

МЕТОДИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 631.4

Е. А. ДМИТРИЕВ, Л. О. КАРПАЧЕВСКИЙ, Н. С. ОРЕШКИНА,
Л. Д. ЗАХАРИНА, Е. В. ШЕИН, В. КУКЛИК

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ

Выявлено и изучено статистическое распределение значений влажности в тяжелых дерново-подзолистых и светло-каштановых почвах, а также легких песчаных почвах. Установлено, что при влажности почвы, соответствующей НВ — ВЗ, распределение ее значений подчиняется нормальному закону. При иссушении почвы до ВЗ и ниже, при поливе сухой почвы и на границе слоев разного механического состава распределение значений влажности достоверно (с вероятностью больше 0,95) отличается от нормального.

Для решения многих теоретических и практических вопросов почвоведения (например, установление сходства и различия почвенных разновидностей, направления почвенных процессов при измерении почвенных показателей в разные периоды времени) необходимо знать основные статистические характеристики изучаемых свойств почв. Применение статистических методов обработки данных зависит в первую очередь от вида статистического распределения значений измеряемого свойства. Знание вида распределения позволяет правильно рассчитать все статистические показатели, оценить вероятность отнесения полученных экспериментальных данных к одному явлению (к одной генеральной совокупности). Знание вида распределения величин данного признака позволяет также выявить принадлежность полученного экспериментального материала к нескольким генеральным совокупностям, т. е. оценить степень его неоднородности, вариабельность.

В настоящее время описано распределение значений ряда показателей свойств почв. В частности, для водопроницаемости почв [3], гидравлической проводимости [9], диффузии почвенной влаги [8] характерно распределение величин по логнормальному закону. Мощности горизонтов, содержание гумуса и глины, объемный вес, рН, содержание валовых N и P как правило описываются законом нормального распределения [1, 5]. Влажность почв описывается как нормальным, так и значительно отличным от него распределением значений [2, 6].

Теоретически влажность почвы в любой момент времени определяется многими факторами. Среди них — химический и механический состав почвы, ее макро- и микроструктура, сложение, влагопроводность и т. п. Кроме того, на влажность почвы воздействуют метеорологические условия, мезо- и микрорельеф, состояние поверхности почвы, вид и состояние растений, с которыми связаны затенение почвы и расход воды из нее.

Если все или подавляющее большинство этих факторов действует равномерно, «независимо и случайно», т. е. совместное их действие в сторону уменьшения и увеличения влажности примерно одинаково, то статистическое распределение значений влажности должно быть близким к нормальному. В случае преобладания одного или очень немногих факторов равномерность и случайность их действия нарушается, и распределение должно заметно отличаться от нормального. По величине и характеру этого отличия можно до некоторой степени судить и о факторе (процессе), влияющем на распределение.

Для выявления характера распределения влажности почвы в различных диапазонах увлажнения, для уточнения случаев отличия распределения от нормального и проведена данная работа. В ней использованы результаты наблюдений за влажностью почвы на Почвенном стационаре МГУ (Москва, Ленинские горы), на Биогеоэкологической станции БИН АН СССР «Малинки» (Московская обл.), Волгоградской и Песчано-эрозионной экспедиций факультета почвоведения МГУ (Волгоградская обл.).

Почва стационара МГУ — дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, хорошо окультуренная с очень однородным строением каждого горизонта [7]. Участок, где проводили наблюдения в Малинках, занят дубо-ельником волосисто-осоковым. Почва дерново-подзолистая средне-суглинистая, водостлаемая мореной с глубины 0,5—1 м и глубже. Влажность почвы определяли буровым методом с повторностью 30, 75 и 150-кратной. На стационаре скважины располагали методом механического отбора на расстоянии не менее 5 м друг от друга. В лесу (Малинки) скважины закладывали через 50 см по радиусу парцелл. В Арчеде (Волгоградская обл.) на песчаных и супесчаных почвах под сосновыми и березовыми насаждениями образцы почв на влажность отбирали в 25-кратной повторности с четырех глубин из разреза. Образцы светло-каштановых почв Ергеней (Волгоградская обл.) отбирали буром в лесополосе в 25—30-кратной повторности. Скважины бурили около стволов деревьев (вяз перистоветвистый, дуб, скумпия, ясень зеленый, клен татарский), на расстоянии 50 см от ствола дерева в ряду и в 1,5 м от ствола дерева в междурядьях. Отбирали подряд 10 деревьев одной породы.

