

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР
ГОРЬКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И.ЛОБАЧЕВСКОГО

№4727 *85 ден.* УДК: 612.014.461.2:612.014.482.5+613.393

Т.Л.Кутис, Е.М.Волский, С.Д.Кутис, В.Г.Сидоркин

Исследование некоторых физиологических и биохимических параметров проростков тыквы, выращенных в воздухе и безазотных искусственных газовых средах с инертными газами. I. Масса и линейные размеры проростков.

Горький - 1983

Установление характера патологических изменений и раскрытие механизмов их возникновения в высших организмах под действием безазотных искусственных газовых смесей с инертными газами (ИГС), имеет не только теоретическое, но и практическое значение, так как в настоящее время ИГС, содержащие нейтральные газы группы гелия, широко используются в дыхательных смесях, которые применяются для глубоководных погружений, строительстве подводных объектов, в глубоководных жилищах, предназначенных для длительного пребывания в них человека. Кроме того, эти газы входят в состав и дыхательных смесей, применяющихся при гипербарической оксигенации (оксигенобаротерапии), области применения которой особенно интенсивно расширяются в последнее время в экспериментальной и практической медицине /5, 6, 7/.

Состояние растительных организмов, участие и использование которых в биогенных системах регенерации атмосферы в настоящее время считается весьма перспективным, практически не исследовано в условиях их содержания в безазотных ИГС. Целью настоящей работы явилось изучение физиологических характеристик высших растений, развивающихся в ИГС с инертными газами — аргонном и гелием. В данной работе представлены результаты анализа таких интегративных параметров физиологобиохимических процессов, происходящих в растениях, как их масса и линейные размеры.

Методика исследования.

Большинство экспериментов поставлено в весенне-летний пе-

ИНСТИТУТ ИСЗ.

риод 1981 и 1982 гг., и только два опыта - зимой 1982 г. Для анализа использовали этиолированные проростки из семян тыквы столовой (*Cucurbita pepo*) сорта "Миндальная - 35". С целью синхронизации индивидуальных реакций в контрольной и опытной группе экспериментов применяли гомогенный семенной материал, взятый из одних и тех же плодов тыквы, выращенных в идентичных условиях в Ботаническом саду Горьковского университета. Отобранные семена тыквы по 50 штук помещали в 20-литровые плексигласовые камеры, на подложку из 2-х слоев хроматографической бумаги, смоченную 100 мл водопроводной воды. Камеры герметично закрывали и в течение 8 ч продували контрольные воздухом, а опытные - ИГС следующего состава: кислород - 21, аргон - 79 об. % (бинарная ИГС); или кислород - 21, аргон - 67 и гелий - 12 об. % (тринарная ИГС). Последняя смесь по теплоемкости эквивалентна воздуху /2/. Различные ИГС использовали в зависимости от модификации эксперимента (табл. I.). Продувку опытных камер проводили с целью "вымывания" из системы молекулярного азота до конечной концентрации менее 0,5 %, а контрольных - для обеспечения идентичных условий аэрации и влажности. Воздух и ИГС поступали в системы со скоростью 10 л/ч. Для приготовления ИГС использовали баллонный кислород марки "высокой чистоты" (содержание кислорода - 99,999 об. %). Во всех вариантах опытов применяли гелий марки "высокой чистоты" и аргон марки "чистый". В части экспериментов (№ 9 и 10) газовую смесь готовили на экспериментальном газовом стенде, состоящем из 2-х генераторов водорода типа СГС-2, приспособленных для составления безазотной ИГС. Полученный с помощью СГС-2 кислород очищали от примесей водорода на колонке из окиси меди при темпе-

ратуре + 350°C.

Концентрацию азота, кислорода и двуокиси углерода определяли хроматографически с помощью газового хроматографа "Цвет - 104". На этом же хроматографе периодически контролировали идентичность теплопроводности гелиоаргонкислородной ИГС и воздуха. Для определения концентрации кислорода, азота (количественно), гелия (качественно) применяли трехметровую колонку, заполненную молекулярными ситами фракции 0,25 - 0,3 мм. Использовали изотермический режим хроматографирования (+ 30°C). В качестве газа-носителя для определения кислорода и азота применяли аргон, а для низких концентраций азота и углекислого газа - гелий (расход газов-носителей - 60 мл/мин). Пробы газа объемом 0,5 - 1,0 мл отбирали шприцем через вакуумные шланги пробоотборников опытных и контрольных камер.

