

М. С. ГЗЫРЯН, К. С. МАНАСЯН

СТРОЕНИЕ ЛИСТА АЛОЭ ДРЕВОВИДНОГО В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ ГИДРОПОНИКИ

Знание особенностей строения листа алоэ древовидного [*Aloe arborescens* Mill.] полезно для выяснения связи между структурой листа и накоплением лекарственного вещества.

В условиях открытой гравийной гидропоники алоэ выращивается впервые. Опыты проводятся в ИАПГ АН Арм. ССР по инициативе и под руководством Г. С. Давтяна. Настоящая работа посвящена сравнительному изучению анатомических особенностей технически зрелых листьев алоэ, выращенного в условиях открытой гравийной гидропоники и на контрольном почвенном участке. Опыты по культуре алоэ проводятся М. А. Бабахяном на экспериментальной гидропонической станции Института [1].

Материал и методика. Исследовали листья растений опытных посадок 1972 и 1973 гг. Посадочным материалом служили укорененные детки, взятые с почвенных плантаций (П). Часть их высаживалась на делянки открытой гидропоники (вариант П—Г), а другая — в почву (вариант П—П). На следующий год растения варианта П—Г, перезимовавшие в гидропонической теплице, вновь высаживались на делянки открытой гидропоники (вариант П—Г—Г) и в почву (вариант П—Г—П). Для анатомических исследований брали: молодые листья текущего года в конце вегетации (5/IX—72 г. и 4/IX—73 г.), а старые, т. е. листья растений прошлого года, после их перезимовки в теплице и выноса в открытую гидропонику — 24 августа 1973 г. В гидропонических делянках густота посадки была 8 и 16 растений на 1 кв. м, в почве посадка производилась по схеме 70×40 см.

Поперечные срезы листа делали отступя от основания листа на 3—4 см. При помощи проекционного рисовального аппарата РА-5 и микроскопа МБИ-3 получали схематические зарисовки поперечного сечения каждого проводящего пучка. Схематический рисунок всего поперечного сечения листа получали пользуясь обычным фотоувеличителем. На схематических зарисовках весовым методом определяли площадь каждой ткани или анатомического элемента. Для вычисления площади тканей в квадратных миллиметрах вычисляли удельный вес бумаги. Полученный цифровой материал обработан вариационным методом (2).

Лист алоэ имеет довольно специфическое строение [3—8]. Снаружи он покрыт толстым кутикулярным слоем и мелкоклеточной эпидермой, под которой расположена хлорофиллоносная ткань в виде узкой зеленой каймы; середина листа заполнена бесцветным слизистым содержимым. Паллади [4] и Раздорский [5] бесцветную середину листа считают типичной водной паренхимой. На границе зеленой каймы и бесцветной середины листа расположены проводящие пучки, образующие прерванное кольцо [рис. 1]. В проводящих пучках выделяются очень крупные тонкостенные клетки, в которых накапливаются действующие вещества в виде желтого сока. Эти клетки Гаммерман [3] называет «алонновыми».

Наши наблюдения позволяют несколько дополнить приведенное описание структуры листа алоэ. На поперечном сечении листа отчетливо видна дорзивентральность строения—верхняя [вогнутая] сторона листа представлена палисадной паренхимой с типичными столбчатыми клетками, на нижней [выпуклой] стороне губчатая паренхима [рис. 2]. Клетки губчатой паренхимы округлые и расположены плотно без межклетников. Все паренхимные клетки заполнены крупными хлорофилловыми зернами. Водная паренхима состоит из гигантских клеток с тончайшими оболочками и однородным слизистым содержимым. В водной паренхиме много рафид, обычно одиночных, редко пучками. Рафиды длинные, обоюдоострые, с треугольным сечением на изломе [рис. 1].

В проводящих пучках [рис. 3] ксилема и флоэма [проводящая часть пучка] погружены в водную паренхиму, а «алоиновые клетки» вдаются в зеленую кайму. Ксилема пучка представлена двумя крупными сосудами и мелкими паренхимными клетками, с периферии окружена узким слоем обкладочных клеток. Флоэма занимает небольшую площадь между ксилемой и «алоиновыми клетками».

