

Л. А. АРАКЕЛОВА

РЕЖИМ ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГИДРОПОНИКЕ

Работа выполнена под общим руководством Г. С. Давтяна

Экспериментальные исследования по изучению испарения с поверхности различных наполнителей были начаты в 1967 г. и продолжались в течение четырех лет (1967—1970 гг.) на водно-испарительной площадке гидропонической экспериментальной станции Института агрохимических проблем и гидропоники АН Армянской ССР по инициативе и под руководством Г. С. Давтяна. Институт расположен на окраине г. Еревана, в предместье Норагюх, на правом берегу реки Раздан. Площадка находится на высоте 910 м над уровнем моря.

Исследования по изучению испарения с поверхности различных наполнителей проводились с 1/VIII по 12/X—(1967 г.), с 18/IX по 20/X—(1968 г.), с 24/IV по 5/X—(1969 г.) и с 20/IV по 20/X—(1970 г.).

Для измерения испарения была оборудована специальная водно-испарительная площадка, на которой установлены весы марки МП—150 кг с испарителями площадью 2000 кв. см, глубиной 25 см (рис. 1).

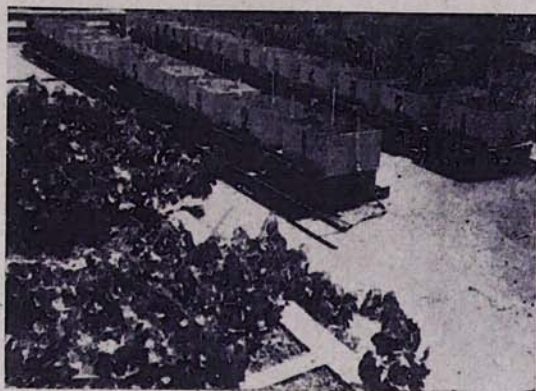


Рис. 1. Общий вид испарителей.

Испарители прямоугольной формы размерами 25 см×40 см×50 см изготовлены из кровельного железа толщиной 1 мм. После установления на весы они были наполнены различным материалом до краев бортика испарителя. Размеры фракций наполнителя от 2 до 20 мм. Состав наполнителей приведен в табл. 1.

Измерение величины испарения включало определение разности веса субстратов с различными наполнителями за промежуток времени между сроками взвешивания. Вначале во всех испарителях был уста-

Таблица 1

Схема опытов

№ испарителя	1967 г.		№ испарителя	1968 г.		№ испарителя	1969 г.		№ испарителя	1970 г.	
	наполнитель	уровень подпит.		наполнитель	уровень подпит.		наполнитель	уровень подпит.		наполнитель	уровень подпит.
1	Смесь (грав. 70% + шлак 30%)	2 см ниже поверхности. наполнит.	1	Шлак	2 см ниже поверхности. наполн.	1	Шлак	2 см ниже поверхности. наполн.	1	Шлак	2 см ниже поверхности.
2	"	"	2	"	4 см	2	"	4 см	2	"	"
3	Ириндская пемза	"	3	"	8 см	3	"	8 см	3	Смесь (грав. 70% + шлак 30%)	2 см
4	"	"	4	"	"	4	"	"	4	"	"
5	Вулканический шлак	"	5	"	16 см	5	"	16 см	5	Гравий	2 см
6	"	"	6	Смесь (грав. 70% + шлак 30%)	2 см ниже поверхности. наполн.	6	Смесь (грав. 70% + шлак 30%)	2 см ниже поверхности. наполн.	6	"	"
7	Гравий	"	7	"	4 см	7	"	4 см	7	Пемза	2 см
8	"	"	8	"	8 см	8	"	8 см	8	"	"
			9	"	16 см	9	"	16 см	9	Почва	2 см
				Почва	2 см	10	Гравий	2 см	10	"	"
					"	11	Пемза	2 см			
							Почва	2 см			

новлен уровень воды согласно данным табл. 1. После установления уровня, каждый из испарителей взвешивался два раза в сутки, в 8 и 20 часов по местному времени. После каждого взвешивания производился долив до прежнего уровня. В каждом испарителе с помощью ртутных термометров измеряли температуру субстрата на глубине 2 см от поверхности в 8, 11, 14, 17 и 20 часов ежедневно.