При выращивании этиолированных проростков тыквы камеры светогерметизировали. Температура, при которой выращивали проростки, варьировала от + 22 до + 25°C, и только в экспериментах № 9-11 с термостатированием камер, она составляла + 28°C. Длительность пребывания проростков в воздухе и ИГС варьировала от 6-ти до 8-ми суток в зависимости от модификации эксперимента. По окончании эксперимента камеры вскрывали, растения отделяли от подложки, быстро обсушивали фильтровальной бумагой и взвешивали. В части экспериментов (табл.3) определяли длину стебля и корня проростков. Полученные результаты статистически обрабатывали с применением t -критерия Стьюдента.

Результаты исследования

Как видно из табл. I, всхожесть семян тыквы в различных экспериментах варьировала в условиях контроля и опыта от 94 до

100 %, причем в 12-ти из 14-ти экспериментов в контроле и в 9-ти из 14-ти в опыте всхожесть достигала 100 %. Следует отметить, что в условиях применения ИГС всегда наблюдалось запаздывание прорастания семян на 10-15 ч по сравнению с контролем.

В 6-ти экспериментах из 14-ти (№ 1,3,6,9,11,14) выявлено статистически достоверное снижение массы проростков тыквы, выращенных в безазотной ИГС. При этом уменьшение массы опытных проростков по отношению к контрольным составляло от 12 до 30 % (18,2 % средн.). В экспериментах № 2,4,8 и 10 масса проростков в опыте не отличалась от контрольных. В экспериментах № 5,7 и 12 намечалась лишь незначительная тенденция к снижению массы проростков. В этих случаях диапазон колебаний исследуемых величин находился в пределах от +4 до -6 % в опыте по отношению к контролю. Лишь в одном из экспериментов (№ 13) обнаружено снижение массы опытных проростков на 14 % по сравнению с контролем, однако это достаточно большое отклонение оказалось статистически недостоверным ($P > 0,05$).

4227-83

Пытаясь объяснить различие ответных реакций проростков тыквы на действие безазотных ИГС по такому показателю, как их масса, рассчитывали удельную массу проростков в мг/ч, что нивелировало влияние фактора продолжительности экспериментов, а также вычисляли удельную массу проростков с учетом исходной массы семян - мг/ч² (100 мг массы семени). Результаты расчетов представлены в табл. 1 и 2; изображены в виде гистограмм (рис. 1а, б). Гистограммы показывают вариабельность массы проростков в условиях контроля и опыта, а также хронологическую последовательность проведенных экспериментов (рис. 1а). На рис. 1б представлены те же показатели и в той же последовательности

4727-83

Таблица I

Показатели массы проростков тиквы, выращенных в воздухе и в ИГС с инертными газами

№ экспе- римен- та	Дата прове- дения экспе- римента	Продол- жительность экспе- римента (ч)	Состав ИГС (бинар- ная, тринар- ная)	Масса проростков (г)		Отличие пророст- ков в спи- те по от- ношению к контролю (%)	Достовер- ность разли- чия исследуе- мых парамет- ров (P)	Приме- чание
				Контроль	Опыт			
I	2	3	4	5	6	7	8	9
1	29.04.81	174	Тр.	1,20±0,04	1,05±0,04	-12,5	< 0,01	
	(50)*			(50)				
	(50)**			(50)				
2	07.05.81	164	Тр.	0,97±0,04	0,99±0,05	+2,0	> 0,5	
	(50)			(50)				
	(50)			(48)				
3	14.05.81	158	Бин.	0,80±0,03	0,64±0,014	-20,0	< 0,001	
	(50)			(50)				
	(50)			(50)				

4727-83

I	2	3	4	5	6	7	8	9
4	21.05.81	144	Бин.	0,97±0,04	0,99±0,05	+2,0	> 0,5	
	(50)			(50)				
	(50)			(50)				
5	27.05.81	162	Бин.	1,44±0,06	1,39±0,02	-3,0	> 0,2	
	(50)			(50)				
	(50)			(50)				
6	03.06.81	170	Бин.	1,24±0,05	0,87±0,05	-30,0	< 0,001	
	(50)			(50)				
	(50)			(50)				
7	26.06.81	168	Бин.	1,30±0,21	1,26±0,14	-3,0	> 0,1	
	(50)			(50)				
	(50)			(49)				
8	05.07.81	184	Тр.	1,46±0,13	1,52±0,09	+4,0	> 0,5	металличес- кие камеры объемом 6 л
	(20)			(20)				
	(20)			(20)				