Дифференциация пучков начинается с закладки элементов флоэмы и ксилемы, после чего образуются алоиновые клетки. Последующий рост пучков происходит за счет разрастания имеющихся

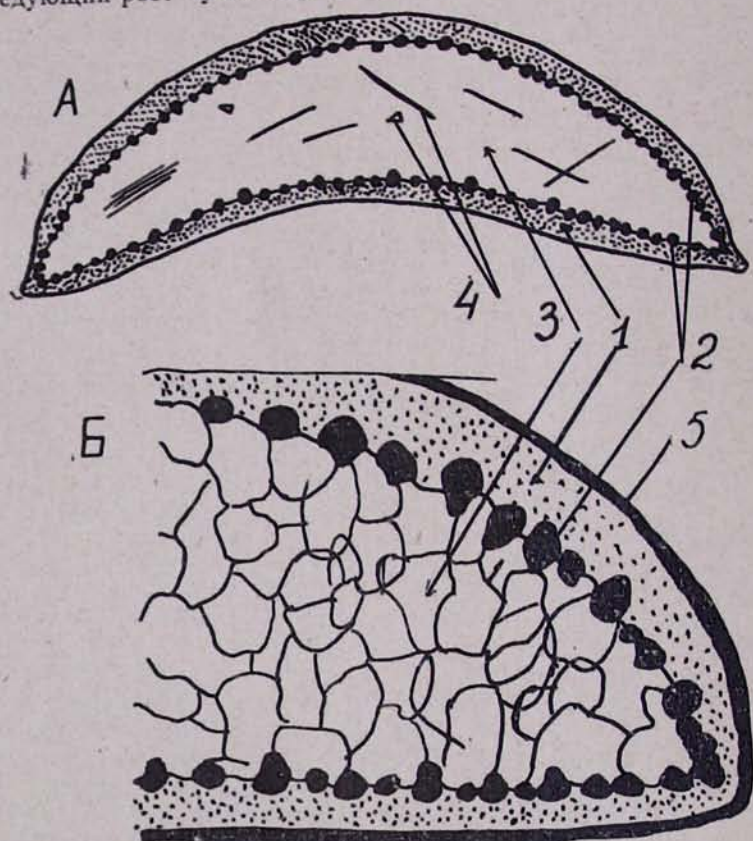


Рис. 1. Поперечное сечение листа. А—при малом увеличении, Б—при большом увеличении. 1—хлорофиллоносная ткань (зеленая кайма), 2—проводящие пучки, 3—водная паренхима (бесцветная середина листа), 4—рафиды, 5—кожица.

и образования новых «салонных клеток», в результате этого проводящая часть пучка постепенно углубляется в водную паренхиму и отделяется от хлорофиллоносной ткани [рис. 4]. В чередовании пучков различной величины наблюдается определенный порядок [рис. 1]. Проводящая часть нескольких соседних пучков местами соединена анастомозами, имеющими вид тяжа, проходящего параллельно поверхности листа [рис. 5]. При большом увеличении в этих тяжах хорошо виден крупный сосуд с лестничным утолщением.

Сравнительная характеристика листа гидропонических и почвенных растений. В условиях гидроponики [вариант П—Г и П—Г—Г] изогнутость листа слабо выражена или даже лист двояковыпуклый. Это происходит в результате чрезмерного разрастания клеток водной паренхимы. Клетки губчатой паренхимы часто принимают квадратную или столбчатую форму [рис. 2]. В остальном различия между почвенными и гидропоническими растениями носят лишь количественный характер. У гидропонических растений на обеих сторонах листа одинаковая толщина тканей, а у почвенных большая толщина тканей на нижней стороне листа [табл. 1].