Для измерения испарения с водной поверхности был установлен испаритель ГГИ-3000. Установку и наблюдение по нему проводили в соответствии с действующим наставлением Гидрометслужбы СССР. Изучение дневного хода температуры воды в испарителе ГГИ-3000 производили также с помощью ртутного термометра на глубине 2 см от поверхности воды в 8, 11, 14, 17 и 20 часов ежедневно. Для измерения осадков применялся наземный дождемер, установленный рядом с испарителем ГГИ-3000.

На рис. 2 представлен сезонный ход испарения (Е мм/сутки) из испарителей с различными наполнителями. При одних и тех же условиях наибольшее испарение имеет место с испарителя № 1, наполненного шлаком (255,1 мм за период с 24/IV по 5/X 1969 г.). Величины испарения в испарителях № 1 и № 10 (ириндская пемза) примерно одинаковы (255,1 мм и 233,5 мм). Наименьшее испарение за рассматриваемый период получено с испарителя № 9, наполненного гравием (134,2 мм). Испаритель № 1, наполненный крошкой вулканического шлака, испаряет почти вдвое больше, чем испаритель № 9, наполненный гравием.

С поверхности испарителя ГГИ-3000 за указанный период испарение составило 239,9 мм, т. е. примерно столько же, сколько показывает

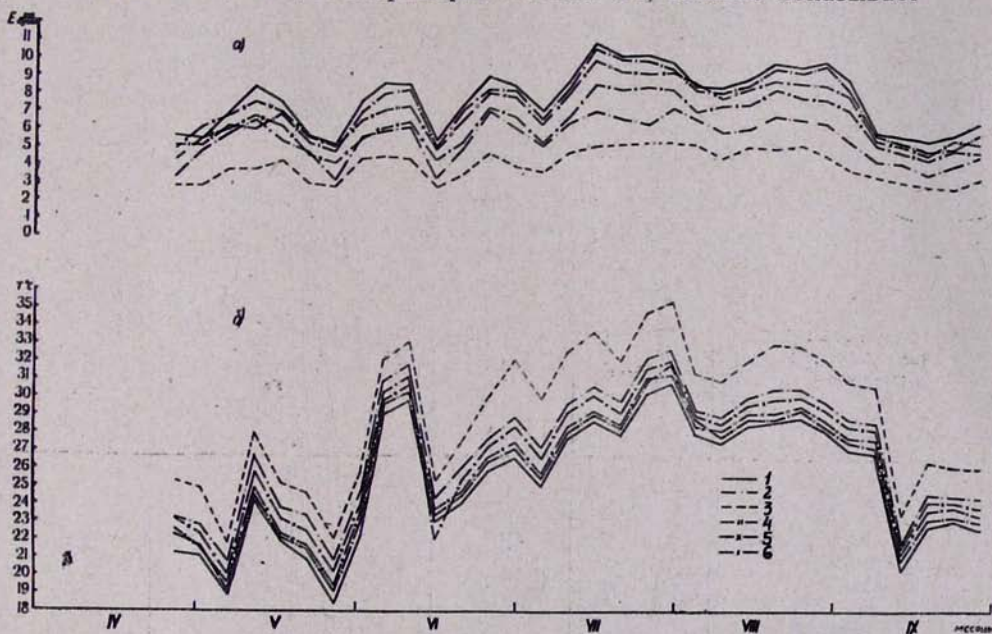


Рис. 2. а). Сезонный ход испарения с поверхностного слоя субстратов с различными наполнителями.

1—шлак (глубина подпитывания 2 см); 2—смесь (70% гравий+30% шлак, глубина подпитывания 2 см); 3—гравий (глубина подпитывания 2 см); 4—пемза (глубина подпитывания 2 см); 5—почва (глубина подпитывания 2 см); 6—ГГИ-3000.

б). Сезонный ход температуры поверхностного слоя субстратов с различными наполнителями. Обозначения аналогичны рис. 2а.

испаритель № 10, наполненный ириндской пемзой, — 233,5 мм. Аналогичная картина получена в 1967, 1968 и 1970 гг.