47-27-83

I	2	3	4	5	6	7	8	9
9	28.II.81 04.I2.81	138	Тр.	$1,28 \pm 0,067$ (50) (50) (50)	$1,08 \pm 0,051$ (50) (50) (50)	-15,5	< 0,01	О, полу- чен с по- мощью СГС-2
10.	19.I2.81 25.I2.81	141	Тр.	$1,23 \pm 0,03$ (50) (50) (50)	$1,20 \pm 0,05$ (50) (47) (47)	-2,4	> 0,5	О, полу- чен с по- мощью СГС-2;
11	17.03.82 24.03.82	168	Бин.	$1,35 \pm 0,04$ (50) (48) (45)	$1,16 \pm 0,08$ (50) (50) (50)	-14,1	< 0,05	термоста- тирование и экрани- ровка ка- мер
12	19.04.82 28.04.82	216	Тр.	$0,96 \pm 0,05$ (50) (49) (49)	$0,90 \pm 0,05$ (50) (50) (50)	-6,2	> 0,2	
13	29.04.82 06.05.82	172	Бин.	$0,50 \pm 0,03$ (30) (30) (29)	$0,43 \pm 0,025$ (30) (27) (26)	-14,0	> 0,05	Используй- ваны ка- меры из орбестекла объемом 4 л

47-27-83

I	2	3	4	5	6	7	8	9
14	29.04.82 06.05.82	173	Бин.	$0,81 \pm 0,03$ (50) (50) (50)	$0,67 \pm 0,03$ (50) (49) (49)	-17,3	< 0,001	

Примечание: * - количество заложённых семян
 ** - количество проросших семян
 *** - количество проростков, взятых для статистического анализа

4729-83

Таблица 2

Удельная масса проростков тыквы, выращенных в воздухе и в ИГС с инертными газами
в зависимости от длительности эксперимента и массы использованных семян

№ экспе- римен- та	Удельная масса проростков (мг/ч)		Усредненная масса семени (мг)		Удельная масса проростков мг/ч. (100 мг массы семени)	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
1	2	3	4	5	6	7
1	6,89 ± 0,23	6,03 ± 0,23	150	150	4,59 ± 0,15	4,02 ± 0,15
2	5,91 ± 0,24	6,04 ± 0,30	146	149	4,05 ± 0,16	4,05 ± 0,20
3	5,06 ± 0,19	4,05 ± 0,09	132	131	3,83 ± 0,12	3,09 ± 0,07
4	6,74 ± 0,28	6,88 ± 0,35	147	147	4,59 ± 0,19	4,68 ± 0,24
5	8,88 ± 0,37	8,64 ± 0,12	165	161	5,38 ± 0,22	5,37 ± 0,07

II

4729-0

1	2	3	4	5	6	7
6	7,29 ± 0,29	5,12 ± 0,29	138	138	5,28 ± 0,21	3,71 ± 0,21
7	7,74 ± 1,25	7,50 ± 0,83	132	132	5,86 ± 0,95	5,68 ± 0,63
10	8,72 ± 0,21	8,51 ± 0,35	202	202	4,32 ± 0,10	4,21 ± 0,17

II

I	2	3	4	5	6	7
					$P_2 > 0,1$	$P'_2 > 0,5$
					$P_3 < 0,01$	$P'_3 < 0,001$
					$P_4 > 0,1$	$P'_4 > 0,1$
					$P_5 < 0,001$	$P'_5 < 0,001$
					$P_6 < 0,001$	$P'_6 > 0,05$
					$P_7 > 0,1$	$P'_7 < 0,05$
II	$8,04 \pm 0,24$	$6,90 \pm 0,48$	179	178	$4,49 \pm 0,14$	$3,88 \pm 0,27$
					$P_1 > 0,5$	$P'_1 > 0,5$
					$P_2 < 0,05$	$P'_2 > 0,5$
					$P_3 < 0,001$	$P'_3 < 0,01$
					$P_4 > 0,5$	$P'_4 < 0,05$
					$P_5 < 0,001$	$P'_5 < 0,001$
					$P_6 < 0,01$	$P'_6 > 0,5$
					$P_7 > 0,1$	$P'_7 < 0,01$
					$P_{10} > 0,2$	$P'_{10} > 0,2$

