6	8,1	6,0	82,3	17,7
40-50	2,5	51,7	10,5	20,5	4,0	7,7	5,6	82,7	17,3
50-60	3,3	60,9	11,4	14,5	3,2	6,4	3,6	86,8	13,2
60-70	–	62,7	24,5	5,2	0,4	4,0	3,2	92,4	7,6
70-80	4,2	49,0	37,8	4,0	0,8	4,4	4,0	90,8	9,2
80-90	4,3	41,1	44,0	4,5	1,2	3,6	5,6	89,6	10,4
100-110	5,5	50,0	38,0	4,0	0,8	3,6	4,4	92,0	8,8

В состав нижних песчаных (фракции песка около 90 %) слоев, входят гравий и камни до 5 % (в некоторых случаях до 16 %).

Вследствие незначительного содержания илистой фракции и органических коллоидов гумуса как необходимого условия агрегированности оструктуренность исследуемых почв невысокая. При полевых описаниях она определяется в супесчаном слое как непрочная комковатая и комковато-ореховатая, в песчаных слоях практически отсутствует. Анализ структурного состояния воздушно-сухой почвы показал, что в пахотном слое лишь 40% структурных отдельностей являются агрономически ценными, т.е. имеют диаметр от 0,5 до 10 мм. В подпахотном слое (30-60 см) содержание агрономически ценных агрегатов возрастает до 50%. Это говорит о том, что непрочная структура верхнего слоя почвы разрушается под воздействием осадков и обработки.

Удельный вес твердой фазы (2,6-2,7) мало меняется по профилю (табл. 3). Большую часть года для всего профиля характерна высокая

плотность сложения, которую можно объяснить плотной упаковкой частиц. Так, плотность пахотного слоя, определенная с 24-кратной повторностью, в период с июня до сентября, т.е. присущая почве во время вегетации растений, составляет $1,5-1,6 \text{ г/см}^3$ (табл. 3), тогда как в мае, сразу после вспашки – $1,3-1,4 \text{ г/см}^3$.

Увеличение плотности сложения почв объясняется их самоуплотнением, а также воздействием сельскохозяйственных орудий. Следствием большой плотности является низкая общая пористость почв (табл.3). Объем пор, содержащих воздух при влажности, равной наименьшей или предельной полевой влагоемкости (**НВ**, или **ППВ**), в пахотном слое равен лишь 13%. При этом следует отметить, что преобладающими являются крупные поры диаметром 3-5 микрон, в которые могут проникать корневые волоски растений (Панфилов, 1967; Ревут, 1972; Соколовская, 1967).

Особенности гранулометрического состава, структуры, плотности сложения и пористости дерново-подзолистых супесчаных почв отражаются на их фильтрационных свойствах (табл.4). Почвы, влажность пахотного слоя которых близка к **ППВ** (около 18% от веса почвы), характеризуются более высокой водопроницаемостью, по сравнению с почвами с низкой влажностью (11,6%). Это явление для почв легкого гранулометрического состава известно (Будаговский, 1955; Гусев, 1978; Роде, 1965) и объясняется гистерезисом смачивания, защемлением почвенного воздуха и сокращением объема фильтрующих пор при поступлении воды в сухую почву.

Для верхнего супесчаного слоя исследуемых почв характерна довольно высокая водоудерживающая способность, о которой мы судим по величине **ППВ**, определенной в условиях полевого эксперимента (табл. 3). Причиной этого является содержание в пахотном слое большого количества запаханных пожнивных остатков, а также подстиление супесчаного слоя песками на глубине 50-60 см от поверхности. В этом случае после стекания гравитационной влаги в супесчаном слое остается дополнительное количество подвешенной влаги (Роде, 1965). Однако, несмотря на наличие в профиле дополнительного количества влаги, запас воды при влажности, соответствующей **ППВ**, в пахотном слое 0-30 см и в слое 0-50 см все же невелик: около 80 и 130 мм соответственно, а запас продуктивной влаги (диапазон активной влаги, **ДАВ**), рассчитанный как разность между **ППВ** и влажностью завядания (**ВЗ**), еще меньше: 62 и 98,8 мм (табл.3). Поэтому увеличение водоудерживающей способности дерново-подзолистых супесчаных почв, приводящее к улучшению влагообеспеченности, а, следовательно, и урожайности сельскохозяйственных культур, является важной задачей.