Сравнение гидропонических растений с почвенными показало, что

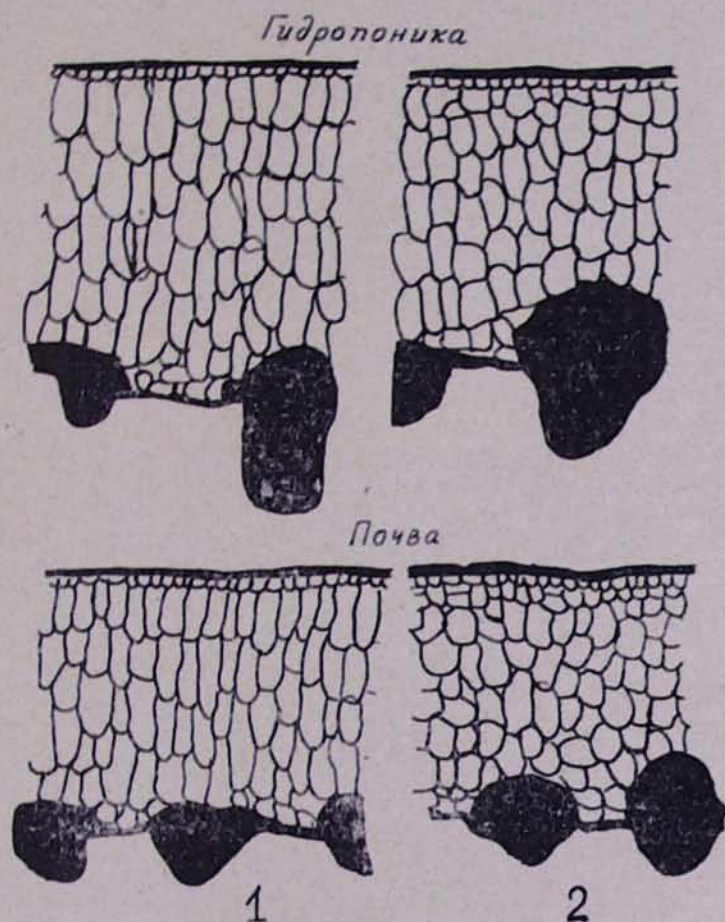


Рис. 2. Хлорофиллоносная ткань на верхней и нижней стороне листа. 1—верхняя сторона (столбчатые клетки), 2—нижняя сторона (губчатые клетки). Зачернены проводящие пучки.

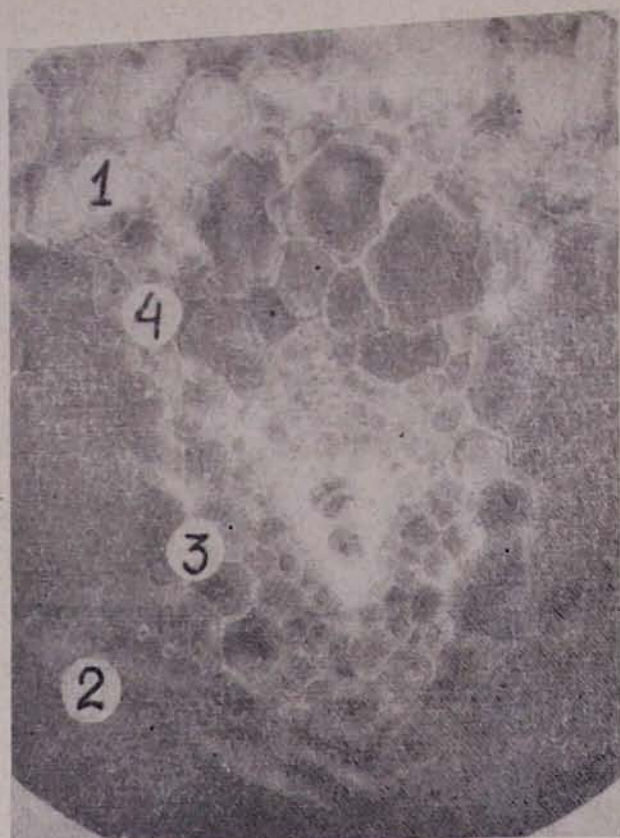


Рис. 3. Проводящий пучок: 1—хлорофиллоносная ткань, 2—водная паренхима, 3—проводящая часть пучка (ксилема, флоэма, обкладка), 4—«алоофильные» клетки.