Примечание : P_{I-10} - показатели достоверности различия удельной массы проростков между собой в различных экспериментах в контроле
 P'_{I-10} - показатели достоверности различия удельной массы проростков между собой в различных экспериментах в опыте

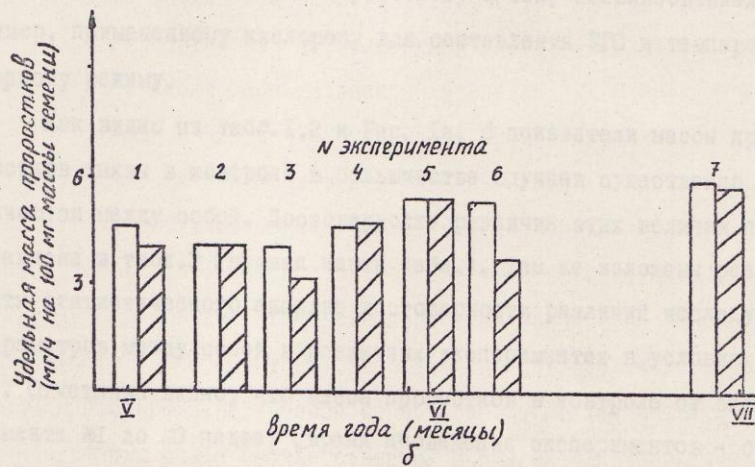
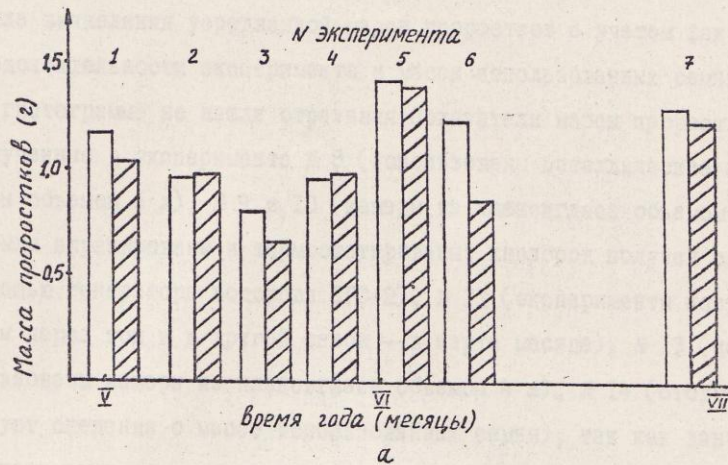


Рис. 1 а б. Абсолютная (а) и удельная (б) масса проростков тыквы, выращенных в воздухе (незаштрихованные столбики) и в безазотной ИГС с инертными газами (заштрихованные столбики) в экспериментах № 1 - 7.

после вычисления усредненной массы проростков с учетом фактора продолжительности эксперимента и массы использованных семян. На гистограмме не нашли отражения показатели массы проростков, полученные в эксперименте № 8 (использованы металлические камеры объемом 6 л), № 9 и 10 (камеры из плексигласа объемом 20 л были экранированы и термостатированы; кислород получен с помощью генератора водорода СГС-2); № 11 (эксперименты поставлены через год и в другой сезон - в марте месяце), № 13 (использованы камеры из плексигласа объемом 4 л), № 14 (отсутствуют сведения о массе использованных семян), так как данные эксперименты по указанным в скобках параметрам отличаются от экспериментов № 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7, проведенных практически в идентичных условиях по сезону, объему и типу использованных камер, примененному кислороду для составления ИГС и температурному режиму.