Полученные данные для каждого 10-сантиметрового слоя группировали по величине влажности в классы с классовым промежутком в 1 вес.%. Затем составляли вариационные ряды и строили полигоны распределения величин влажности по частотам.

Для объективного суждения о характере отличия распределения влажности от нормального были рассчитаны критерии соответствия χ^2 , а также коэффициенты асимметрии (A) и эксцесса (ϵ) (табл. 1—3). В таблицах указаны также средние величины влажности (M) и средние квадратические отклонения (σ) для каждого ряда величин (для каждого слоя почвы). Приблизительно в половине случаев (46 из 99) величины χ^2 были меньше критических с вероятностью 0,95, что говорит о распределении, близком к нормальному (незначимо отличном от нормального).

Почвы стационара МГУ характеризуются таким же распределением при средних влажностях, находящихся в диапазоне активной влаги (интервал НВ—ВЗ). Влажность верхнего полуметрового слоя почв под лесом аппроксимируется нормальным распределением в пределах нижней половины диапазона активной влаги — от ВЗ до ВЗ + 1/2 (НВ—ВЗ).

Значимые величины χ^2 , т. е. отличное от нормального распределение, получены в 53 случаях из 99, а именно в пахотном и подпахотном слоях почвы стационара при влажности, очень близкой к ВЗ (лето 1972 г.), во втором полуметровом слое почвы под лесом при довольно высокой влажности (верхняя половина ДАВ), в песчаных и светло-каш-

Таблица 1

Показатели распределения значений влажности в модельной дерново-подзолистой почве стационара МГУ

Дата	Культура	Глубина, см	n	M		σ	V, %	χ²	A	ε	Категория влажности
				вес. %							
Июль, 1969 г.		0-10	30	16,7	2,1	1,3	6,4	-0,11	-0,86	От ВЗ до (ВЗ + 1/2 ДАВ)	
		10-20		15,3	1,7	1,1	4,5	+0,50	-0,07		
		20-30		13,9	1,6	1,2	5,6	+0,03	-0,63		
		30-40		14,7	1,5	1,0	1,8	-0,14	-0,65		
		40-50		17,1	1,2	7	0,7	-0,10	-0,32	От (ВЗ + 1/2 ДАВ) до НВ	