Таблица 3. Средние водно-физические показатели агрогенных дерново-подзолистых супесчаных почв, подстилаемых песками

Глубина, см	Удельный вес	Плотность, г/см ³	Пористость, % объема		ППВ			ВЗРР			ВЗ			ДАВ, мм	ДОВ, мм
			общая	аэрации при НВ	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Супесь															
0-10	2,69	1,5	43,2	13,7	19,7	29,5	29,5	11,8	17,7	17,7	5,4	8,1	8,1	21,4	11,8
10-20	2,64	1,5	41,0	13,1	17,9	27,9	27,9	10,7	16,7	16,7	4,9	7,6	7,6	20,3	11,2
20-30	2,64	1,6	39,4	18,3	16,3	26,1	26,1	9,8	15,7	15,7	4,6	5,8	5,8	20,3	10,4
0-30	-	-	-	-	-	-	83,5	-	-	50,1	-	-	21,5	62,0	33,4
30-40	2,66	1,6	39,1	14,1	15,6	25,0	25,0	9,4	15,6	15,6	3,6	5,8	5,8	19,2	9,4
40-50	2,66	1,6	40,1	16,4	14,8	23,7	23,7	8,9	14,2	14,2	3,8	6,1	6,1	17,6	9,5
0-50	-	-	-	-	-	-	132,2	-	-	79,9	-	-	33,4	98,8	52,3
Песок															
50-60	2,66	1,6	39,2	24,3	9,2	14,9	14,9	5,5	8,9	8,9	2,8	4,5	4,5	10,4	6,0
60-70	2,67	1,6	38,6	25,3	8,1	13,3	13,3	4,8	8,0	8,0	2,6	4,3	4,3	9,0	5,3
70-80	2,67	1,7	37,8	25,5	7,4	12,3	12,3	4,4	7,4	7,4	2,5	4,2	4,2	8,1	4,9
80-90	2,68	1,7	38,4	26,3	7,3	12,1	12,1	4,4	7,3	7,3	2,4	4,0	4,0	8,1	4,8
90-100	2,68	1,7	36,6	23,7	7,6	12,9	12,9	4,6	7,7	7,7	2,5	4,2	4,2	8,7	5,2
50-100	-	-	-	-	-	-	65,5	-	-	39,3	-	-	21,2	44,3	16,2

Примечание: 1 – % массы почвы; 2 – % объема почвы; 3 – запас воды, мм.

Таблица 4. Средняя водопроницаемость агрогенных дерново-подзолистых супесчаных почв, подстилаемых с 50-60 см песком, мм/мин

<i>W</i>	Время от начала опыта, ч								<i>t</i>	<i>V</i>
	0,5	0,5	1	2	3	4	5	6		
17,7	4,4	2,6	3,6	2,5	2,1	2,1	1,9	1,5	24	4,5
11,6	2,1	0,4	0,8	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	210	0,5

Примечание. *W*– исходная влажность пахотного слоя, % от массы; *t* – время впитывания 100 мм воды, мин; *v* – скорость впитывания за это время, мм/мин.

Большая плотность и небольшие пористость и воздухоемкость дерново-подзолистых супесчаных почв, особенно при высокой влажности, является причиной повышенной концентрации углекислоты в почвенном воздухе. Ее содержание в пробах почвенного воздуха, извлеченного с глубины 10-90 см от поверхности, достигает больших значений (4-5% от объема), которые увеличиваются с глубиной. Это обстоятельство, наряду с недостатком доступной влаги и питательных веществ, большая плотность сложения, может быть причиной того, что корни растений сосредоточены, в слое 0-30 см почвы и не идут глубже 50 см от поверхности. В табл. 5 приведены данные, характеризующие распределение по почвенному профилю супесчаной дерново-подзолистой почвы корней кормовой свеклы, картофеля, кукурузы, многолетних трав и озимой пшеницы. Основная масса корней (94-99%), определенная методом отмывки из образцов почв весом от 7 до 12 кг, сосредоточена в слое 0-30 см.

Микробиологическая деятельность, как показали исследования с помощью льняной ткани, также является активной только в пахотном слое исследуемых почв, тогда как в нижележащих слоях, по-видимому, подавляется углекислотой.

Поскольку корни растений, как мы убедились выше, сосредоточены в слое 0-30 см, а глубже 50 см их практически нет, влагообеспеченность сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах определяется, помимо осадков вегетационного периода, влагозапасами только верхнего полуметрового слоя. Влага песчаной толщи (глубже 50 см от поверхности) практически не используется растениями, т.к. ее возможность к передвижению, к подтягиванию к иссушаемым корнями слоям очень ограничена: влажность разрыва капиллярной связи (**ВРК**) в супесчаных и песчаных почво-грунтах совпадает с величиной НВ (Орешкина, 1959; Панфилов, Чашина, 1971; Роде, 1965). Поэтому в результате расхода влаги корнями растений слой 0-50 см, а точнее – 0-30 см, может быть иссушен до ВЗ, тогда как глубже 50 см влажность грунта может соответствовать ППВ.