Как видно из табл. 1, 2 и Рис. 1а, б показатели массы проростков тыквы в контроле в большинстве случаев существенно различаются между собой. Достоверность различия этих величин представлена в табл. 2 (правая часть табл.). Там же изложены результаты статистического анализа достоверности различий исследуемых параметров между собой в различных экспериментах в условиях опыта. Отчетливо видно, что масса проростков в контроле от эксперимента № 1 до № 3 падает (время проведения экспериментов - от 29.04.81 до 21.05.81), после чего вновь нарастает, достигая апогея в эксперименте № 7 (время проведения экспериментов - от 21.05.81 до 03.07.81). Показатели массы проростков в опыте не полностью повторяют характер кривой тех же показателей в контроле, однако они снижаются от опыта № 2, достигая в опыте № 3 ми-

нимальной величины, и далее нарастают до опыта № 7 с резким провалом в опыте № 6.

Не выявлена отчетливая зависимость реакции проростков (изменение их массы) от состава использованной газовой смеси — бинарной или тринарной. Так, при использовании тринарной газовой смеси (эксперименты № 1, 2, 8, 9, 10 и 12) существенное падение массы проростков в опыте наблюдалось в 2-х случаях из 6-ти (эксперимент № 1 и 9), в то время как в экспериментах № 2, 8, 10 и 12 масса опытных проростков не отличалась от контрольных. В экспериментах с применением бинарной газовой смеси достоверное снижение массы опытных проростков по отношению к контрольным выявлено в 4-х случаях из 8-ми (№ 3, 6, 11 и 14). Вероятно, падение массы проростков в 20 % экспериментов с применением тринарной газовой смеси по сравнению с 50 % в условиях использования бинарной ИГС еще недостаточно, чтобы высказать предположение о более высокой резистентности растений в случае влияния на них тринарной ИГС, лишенной азота, и для выяснения этого вопроса необходимы дальнейшие исследования.

Не удалось связать резистентность проростков к воздействию экстремальных факторов в виде ИГС с массой семян тыквы, использованных в эксперименте. Предположение о более высоких адаптационных свойствах проростков из семян большей массы не подтвердилось (данные об усредненной массе семян, использованных в части экспериментов, содержатся в табл. 2). Так, в эксперименте № 3 (усредненная масса семян составляет 132 и 131 мг для контроля и опыта соответственно) выявлено достоверное снижение массы проростков в опыте по сравнению с контролем на 20% ($P < 0,001$), а в эксперименте № 7 (масса семян — 132 мг как в

контроле, так и в опыте) опытные проростки по массе не отличались от контрольных. В экспериментах № 1, 2 и 4, в которых использованы семена со средней массой (150 и 150; 146 и 149; 147 и 147 мг соответственно для каждого эксперимента - контроль и опыт), также получены неоднозначные результаты. Если в эксперименте № 1 масса проростков в опыте снижалась на 12,5 % ($P < 0,01$), то в экспериментах № 2 и 4 исследованные параметры оставались одинаковыми как в контроле, так и в опыте ($P > 0,5$). Класс семян, имеющих еще большую массу (165 и 161; 179 и 178 мг в контроле и опыте соответственно), использованный в экспериментах № 5 и 11, дал аналогичные разнозначные результаты: в эксперименте № 11 уменьшение массы проростков в опыте по сравнению с контролем составило 14 % ($P < 0,05$), а в опыте № 5 - масса проростков не изменилась ($P > 0,2$). В эксперименте № 10 использовали семена тыквы с максимальной массой - 202 мг для контроля и опыта. Масса проростков в опыте не снизилась под влиянием безазотных ИГС с инертными газами. Однако этот результат не представлялось возможным сопоставить с результатом аналогичного опыта, где бы были использованы семена максимальной массы.

Значительный интерес для анализа представляли данные о массе проростков в экспериментах № 13 и 14. Особенностью этих экспериментов являлась практически полная идентичность условий, в которых выращивались растения: одновременность проведения опытов (параллельные эксперименты), одинаковая длительность экспериментов (172 и 173 ч), использована одна и та же ИГС (бинарная). Отличие экспериментов состояло лишь в объеме камер: 4 л (№ 13) и 20 л (№ 14). В эксперименте № 14 выявлено отчетли-

вое снижение массы опытных проростков на 17,3 % по отношению к контролю ($P < 0,001$), а в эксперименте № 13 - лишь тенденция к снижению этого параметра (-14 % при $P > 0,05$). В данных экспериментах наблюдалось отличие по массе проростков и в контрольной группе - $0,50 \pm 0,03$ и $0,81 \pm 0,03$ соответственно в эксперименте № 13 и 14.