		70-80		20,3	1,0	5	3,7	-0,27	-1,09		
		90-100		21,6	0,8	4	1,6	-0,39	+0,21		
Сентябрь, 1969 г.	Клевер с Тимофеевкой. 4-й год жизни	0-10	30	19,8	2,8	14	14,1	+0,77	-0,18	От ВЗ до (ВЗ + 1/2 ДАВ)	
		10-20	28	17,5	3,0	17	8,0	+0,51	-0,91		
		20-30	30	14,3	1,2	8	0,6	+0,61	+0,50		
		30-40		14,4	1,3	9	2,6	+0,37	-0,37		
		40-50	29	16,3	1,2	7	4,1	+0,19	-0,34	От (ВЗ + 1/2 ДАВ) до НВ	
		70-80	30	18,9	1,2	6	2,6	-0,50	+0,27		
		90-100		20,3	1,1	5	1,0	+0,26	-0,61		
Июнь, 1970 г.	Всходы кукурузы	0-10	30	31,6	2,6	8	4,8	+0,09	+0,07	≈НВ	
		10-20		27,7	2,5	9	7,9	+0,61	-0,27		
		20-30		22,8	1,9	8	8,5	+0,66	-0,44		
		30-40		21,1	1,7	8	2,2	+0,18	-0,73		
		40-50		20,0	1,0	5	0,5	+0,70	+0,09		
		70-80		22,1	1,5	7	6,8	+0,52	+0,04		
		90-100		23,1	1,6	7	2,8	+0,81	+0,54		
Июль, 1970 г.	Пар	10-20	150	20,0	2,9	15	17,2	-0,08	-0,65	От (ВЗ + 1/2 ДАВ) до НВ	
		30-40		17,5	1,6	9	11,9	-0,11	-0,22		
		50-60		19,3	1,0	5	8,1*	-0,53	+1,57*		
Июнь, 1972 г.	Люцерна. 2-й год жизни	0-10	75	10,9	1,4	13	11,5*	+0,88*	+0,60	≈ВЗ	
		10-20		11,7	1,6	14	32,0***	+0,53	+2,59*		
		20-30		11,0	1,4	13	13,0**	+1,13*	+1,11	От ВЗ до (ВЗ + 1/2 ДАВ)	
		30-40		12,5	1,7	13	7,0	+0,20	-0,31		
		40-50		14,2	1,7	12	5,9	-0,11	+0,14		
Июль, 1972 г.	То же	0-5	28	6,5	2,3	35	6,1	-0,06	-1,05	≈МГ	
Июль, 1972 г.	Люцерна. Через сутки после полива	0-5	77	26,7	3,2	12	13,4*	-0,38	+0,17	От (ВЗ + 1/2 ДАВ) до НВ	
		5-10	78	24,3	5,6	23	23,5**	-0,92	+0,87		
		10-15		21,9	6,6	30	41,7**	-0,45	-1,06	От ВЗ до (ВЗ + 1/2 ДАВ)	
		15-20	77	19,9	7,0	35	60,2***	+0,15	-1,18		
		25-30	78	13,8	5,4	39	49,6***	+0,84*	-0,61		
		35-40		12,2	2,7	22	19,7**	+1,09*	+1,07		
Сентябрь, 1974 г.	Люцерна. 4-й год жизни	0-10	60	16,2	2,2	14	12,6	+0,42	+1,17	От ВЗ до (ВЗ + 1/2 ДАВ)	
		10-20		14,9	2,1	14	3,5	+0,05	-0,37		
		20-30		13,5	1,7	13	3,1	+0,52	-0,09		
		30-40		15,7	1,6	10	17,4**	-1,13*	+0,94		
		40-50		17,2	1,2	7	3,2	-0,86	+1,19		