Таблица 5. Распределение корней сельскохозяйственных культур в агрогенных дерново-подзолистых супесчаных почвах на песках

Глубина, см	Гранулометрический состав	Кормовая свекла		Кукуруза		Картофель		Многолетние травы		Озимая пшеница	
		1	2I	1	2	1	2	1	2	1	2
0-10	Супесь	378,8	50,9	1144,6	53,8	599,7	46,6	614,8	51,6	200,6	52,2
10-20	"	230,6	31,0	563,7	26,5	373,1	28,9	292,9	24,6	117,1	30,5
20-30	"	87,8	11,8	404,6	19,0	262,6	20,3	235,4	19,8	65,1	17,0
0-30	"	697,2	93,7	2112,9	99,3	1295,4	95,8	1143,1	96,0	382,8	99,7
30-40	"	40,5	5,4	14,9	0,65	43,9	3,4	37,5	3,1	1,1	0,3
40-50	"	6,0	0,9	1,0	0,05	10,7	0,8	7,2	0,6	0,2	0,04
30-50	"	46,5	6,3	15,9	0,7	54,6	4,2	44,7	3,7	1,3	0,3
50-60	Песок	0	0	0	0	0	0	2,6	0,2	0	0
60-70	"	0	0	0	0	0	0	1,1	0,1	0	0
70-80	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50-80	"	0	0	0	0	0	0	3,7	0,3	0	0
0-80		743,7	100,0	2128,8	100,0	1290,0	100,0	1191,5	100,0	384,1	100,0

Примечание. 1 – вес воздушно-сухой массы корней, г/м²; 2 – %

Влажность завядания, определенная методом проростков, равна для супесчаных горизонтов 6-8% от объема почвы, а ДАВ в слое 0-30 см составляет величину порядка 60 мм, а в слое 0-50- см – 100 мм (табл. 3). Это количество влаги – максимальное, которое растения могут использовать из почвенного запаса. Однако нижней границей оптимальной влагообеспеченности растений является влажность почвы, соответствующая влажности замедления роста растений (**ВЗРР**). Эта влажность в суглинистых почвах совпадает с ВРК и чаще всего принимается равной 0,7 ППВ. В макроструктурных, в том числе и супесчаных почвах, как уже отмечалось выше, ВРК практически совпадает с ППВ, т.е. при ВРК в почве содержится еще некоторое количество доступной растениям влаги, и она не может быть принята за ВЗРР (Роде, 1965). Специальными исследованиями (Минаева, 1983; Минаева, 1985; Панфилов, 1976; Реппо, 1977) установлено, что на супесчаных почвах за ВЗРР для кукурузы можно принять 0,6 ППВ, для зерновых, картофеля, кормовой свеклы – 0,55 ППВ, а для сеянных трав как более требовательных к влаге – 0,7 ППВ.

Таким образом, диапазон оптимальной влажности (**ДОВ**) для слоя 0-30 см равен в среднем 33 мм, а для верхнего полуметрового слоя – 52 мм (табл. 3). Тот факт, что на легких почвах нижняя граница оптимальной влажности опускается ниже, чем на тяжелых, можно объяснить характером пористости. Поскольку в супесчаных почвах преобладают, как уже указывалось выше, крупные поры с диаметром больше 3-5 микрон, корневые волоски растений более полно расходуют влагу, проникая непосредственно в поры. В почвах тяжелого гранулометрического состава корни не проникают в тонкие поры, и поэтому влагообеспеченность растений ухудшается, как только в почве устанавливается влажность, равная ВРК, и подтягивание влаги к корням прекращается.

Как известно, водный режим дерново-подзолистых почв является промывным (Роде, 1956), т.е. ежегодно в результате осенне-зимне-весенней влагозарядки к началу вегетационного периода запас влаги в почвенной толще равен, а в отдельные моменты и превышает ППВ. При этом часть поступившей в почву воды уходит из нее безвозвратно в виде внутрпочвенного оттока в грунтовую толщу или в почвенно-грунтовые воды. В течение вегетационного периода расход влаги из почвенного запаса (эвапотранспирация) осуществляется за счет десукции растительностью и физического испарения с поверхности почв. Последнее в супесчаных почвах невелико, поскольку, как указывалось выше, ВРК, по достижении которой прекращается поток влаги к иссушаемому поверхностному слою, близка к ППВ. Верхний иссушаемый слой служит при этом мульчой. Таким образом, можно считать, что расход почвенной влаги в супесчаных почвах осуществляется, в основном, за счет десукции.