На рис. 26 представлен сезонный ход температуры ($^{\circ}\text{C}$) поверхностного слоя субстратов с различными наполнителями. Данные этого рисунка показывают, что температура поверхностного слоя субстратов оказалась наивысшей в тех испарителях, испарение с поверхности которых было наименьшее (№ 9 и № 5) и наоборот (№ 1 и № 10). Температура же воды в испарителе ГГИ-3000 почти одинакова с температурой субстрата в испарителе № 1 и № 10; их испарение примерно одинаково. Аналогичная картина получена в 1967, 1968 и 1970 гг.

Специальные экспериментальные исследования, проведенные в ГГО и на Валдае, показали относительно малую зависимость радиационного баланса от вида испаряющей поверхности, особенно при ее достаточном увлажнении. Если принять радиационный баланс испарителей с разными наполнителями в первом приближении одинаковым, а разность их температурного режима объяснить только различием испарения (обусловленного разной порозностью или разными изоляционными свойствами наполнителя), то можно приближенно оценить дополнительный расход тепла на теплоаккумуляцию и турбулентный и лучистый теплообмен с окружающей средой испарителей с разными наполнителями по сравнению с аналогичным расходом тепла испарителя, заполненного шлаком, условно принятого за эталон. В табл. 2 подведены итоги оценки температурного режима испарителей путем приведения к одинаковому расходу тепла на испарение.

Из табл. 2 видно, что чем больше температура и соответственно меньше испарение с испарителя, тем больше затраты тепла, сэкономленного на испарении, а следовательно, тем больше теплообмен с окружающей средой. Так, испаритель, наполненный гравием, при испарении 4,2 мм/сутки и температуре $29,2^{\circ}$ имеет недорасходованным на испарение 456 ккал/сутки, из которых 195 ккал/сутки затрачено на повышение температуры наполнителя и воды в испарителе и 261 ккал/сутки на его теплообмен с окружающей средой.

Таблица 2

Сопоставление расхода тепла на испарение, теплоаккумуляцию и теплообмен (турбулентный и лучистый) разных испарителей

Наименование наполнителей в испарителях	Испарение $E_{\text{ср}}$ мм/сутки	Температура $T_{\text{ср}}$ $^{\circ}\text{C}$	Теплоаккумуляция ΔQ ккал/сутки	Дополнительный теплообмен ΔR ккал/сутки	Остаточные затраты тепла на испарение (экономленное тепло) $\Delta E = LE_1 - LE_2$ ккал/сутки
1 шлак	8,0	25,3	0	0	0
2 смесь (70% + гравий + 30% шлак)	5,7	27,3	100	176	276
3 гравий	4,2	29,2	195	261	456
4 пемза	7,3	26,0	35	49	84
5 почва	6,5	26,6	65	115	180
6 ГГИ-3000	7,4	25,3	25	47	72

Испаритель ГГИ-3000 испаряет почти столько же, сколько испаряет испаритель, наполненный пемзой. В связи с тем, что температура в испарителе ГГИ-3000 ниже, чем в испарителе, наполненном пемзой, у этого испарителя меньше и сэкономленные затраты тепла на испарение и расходуемое тепло на теплоаккумуляцию и теплообмен с окружающей средой (соответственно 84 и 72, 35 и 25, 49 и 47 ккал/сутки).

Испаритель, наполненный смесью (70% гравий+30% шлак), имеет температуру 27,3° и испаряет 5,7 мм/сутки, т. е. испаряет немного больше, чем испаритель, наполненный гравием; следовательно, он меньше расходует тепла на испарение и теплообмен (276 и 176 ккал/сутки). Аналогичное мы можем сказать и об испарителе, наполненном почвой.

В табл. 3 приведены средние величины испарения (Е мм/сутки) и температуры (Т°С) испарителей с различным наполнителем и различным уровнем подпитывания. Из этой таблицы видно, что и при различ-

Таблица 3

Средняя величина испарения (Е мм/сутки) и температуры (Т°С) испарителей с различными наполнителями и различным уровнем подпитывания за период с 24/IV по 5/X 1969 г.

	Наполнители							
	уровень подпитывания (см)				уровень подпитывания см			
	2	4	8	16	2	4	8	16
	в испарителях №				в испарителях №			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Испарение Е (мм/сутки)	8,0	5,9	4,1	2,0	5,7	3,8	2,2	1,0
Температура (Т°С)	25,3	25,7	26,0	26,3	27,3	27,6	27,9	28,4

ном уровне подпитывания наибольшее испарение (8,0 мм/сутки) получено с испарителя № 1, наполненного шлаком и имеющего уровень подпитывания 2 см ниже поверхности наполнителя. Несколько меньшее испарение (5,7 мм/сутки) получено с испарителя № 5, наполненного смесью (70% гравий+30% шлак), имеющего уровень подпитывания также 2 см ниже поверхности наполнителя.