Примечание. Здесь и далее: n — повторность, M — средняя арифметическая, σ — среднее квадратическое отклонение, V — коэффициент варьирования, χ² — критерий нормальности распределения, A — асимметрия, ε — эксцесс. Различия значимы с вероятностью: * — 0,95; ** — 0,99; *** — 0,999; число без звездочек — различия незначимы.

тановых почвах — при влажности, близкой к ВЗ. При поливе почвы такое отличие отмечалось при влажности, соответствующей ВЗ—НВ.

Как и должно было быть, коэффициенты асимметрии для экспериментальных распределений, незначимо отличных от нормального, малы и статистически незначимы. В большинстве случаев (81 из 99) асимметрия оценивается как слабая или средняя ($0,5 \leq A \leq 1$), а эксцесс (73 случая из 99) — как слабый ($\varepsilon < 1$). Зависимость A и ε от глубины залегания образцов или характера горизонтов не обнаружена. Отмеча-

Показатели распределения значений влажности в почве под лесом и лесными культурами

Дата	Культура. Местонахождение	Глубина, см	n	M	σ	V, %	χ^2	A	e	Категория влажности
				вес. %						
Сентябрь, 1968 г.	Ельник воло- систосооко- вый. Малин- ки	0—10	75	16,8	3,6	21	16,1	+0,67	-0,43	От ВЗ до (ВЗ + 1/2 ДАВ)
		10—20		15,0	2,2	15	15,1	+0,19	+0,89	
		20—30		14,7	2,2	15	10,0	-0,09	+0,10	
		30—40		16,6	2,1	13	13,9	+0,04	-0,26	
		40—50		18,2	1,8	10	8,6	+0,02	+0,92	От (ВЗ + 1/2 ДАВ) до НВ
		50—60		18,5	1,7	9	17,7**	-0,98*	+3,71*	
		60—70		18,3	1,6	9	32,8***	-1,19*	+2,19*	
		70—80	74	18,3	2,3	12	39,2***	-1,52*	+3,79*	
		80—90	73	18,4	2,8	15	44,9***	-1,90*	+4,01*	
		90—100	73	18,4	2,5	13	61,3***	-1,58*	+2,38*	
Сентябрь, 1974 г.	Березовая по- лоса. Почвен- ный стацио- нар	0—10	60	9,6	1,1	11	1,9	+0,54	+0,25	От ВЗ до (ВЗ + 1/2 ДАВ)
		10—20		10,6	0,9	9	0,9	+0,10	+0,58	
		20—30		12,0	1,4	12	1,6	-0,41	-0,59	
		30—40		13,5	1,0	7	5,8	-0,80	+0,57	
	40—50		14,4	1,0	6	1,6	+0,05	+0,63		
	Сосна. Бугор. Арчада	25	25	0,8	0,1	13	4,9	-0,25	-1,02	ВЗ — НВ
		50		1,5	0,4	27	20,7***	+0,17	-1,48	
		75		2,5	0,4	16	5,3	+0,84	+1,51	
		100		2,6	0,5	29	9,2*	-0,11	+2,49*	
	Сосна (молод- няк). Бугор	25	25	1,6	1,5	94	106,2***	+1,70*	+1,28*	ВЗ — НВ
		50	24	0,7	0,2	28	12,3*	-0,08	-0,60	
		75	25	0,8	0,2	25	14,1*	+1,26	+1,23	
		100	25	1,6	0,6	37	19,8*	-0,04	-1,56	
	Сосна (молод- няк). Низина	25	25	4,4	0,5	11	6,4	+1,35	+2,68	ВЗ — НВ
		50		3,1	0,8	26	11,0	+0,06	-0,69	
		75		3,0	0,4	13	8,3	+0,49	-0,79	
		100		2,4	0,3	12	6,2	-0,35	-0,88	
	Береза (мо- лодняк). Бу- гор	25	25	1,0	0,2	20	9,5	+1,16	+1,00	ВЗ — НВ
		50		1,0	0,4	40	21,3***	+1,39*	-1,55	
		75		2,0	0,6	30	5,0	-0,01	+0,13	
		100		2,5	0,4	16	4,8	-0,03	-0,90	
	Береза (мо- лодняк). Ни- зина	25	25	4,7	0,8	17	4,9	-0,42	-0,87	ВЗ — НВ
		50		2,8	0,9	32	41,7***	-0,98	+0,92	
		75		3,3	0,1	3	2,2	-0,31	-0,56	
	Сосна (молод- няк). Пильня	25	25	1,8	0,2	11	17,7***	+1,03	+0,48	ВЗ — НВ
		50		1,8	0,2	11	1,7	+0,70	+1,24	
		75		2,4	0,4	17	1,1	+0,31	-0,55	
		100		2,6	0,4	15	6,3	-0,35	-0,54	

ется тенденция преобладания отрицательной асимметрии (53 случая из 99) и эксцесса (56 случаев из 99). В тех случаях, когда распределение достоверно отличается от нормального, преобладает отрицательная асимметрия (27 случаев из 46) и положительный эксцесс (29 случаев из 46). Вероятность неслучайности этого соотношения равна 0,28 для асимметрии и 0,40 для эксцесса. Можно сказать, что показатели значений влажности почв в определенных условиях имеют распределение, отличное от нормального. При этом чаще отмечаются отрицательная асимметрия и положительный эксцесс. Распределение экспериментальных данных о влажности почв достоверно не подчиняется нормальному закону в следующих случаях: при достижении значений влажности завядания (ВЗ); при чередовании на одной глубине слоев разного механического состава (например, морена и покровный суглинок) и при поливе сухой почвы (на границе фронта смоченности).

В диапазоне активной (доступной) влаги (при влажности почвы выше ВЗ) распределение влажности с большой вероятностью может быть описано законом нормального распределения.

Таблица 3

Показатели распределения значений влажности в светло-каштановых почвах
Волгоградской обл. под лесными полосами. Август 1970 г.