В годы с влажными и средневлажными вегетационными периодами с коэффициентом увлажнения (**КУ**) больше и около единицы, т.е. когда сумма атмосферных осадков превышает или соответствует испаряемости, а главное при регулярном выпадении осадков, исключающем наличие засушливых периодов, запасы влаги в почвенной толще колеблются в пределах ДОВ, т.е. в интервале от ППВ до 0,6 ППВ. Уменьшение запаса почвенной влаги в результате эвапотранспирации бывает незначительным или вообще отсутствует, т.к. приращение запаса влаги за счет дождей его перекрывает.

Однако вследствие неравномерного выпадения атмосферных осадков в течение вегетационных периодов, даже в целом обеспеченных осадками, и особенно в периоды пониженного атмосферного увлажнения с КУ меньше 1 наблюдаются периоды без дождей различной продолжительности. Если при этом имеют место высокие температуры и низкая относительная влажность воздуха, то растения могут испытывать недостаток влаги. В результате анализа многолетних данных по атмосферным осадкам установлено (Васильев, 1956), что во время многолетних циклов нормального и повышенного увлажнения с 95%-ной обеспеченностью осадков годы с засушливыми вегетационными периодами повторяются на западе Московской области 1 раз в 7-10 лет, а в периоды пониженного атмосферного увлажнения с 75%-ой обеспеченностью осадков – 3 раза за 10 лет.

В начале вегетационного периода (май – начало июня), как показали исследования (Базыкина, 1984; Базыкина, 1986; Минаева, Базыкина, 1985), атмосферные засухи даже продолжительностью 30-40 дней не страшны таким сельскохозяйственным культурам, как зерновые, кукуруза, картофель кормовая свекла, т.к. запасы почвенной влаги в это время соответствуют ППВ, физическое испарение на супесчаных почвах невелико, а упомянутые культуры, находясь в начальной стадии своего развития, расходуют влаги мало. В конце июня, в июле и начале августа, когда культуры вступают в критическую фазу онтогенеза (колошение, выметывание, цветение, создание массы корнеплодов), почвенная влага является лимитирующим фактором. Отсутствие дождей при высокой температуре воздуха может привести к тому, что запасы влаги в почве достигнут нижнего предела ДОВ и даже ДАВ, т.е. ВЗРР и ВЗ соответственно (Базыкина, 1984; Базыкина, 1986). Следствием этого является падение урожайности сельскохозяйственных культур и особенно таких требовательных к влаге как сеяные травы и овощные.

Исходя из вышесказанного, для улучшения водно-физических свойств дерново-подзолистых супесчаных почв и повышения влагообеспеченности сельскохозяйственных культур можно рекомендовать следующее.

Для уветлений ППВ, ДАВ и ДОВ почв, уллучшения их водопроницаемости, структуры и ее прочности, пористости требуется внесение навоза, особенно соломистого, навозно-торфяных компостов, запахивание пожнивных остатков, сидерация. Для сохранения структуры почв и уменьшения плотности их сложения рекомендуется сократить количество неоправданных проходов сельскохозяйственной техники. Так, нет необходимости обработки супесчаных почв для "закрытия влаги", поскольку, как указывалось, их физическое иссушение невелико.

Если имеется возможность полива сельскохозяйственных культур, то следует помнить, что наиболее необходимыми и рентабельными, т.е. обеспечивающими прибавку продукции, являются поливы овощных культур и трав. Поливы кукурузы в Московской области могут быть целесообразными лишь в годы с крайне засушливыми вегетационными периодами или во время засух, приходящихся на критический период онтогенеза (выметывание, цветение) этой культуры. Поливы кормовой свеклы и картофеля являются эффективными, если производятся во время засушливых периодов продолжительностью более 10 дней, совпадающих с критическими моментами в их развитии (бутонизация, цветение, развитие корнеплодов). Поливы должны назначаться по достижении влажности корнеобитаемого слоя почв, равной ВЗРР, т.е. 0,6-0,7 ППВ.