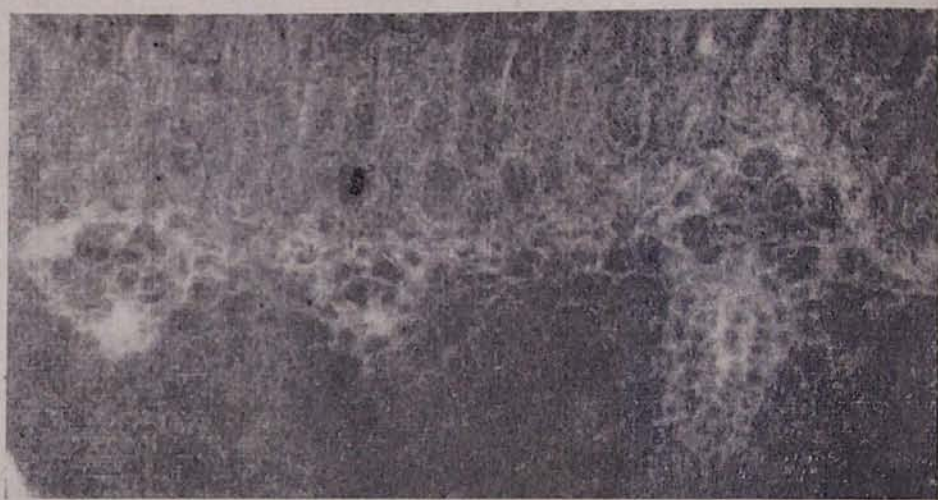


Рис. 4. Фрагменты поперечного сечения листа с проводящими пучками различной степени развития.

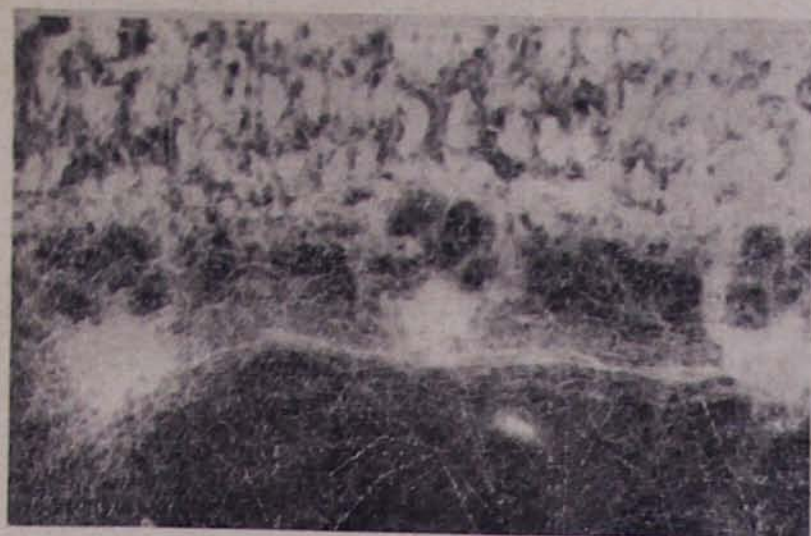


Рис. 5. Анастомозы, соединяющие проводящую часть соседних пучков.

в условиях гидропоники площадь поперечного сечения листа и водной паренхимы во всех вариантах опыта больше, чем у почвенных растений [табл. 2]. После непосредственного перехода с почвы на гидропонику [вариант П—Г] сильно разрастаются хлорофиллоносная и проводящая ткани, особенно проводящая часть пучков. На втором году непрерывного выращивания на гидропонике разница эта сглаживается—происходит более равномерное разрастание всех тканей, но все же больше увеличивается объем водной паренхимы. В первый год жизни на гидропонике заметно возрастает также абсолютное число проводящих пучков на 1 сечение листа, в то время как расчетная густота жилкования [число пучков на 1 кв. мм площади сечения] не изменяется.