Глубина, см	n	M		V. %	χ^2	A	e	Категория влажности
		вес. %						
Ряд ясеня в лесной полосе. 21 год								
0—10	25	7,3	1,5	21	5,4*	+1,45*	+3,30*	≈ ВЗ
10—20	28	8,0	1,5	19	6,9**	+0,14	-0,61	
20—30	26	7,5	1,2	16	4,2**	+0,13	-0,80	
30—40	26	8,8	1,1	13	5,4**	-0,99	+1,34	
40—50	27	8,0	1,1	14	15,7***	-0,55	-0,37	
50—60	27	7,3	1,0	13	6,1**	-0,05	-0,17	
60—70	28	7,8	1,1	14	6,8**	+0,35	-0,47	
70—80	28	7,8	1,3	17	2,8*	-0,36	-0,65	
80—90	26	7,8	1,1	14	1,2*	-0,63	-0,20	
90—100	27	7,7	1,2	15	13,6***	-0,99	+0,06	
Ряд вяза в лесной полосе. 21 год								
0—10	30	8,0	1,1	14	8,0***	-0,71	-0,16	≈ ВЗ
10—20	29	8,6	1,6	18	4,8*	-0,34	+0,54	
20—30	29	9,4	1,3	14	8,0***	+0,09	-4,07*	
30—40	30	8,1	0,8	10	63,1***	+0,52	-2,88*	
40—50	30	8,2	1,1	13	26,9***	-0,72	+0,01	
50—60	30	8,0	0,8	10	9,9***	-1,08	+1,71	
60—70	29	6,9	0,9	13	9,6***	+0,60	+0,54	
70—80	29	7,9	1,0	13	5,1**	-0,69	+0,33	
80—90	28	7,8	0,9	12	27,9***	-0,41	+0,10	
90—100	29	8,8	1,7	19	3,9*	+0,12	-0,69	
Ряд дуба в лесной полосе. 21 год								
0—10	30	8,0	1,4	18	4,1*	+0,10	-0,52	≈ ВЗ
10—20	30	10,2	1,3	13	6,3**	+0,66	-0,15	
20—30	30	11,0	1,1	10	7,2**	-0,62	+2,26*	
30—40	30	10,7	1,2	11	10,2***	+0,97	+3,00*	
40—50	30	10,6	1,1	10	8,8***	+0,93	+1,29	
50—60	30	9,8	0,7	7	28,2***	+13,87*	-1,47	
60—70	30	9,3	1,3	14	6,5**	+1,19	+3,09*	
70—80	30	9,6	1,2	13	3,4*	-0,22	-0,92	
80—90	30	9,4	1,3	14	4,4*	-1,88	-0,51	
90—100	30	8,7	1,6	18	4,2*	-0,32	-0,53	

В наших исследованиях распределение влажности отличалось от нормального с достоверностью 0,95 и выше в случае иссушения до ВЗ модельной почвы под люцерной (табл. 1), песчаных и супесчаных почв под сосной и березой (табл. 2), светло-каштановых почв под лесными полосами (табл. 3). Кроме того, распределение значений влажности, отличное от нормального, отмечалось при поливе иссушенной люцерной до ВЗ модельной почвы стационара (табл. 1) и в слое, в котором морена чередовалась с покровным суглинком с относительно высокой влажностью (в диапазоне намного выше ВЗ), в дерново-подзолистой почве Малинок (табл. 2). Иссушение верхних слоев светло-каштановых почв до МГ также приводило к нормальному распределению влажности. Так как иссушение почвы до влажности, соответствующей ВЗ, обусловлено десукцией и определяется сосущей силой растений (его водным потенциалом) и влагопроводностью почвы (непосредственное влияние физического испарения, как правило, ограничено верхними слоями), то неравномерность влажности почвы в диапазоне около ВЗ определяется этими двумя факторами. Термодинамический потенциал растения ставит предел иссушению почвы в данной точке, а влагопроводность, величина которой резко падает с уменьшением влажности почвы, может создавать «островки» с более высокой влажностью, что и определяет поло-

жительную асимметрию распределения влажности, особенно при сравнительно высокой корненонасыщенности почвенного слоя. При слабой корненонасыщенности можно ожидать отрицательной асимметрии. К сожалению, пока еще трудно решить, какая именно насыщенность корнями будет создавать эти различия в распределении почвенной влажности.

Поскольку распределение значений влажности, близкой ВЗ, не подчиняется нормальному закону, на основании анализа распределения можно сделать вывод о величине влажности, соответствующей ВЗ в природных условиях под данными растениями. Ранее [4] было показано, что каждая древесная порода (ясень, вяз, дуб) связана с определенной влажностью почвы. Каждой породе дерева соответствует своя влажность завядания. Анализ распределения влажности при ВЗ позволяет предполагать, что одна из наиболее вероятных причин специфичности — это сосущая сила корней данной древесной породы (табл. 3, средние арифметические значения влажности).