Из табл. 3 и рис. 3 и 4 видно, что чем ниже уровень подпитывания в испарителях, тем меньше испарение. Так, испаритель № 1, наполненный шлаком, с уровнем подпитывания 2 см ниже поверхности наполнителя, испаряет немного больше, чем испаритель № 2, наполненный шлаком, но с уровнем подпитывания 4 см и почти в два раза испаряет больше испарителя № 3, наполненного шлаком, но с уровнем подпитывания 8 см. По сравнению с испарителем № 4, наполненным шлаком и имеющим уровень подпитывания 16 см, испаритель № 1 испаряет в четыре раза больше.

Аналогичные результаты получены и в испарителях № 5, 6, 7 и 8, наполненных смесью (70% гравий + 30% шлак). Результаты эти вполне естественные и характеризуют

нарастание изоляционных свойств (по отношению к испарению) наполнителя по мере роста толщины его слоя над уровнем подпитывания.

Данные температуры поверхностного слоя субстрата показывают, что наибольшая температура оказалась в тех испарителях, испарение с поверхности которых было наименьшее (например, в испарителе № 5, наполненном смесью).

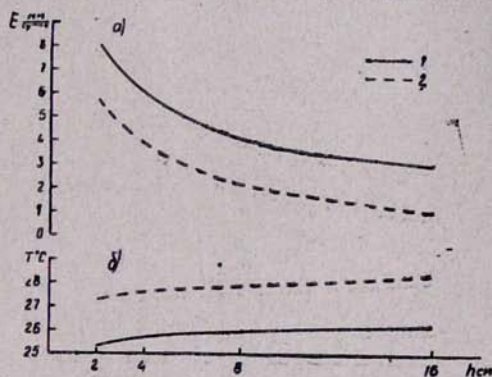


Рис. 3. Зависимость испарения (а) и температуры (б) от высоты подпитывания (см). 1—шлак; 2—смесь (70% гравий+30% шлак).