Площадь проводящей ткани у всех изученных растений, как гидропонических, так и почвенных, составляет 3—4% от площади всего сечения листа [табл. 3]. При перенесении растений с почвы на гидропонику [вариант П—Г] площадь проводящей ткани повышается в 1,5 раза, но густота жилкования остается на том же уровне [табл. 2]. При

Таблица 1

Толщина тканей в зеленой кайме листа алоэ (на поперечном сечении листа)

Показатель	Сторона листа	Ед. изме- рения	Почва		Гидропоника		Гидропони- ка в % от почвы
			$M \pm m$	мин — макс.	$M \pm m$	мин. — макс.	
Суммарная толщина кожицы и хлорофил- лоносной ткани	верхняя	мкм	795±18	565—957	957±16	739—1305	121
	нижняя	"	818±16	652—1009	948±10	783—1261	116
	сумма	"	1614	—	1905	—	118
Толщина кожицы ку- тикула и эпидерма	верхняя	"	91	—	87	—	96
	нижняя	"	79	—	91	—	115
	сумма	"	170	—	178	—	105
Толщина хлорофилло- носной ткани	верхняя	"	705±16	478—876	870±15	696—1174	123
	нижняя	"	739±16	555—913	875±11	783—1131	116
	сумма	"	1445	—	1727	—	120
Число рядов клеток хлорофиллоносной ткани	верхняя	шт	4	—	5	—	140
	нижняя	"	5	—	8	—	156
	сумма	"	9	—	13	—	149

Таблица 2

Изменение анатомических коэффициентов листа гидропонических растений
алоэ древовидного по сравнению с почвенными растениями
(густота посадки растений 8 и 16 на 1 кв. м площади гидропоникума)

Анатомический показатель	Ед. измерения	Опыт 1973 г. /П—Г—Г/			
		молодой лист		старый лист	
		16	8	16	8
Поперечное сечение листа	% от почвы	133	111	112	112
Площадь хлорофиллоносной ткани	"	90	96	98	98
Площадь водной паренхимы	"	155	117	118	120
Площадь проводящей ткани	"	90	104	105	101
Проводящая часть пучков	"	100	94	93	96
Алоиновые клетки	"	93	112	103	95
Число проводящих пучков на 1 поперечном сечении листа	"	113	97	97	95
Густота жилкования /число пучков на 1 кв. мм сечения листа/	"	84	87	87	85

Таблица 3

Сравнительно-анатомическая характеристика листа алоэ древовидного при открытой гидропонике и на почве (площадь на 1 сечении листа, в кв. мм)

Год опыта	Вариант опыта и густота посадки	Возраст листа	Поперечное сечение листа			Хлорофиллоносная ткань		Водная паренхима		Проводящая ткань		Соотношение хлорофиллоносной ткани к зеленой кайме
			M±m	M±m	%	M±m	%	M±m	%	M±m	%	
1972	П—П	молодой	127±13	37±2	29	86±11	68	4±0.2	3	0.43		
1973	П—Г—П	—	160±9	47±4	29	106±3	67	7±1.4	4	0.46		
	—	старый	214±5	58±5	29	147±1	67	9±0.1	4	0.41		
1972	П—Г 16	молодой	170±10	55±4	33	109±8	64	6±0.2	3	0.50		
1973	П—Г—Г 16	—	213±12	42±4	20	164±4	77	6±1.0	3	0.26		
	— 8	—	177±4	45±1	25	124±4	71	7±0.1	4	0.36		
	— 16	старый	240±9	57±3	24	173±11	72	10±0.1	4	0.33		
	— 8	—	241±23	55±5	23	177±17	73	9±1.6	4	0.31		

Таблица 4

Сравнительное развитие проводящей ткани листа алоэ древовидного при открытой гидропонике и на почве (площадь на 1 сечении листа, в кв. мм)