Нормы полива рассчитываются для корнеобитаемого слоя 0-30 см, поскольку увлажнение нижележащих слоев, где корней растений очень мало, нецелесообразно, т.к. влага оттуда практически не расходуется. Эта норма для кукурузы, картофеля, кормовой свеклы определяется как разность между запасами влаги, соответствующими ППВ и 0,6 ППВ. Для слоя 0-30 см супесчаных почв она составляет около 400 м³/га. Полив овощных культур и трав следует производить чаще, при достижении влажности корнеобитаемого слоя 0,7 ППВ нормой 250 м³/га.

При поливах дождеванием для предотвращения образования поверхностного стока необходимо учитывать, что интенсивность дождевания не должна превышать скорости впитывания воды. Так, при средней скорости впитывания воды сухой супесчаной почвой в течение первого часа, равной 0,8 мм/мин (табл. 4), норма около 300 м³/га должна подаваться на каждую точку поля в течение 40 мин. В соответствии с этим определяется скорость движения поливального агрегата по полю или время его работы на каждой позиции.

Следует помнить о том, что неоправданно частые или чрезмерно обильные поливы, производящиеся без учета предполивной влажности, являются не только экономически не рентабельными (Базыкина, 1984; 1986), но даже вредными. Формирующийся при этом отток гравитационной влаги (свыше ППВ) может привести к вымыванию элементов питания растений из корнеобитаемого слоя почв, выносу их в дренаж-

ные воды, падению вследствие этого урожайности сельскохозяйственных культур, загрязнению водоприемников, ухудшению экологии среды (Рабочев, Муромцев, 1980). При близких почвенно-грунтовых водах излишнее орошение может поднять их уровень, что не всегда является желательным.

Чтобы затраты на строительство и эксплуатацию оросительных систем окупались, на полях, приспособленных под орошение, следует выращивать сельскохозяйственные культуры, требовательные к влаге и отзывчивые на орошение (овощи, травы).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Базыкина Г.С. Влагообеспеченность кукурузы на дерново-подзолистых супесчаных почвах Московской области // Почвоведение. 1984. № 11. С.78-88.

Базыкина Г.С. Влагообеспеченность некоторых сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах Московской области // Почвоведение. 1986. № 1. С. 59-69.

Будаговский А.И. Впитывание воды в почву. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 140с.

Васильев И.С. К вопросу о влагообеспеченности сельскохозяйственных культур // Почвоведение. 1956. № 10. С. 13-23.

Гусев Е.М. Зависимость интенсивности впитывания воды в почву от ее начальной влажности // Водн. ресурсы. 1978. № 5. С. 45-52.

Минаева Г.М. Влияние влажности почвы на водный режим кукурузы в вегетационном опыте // Гидрологические факторы плодородия почв: Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В.Докучаева. М., 1983. с. 44-50.

Минаева Г.М., Базыкина Г.С. Динамика некоторых показателей водного режима кукурузы и влажности дерново-подзолистой супесчаной почвы Московской области при орошении и без него // Вопросы гидрологии и плодородия почв: Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1985. С. 41-47.

Орешкина Н.С. Опыты по изучению водоудерживающей способности фракций мелкого песка и крупной пыли // Почвоведение. 1959. № 1. С. 79-86.

Панфилов В.П. Водно-физические свойства и водный режим почв Кулундинской степи // Почвы Кулундинской степи. Новосибирск, 1967. С. 78-125

Панфилов В.П., Чащина Н.И. Наименьшая влагоемкость супесчаных каштановых почв // Физика почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1971. С. 61-77.

Рабочев И.С., Муромцев Н.А. Вынос питательных веществ дренажными водами // Гидротехника и мелиорация. 1980. № 9. С. 78-80.

Ревут И.Б. Физика почв. Л.: Колос, 1972. 366 с.

Реппо Э.А. Определение диапазонов влажности почвы способом измерения гуттации растений в фазе прорастания семян // Почвоведение. 1977. № 12. С. 98-110.

Роде А.А. Водный режим почв и его типы // Почвоведение. 1956. № 4. С. 1-23.

Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Л: Гидрометеиздат, 1965. Т. 1. 663 с.

Соколовская Н.А. Влияние плотности почвы на распределение пор по размерам и водно-физические свойства // Физика почв и приемы ее обработки. Сб. трудов по агрономической физике. Л., 1967. Вып. 14. С. 136-143.

Хучкина В.Д. Почвы Одинцовского опорного пункта, их морфология и внутренние свойства // Влияние орошения на плодородие почв легкого механического состава Московской области: Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1981. С. 32-42.