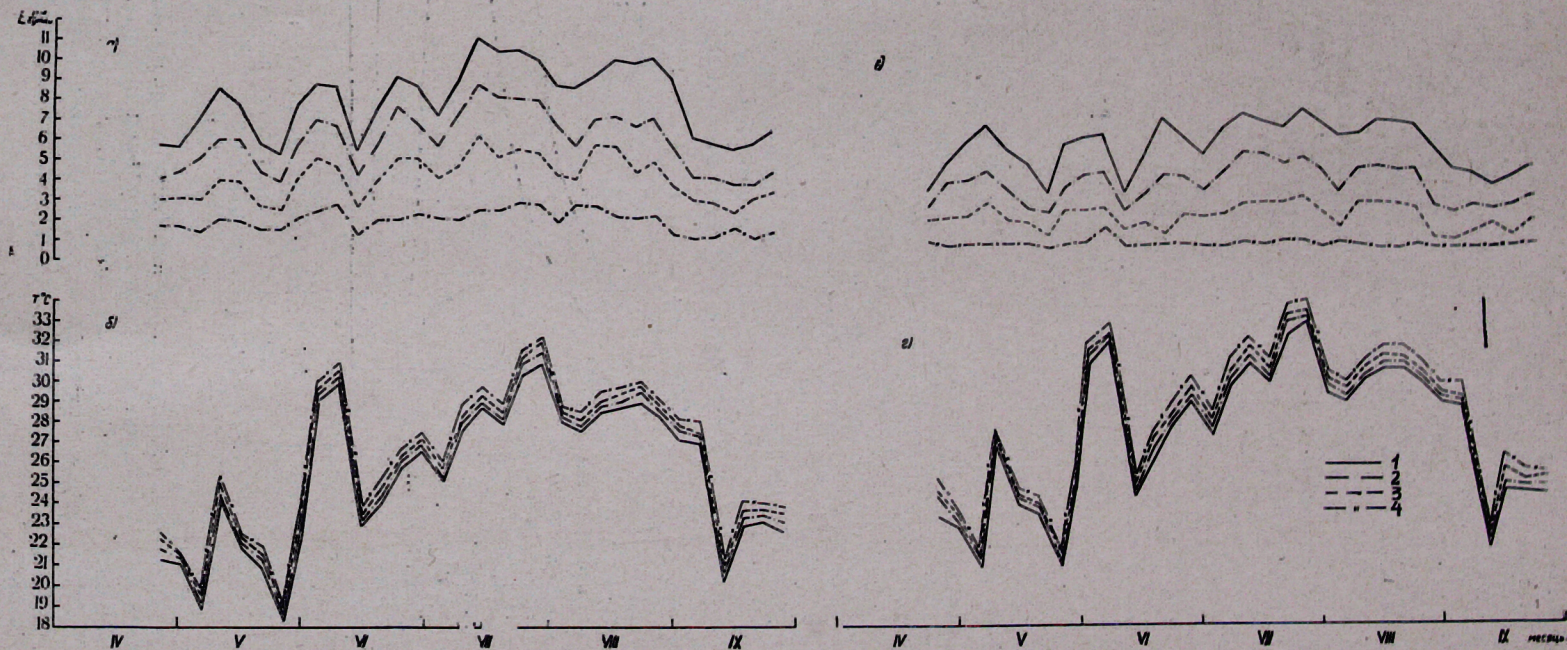


Рис. 4. Сезонный ход испарения (а, в) и температуры (б, г) испарителей с различными наполнителями и разным уровнем подпитывания.
1—уровень подпитывания 2 см, 2—4 см, 3—8 см, 4—16 см.

Исходя из приведенных данных, можно заключить, что в гидропонике наименьшим испарением отличаются наполнители из гравия (массивно-кристаллических, андезит-базальтовых и базальтовых пород) и гравия с 30% вулканического шлака (4,2 мм/сутки и 5,7 мм/сутки), в то время как с поверхности ириндской пемзы и вулканического шлака испаряется почти вдвое больше воды (7,3 мм/сутки и 8,0 мм/сутки).

Проведенные исследования показывают также, что наиболее экономичными с точки зрения расхода воды являются наполнители гравий и смесь (70% гравия+30% шлака). Однако эти выводы требуют дальнейшего уточнения, в связи с возможным разным влиянием растительного покрова на полученные величины испарения. Проведенные исследования показывают вместе с тем, что наиболее приемлемым с точки зрения экономии воды (и питательного раствора) является уровень подпитывания в делянках на 4 см ниже поверхности наполнителя. При более низком уровне затрудняются условия для всходов и развития выращиваемых растений.

Из сказанного выше следует сделать вывод о необходимости продолжения этих работ, главным образом в направлении уточнения режима испарения и расхода тепла с разных наполнителей с растительностью, используемых в гидропонике.

Լ. Ա. ԱՌԱՔԵԼՈՎԱ

ՀԻԴՐՈՊՈՆԻԿԱՅՈՒՄ ՕԳՏԱԳՈՐԾՎՈՂ ՏԱՐԲԵՐ ԼՅԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՄԱԿԵՐԵՍԻՑ ԿԱՏԱՐՎՈՂ ԳՈՂՈՐՇԻԱՑՄԱՆ ՌԵԺԻՄԸ

Ա. մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում նկարագրվում են հիդրոպոնիկայում օգտագործվող տարբեր լցանյութերի մակերեսից կատարվող գոլորշիացման փորձերը:

Տրվում են հանձնարարականի առավել նպատակահարմար լցանյութերի ընտրման և սննդաբար լուծույթը ներքևից մատակարարելու մակարդակի վերաբերյալ:

L. A. ARAKELOVA

ON THE EVAPORATION RATE RESULTING FROM THE SURFACE OF DIFFERENT FILLERS USED IN HYDROPONICS

Summary

The article describes experiments dealing with the evaporation taking place from the surface of various fillers used in hydroponics.

Recommendations are given on the selection of more suitable fillers and the sub-irrigation level.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давтян Г. С. Гидропоника как производственное достижение агрохимической науки, Ереван, 1969.
2. Константинов А. Р. Испарение в природе. Гидрометеониздат, Л., 1968.
3. Тимирязев К. А. Соч., т. III, 1949.