Год опыта Вариант и густота	Возраст листа	Суммарная площадь проводящих пучков	Проводящая часть пучков		Алоиновые клетки		Соотношение прово- дащей части к ало- иновым клеткам	Число пучков на 1 сечении листа	Густота жилко- вания
			M±m	%	M±m	%			
		M±m							
П о ч в а									
1972. П—П	Молодой	3,8±0,2	1,1±0,1	39	2,7±0,2	70	0,41	83±1	0,65
1973. П—Г—П	—	6,0±0,2	1,8±0,3	30	4,2±0,1	69	0,43	108±6	0,68
"	старый	9,2±0,7	2,7±0,2	29	6,5±0,6	71	0,42	117±7	0,54
Гидропоника									
1972. П—Г	молодой	5,8±0,2	2,1±0,1	36	3,7±0,2	64	0,57	108±1	0,64
1973. П—Г—Г	—	5,7±0,5	1,8±0,2	32	3,9±0,3	68	0,46	122±7	0,57
— 16	—	6,4±0,3	1,7±0,1	27	4,7±0,4	73	0,36	105±16	0,57
— 8	старый	9,2±0,5	2,5±0,2	27	6,7±0,3	73	0,36	113±8	0,47
— 16	—	8,9±0,7	2,6±0,2	30	6,2±0,5	70	0,42	111±2	0,46

Таблица 3

Количественно-анатомические показатели различных участков листа алоэ древовидного гидропонических и почвенных растений

Показатель	Ед. измерения	Гидропоника							Почва						
		Расстояние от основания (см)						среди, для листа	Расстояние от основания (см)						среди, для листа
		2	7	12	17	22	27		2	7	12	17	22	27	
Площадь сечения листа	кв. мм	274	255	208	143	85	42	168	224	169	103	72	40	23	105
В том числе: хлорофиллоносная и проводящая ткани	%	37	41	41	42	43	43	41	38	40	41	44	52	56	45
Суммарная проводящих пучков	—	3,7	4,2	3,6	3,9	4,4	5,5	4,2	3,9	4,4	4,7	4,7	6,8	9,1	5,6
Водная паренхима	—	63	59	59	58	57	57	59	62	60	59	56	48	54	56
В проводящих пучках площадь алоиновых клеток	—	71	71	73	77	78	78	74	75	76	76	79	81	81	78
Проводящей части	—	29	29	27	23	22	22	25	25	24	24	21	19	19	22
Соотношение проводящей части пучка к алоиновым клеткам	—	0,40	0,40	0,37	0,30	0,27	0,28	0,34	0,33	0,31	0,32	0,26	0,23	0,23	0,27
Число проводящих пучков на 1 сечении	шт.	139	120	98	82	66	47	92	141	117	88	63	52	40	83
Густота жилкования (число жилок на 1 кв. мм)	—	0,51	0,47	0,48	0,57	0,78	1,12	0,55	0,63	0,69	0,85	0,88	1,30	1,74	0,79

дальнейшем выращивании на гидропонике [вариант П—Г—Г] мощность проводящей ткани такая же, как у почвенных растений, а густота жилкования меньше на 13—16%. Причем в этом случае не сказывается ни возраст листа, ни густота стеблестояния [табл. 2]. Молодые листья, образовавшиеся на втором году выращивания у опытных и контрольных растений [вариант П—Г—П и П—Г—Г], имели более густое жилкование по сравнению со старыми [перезимовавшими] листьями тех же растений [табл. 4].

Соотношение тканей мезофилла, как видно из табл. 3 и 4, приблизительно одинаковое в молодых и старых листьях алоэ, выращенного на почве—29% площади поперечного сечения занимает хлорофиллоносная ткань, 3—4% приходится на проводящую часть (сосуды ксилемы и флоэмы).

В противоположность почвенным, у гидропонических растений эти соотношения изменяются и варьируют в довольно больших пределах: хлорофиллоносная ткань 20—33%, водная паренхима 64—77%, проводящая часть пучка 27—36%, постоянную величину имеет только суммарная площадь проводящих пучков—3—4%, значительные колебания показывают также соотношения хлорофиллоносной ткани к водной паренхиме и проводящей части пучка—к алоиновым клеткам.

В условиях гидропоники в зависимости от густоты посадки изменяется уровень развития отдельных тканей в листе алоэ. Так, в варианте П—Г—Г загущенная посадка приводит к сокращению площади хлорофиллоносной и проводящей тканей, утолщение листа происходит только за счет водной паренхимы.