Если распределение показателей значения влажности разных почв под различными культурами представить в виде кривых, то по мере сдвига кривой в сторону ВЗ можно наблюдать увеличение эксцесса. В то же время при увеличении влажности до уровня НВ эксцесс резко уменьшается. Таким образом, поведение воды в почве заметно различается по диапазонам влажности, и распределение ее значений описывается разными статистическими законами, что необходимо учитывать при анализе влажности почвы.

Выводы

1. Значения влажности почвы в зависимости от ее диапазона распределены по разным законам. В диапазоне НВ—ВЗ распределение влажности подчиняется нормальному закону. Этому же закону подчиняется распределение влажности в диапазоне около МГ. В диапазоне около ВЗ распределение величин влажности не подчиняется нормальному закону.

2. Резкая смена абсолютной влажности в почве (при чередовании слоев разного механического состава, на границе смоченности почвы после дождя или полива) также связана с неподчинением распределения величин влажности нормальному закону. Оно обязано неравному участию двух неоднородных по влажности слоев в формировании влажности пограничного слоя.

3. Асимметрия распределения влажности, особенно проявляющаяся при достижении почвой влажности, соответствующей ВЗ, связана с разной корненонасыщенностью: положительная асимметрия отмечается при высокой и отрицательная — при низкой корненонасыщенности.

4. В однородной почве закон распределения влажности (нормальный или отличный от нормального) не зависит от глубины залегания горизонта, а лишь от влажности почвы.

Литература

1. Белобров В. П. Варьирование некоторых химических и морфологических свойств дерново-подзолистых почв в пределах элементарных почвенных ареалов и классификационных групп. В кн.: Почвенные комбинации и их генезис. Изд. МГУ, 1972.
2. Гусак В. Б., Зухуров Н., Ахмеджанов И., Раджанов А. Опыт исследования варьированности влажности сероземов. Почвоведение, 1967, № 4.
3. Дмитриев Е. А., Манушаров А. С. Об асимметрии в распределении водопроницаемости. Почвоведение, 1967, № 5.
4. Карпачевский Л. О., Боровинская Л. Б., Захарина Л. Д., Кипнис В. М. Неоднородность почвенного покрова в искусственных биогеоценозах. В сб.: Структура почвенного покрова и методы ее изучения. М., 1973.
5. Крупеников И. А., Мехлин Т. Б., Шилихина И. И. Статистические характеристики и параметры подтипов черноземов Юго-Запада СССР. В кн.: Научные основы рацио-

нального использования почв черноземной зоны СССР и пути повышения их плодородия, вып. 1. Воронеж, 1966.

6. Орешкина Н. С. О некоторых закономерностях варьирования влажности в модельной дерново-подзолистой почве. Почвоведение, 1971, № 9.
7. Орешкина Н. С. Водно-физические свойства и режим влажности модельной (насыпной) дерново-подзолистой почвы. Вестн. МГУ, 1972, № 2.
8. Nielsen O., Bigger J., Erb K. Spatial variability of fieldmeasured soilwater properties. Hilgardia, 1973, v. 42, № 7.
9. Ventila J., Cariarae A. Some general features of the frequence distribution used in soil seinse. Тр. X Междунар. конгр. почвовед., т. 6, комиссия 5, ч. 2. М., 1974.

Почвенный факультет
МГУ

Дата поступления
3.XI.1975 г.

E. A. DMITRIEV, L. O. KARPACHEVSKY, N. S. ORESHKINA, L. D. ZAKHARINA,
E. V. SHEIN, V. KUKLIK

STATISTICAL DISTRIBUTION OF SOIL MOISTURE VALUES

Statistical distribution of moisture values in heavy-textured soils (soddy-podzolic of Moscow region and light-chestnut of Volgograd region) and coarse-textured soils (of Volgograd region) has been studied. It has been found that the studied distribution obeys the law of normal distribution when soil moisture ranges from maximum water capacity to wilting point. The distribution of moisture values reliably (with probability more than 0,95) differs from normal distribution when the soil is dried up to wilting point and lower, when the dry soil is irrigated and on the boundary of layers with different mechanical composition.