Определенный интерес представляло выяснение характера изменений в соотношении тканей в различных участках одного листа и какое влияние оказывает на эти показатели специфический водно-воздушный режим гидропоникума. С этой целью в 1975 г., во время последнего сбора листа, на гидропонических и почвенных делянках было взято по одному нижнему листу с 3-х растений. Длина листа гидропонических растений—32, 33 и 37 см, почвенных—25, 26 и 33 см. С каждого листа сделано 5 срезов, на расстоянии 2, 7, 12, 17, 22 и 27 см от основания листа. Оставшаяся верхушка листа почти сплошь состояла из плотной хлорофиллоносной ткани и для нас не представляла интереса. Результаты количественно-анатомических определений приведены в табл. 5.

Из табл. 5 видно, что как у гидропонических, так и у почвенных растений от основания к верхушке повышается содержание хлорофиллоносной и проводящей тканей.

В проводящих пучках в направлении к верхушке листа повышается объем алоиновых клеток и соответственно сокращается площадь проводящей части пучка, причем в одинаковой степени у гидропонических и почвенных растений. По мере уменьшения площади сечения повышается насыщенность листа проводящими пучками [в два раза—у гидропонических и в три раза—у почвенных растений], что обеспечивает нормальное водоснабжение и отток ассимилятов при сокращении площади листа.

Из суммы всех взятых нами 6 сечений одного листа мы вывели средние показатели для одного листа [табл. 5]. В пределах одного листа сохраняется приблизительно одинаковый уровень развития отдельных тканей независимо от условий выращивания растений.

Выводы

1. В условиях гидропоники повышается объем хлорофиллоносной ткани листа, а также увеличивается общая фотосинтезирующая поверхность за счет большего числа рядов хлорофиллоносных клеток.
2. Оптимальный водный и воздушный режим стимулирует образование большей проводящей поверхности в листьях, что определяется более высоким, чем у почвенных растений, соотношением сосудистой части пучка к «алоиновым клеткам».
3. В условиях открытой гидропоники регулированием густоты посадки можно получить растения с желаемой структурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Бабахаян. Эффективность производства алоэ методом открытой гидропоники. «Сообщения» ИАПГ, № 18, 1977.
2. А. В. Соколов. Определение точности опыта. Агрохимические методы исследования почв. Изд. АН СССР, М., 1960.
3. А. Ф. Гаммерман. Курс фармакогнозии. Медгиз, М., 1960.
4. В. И. Палладин. Анатомия растений. М.—Петроград, 1924.
5. В. Ф. Раздорский. Анатомия растений. М., «Сов. наука», 1954.
6. Н. Сидоренко. Столетник алоэ—лекарственное растение. Киев, 1953.
7. В. А. Cheadle. Bot., gaz., 98, 535—555, 1937.
8. E. V. Matzke. Amer. Jour., of Bot., 34, 182—195, 1947.

ՀԱՎԱՅԻ ՏԵՐԵՎԻ ԱՆԱՏՈՄԻԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՅՎԱԾՔԸ՝ ԲԱՏՈՐՅԱ
ՀԻՔՐՈՊՈՆԻԿԱՅԻ ՊԱՏՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ք ք ւ ւ մ

Կատարված է տերևի կառուցվածքի մանրակրկիտ նկարագրություն և բանական անատոմիական ցուցանիշների որոշում՝ բացօթյա հիդրոպոնիկ պայմաններում և հողային ստուգիչում բույսերի տերևներում, ինչպես նաև մեկ տերևի տարրեր հատվածներում՝ հիմքից մինչև զաղաթը: Հայտնաբերված են կառուցվածքի որոշ տարբերություններ հիդրոպոնիկական և հողային բույսերի, ինչպես նաև հիդրոպոնիկայում տարրեր խառնիվ տեղակարկներից վերցրած բույսերի միջև:

M. S. GZIRYAN, K. S. MANASYAN

ANATOMICAL STRUCTURE OF THE LEAVES OF ALOE IN
OPEN-AIR HYDROPONICS

S u m m a r y

Certain differences between the anatomical structure of the hydroponically grown and soil plants of aloe have been revealed.