Эксперименты № 9 и 10 проводились в декабре 1981 года. Продолжительность их была 138 и 141 ч соответственно. В обоих использовали тринарную ИГС, кислород получали с помощью генератора СГС-2. Камеры с растениями были термостатированы и экранированы от электромагнитных полей. В результате в эксперименте № 9 получено статистически значимое снижение массы проростков (-15,5 % при $P < 0,01$), а в № 10 опытные проростки от контрольных не отличались ($P > 0,5$).

В части экспериментов проведен замер длины стебля и корня при выращивании растений в обычной атмосфере и в ИГС. Результаты данных исследований представлены в табл. 3. В экспериментах № 10 и 11 выявлена тенденция к снижению длины стебля в условиях выращивания проростков в ИГС на 14,2 и 10,2 % соответственно, однако эта разница показателей оказалась статистически недостоверной ($P > 0,1$ и $P > 0,05$). В этих же опытах отмечена и тенденция к снижению длины корня (-10,4 и -6,9 %), но это различие оказалось также статистически недостоверным. Вместе с тем в эксперименте № 12 не выявлено отклонения как в длине стебля, так и корня ($P > 0,5$). Можно заметить, что в эксперименте № 10 использована тринарная газовая смесь, а в опыте 11 - бинарная. В то же время в опыте № 12, в котором не получено отклонения в длине стебля и корня проростков, также использо-

Таблица 3

Длина стебля и корня проростков тиквы, выращенных в воздухе и
в ИТС с инертными газами

№ эксперимен-та	Длина стебля (см)		Отклоне-ние ис-следуемо-го пара-метра в опыте по отноше-нию к контролю: (%)	Достовер-ность различия исследуе-мых пара-метров (P)	Длина корня (см)		Отклоне-ние ис-следуемо-го пара-метра в опыте по отноше-нию к контролю: (%)	Достовер-ность различия исследуе-мых пара-метров (P)
	контроль	опыт			контроль	опыт		
10	10,74±0,82 (50)	9,22±0,60 (47)	-14,2	>0,1	13,02±0,77 (50)	11,67±0,51 (47)	-10,4	>0,1
11	16,75±0,68 (48)	15,05±0,75 (50)	-10,2	>0,05	17,93±0,69 (48)	16,68±1,07 (50)	-6,9	>0,5
12	7,32±0,47 (49)	7,38±0,48 (50)	+0,8	>0,5	9,43±0,38 (49)	9,12±0,35 (50)	-3,3	>0,5

Примечание: в скобках указано количество исследованных объектов.

вана тринарная газовая смесь.

На рис. 2 представлены проростки тыквы, выращенные в воздухе и в ИГС (эксперимент № 9). Отчетливо видно, что опытные растения имеют несколько укороченный стебель по сравнению с контрольными проростками, что сопровождается и снижением массы опытных проростков на 15,5 % ($P < 0,01$). Аналогичное соотношение размеров при визуальной оценке опытных и контрольных проростков наблюдалось во всех экспериментах, где зафиксировано достоверное снижение массы опытных растений.

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать: приблизительно в половине экспериментов выявлено достоверное снижение массы проростков тыквы в условиях их выращивания в атмосфере безазотной ИГС с инертными газами; не выявлена специфичность влияния на массу проростков использованной ИГС - бинарной или тринарной; имеется существенный разброс показателей массы проростков в контроле между собой в различных экспериментах, который не удастся связать с сезонностью проведения опытов и массой использованных семян тыквы. В 3-х экспериментах из 14-ти, в которых проводили статистический анализ размеров растений; достоверных различий в данных показателях между опытными и контрольными проростками не найдено.

Обсуждение результатов исследования

Наиболее вероятным объяснением неоднозначности реакции проростков на стрессовую ситуацию (замену обычной атмосферы на ИГС), в виде их высокой резистентности в части случаев (отсутствие снижения массы в опыте по отношению к контролю), или

недостаточности адаптационных механизмов (достоверное падение массы проростков в опыте), а также существенный разброс показателей массы проростков в контроле в различных экспериментах, может быть предположение, что выявленные особенности исследуемых параметров как в условиях нормы, так и при действии экстремальных факторов, являются следствием отражения генетически детерминированных индивидуальных свойств семян, взятых из того или иного плода тыквы. По-видимому, совокупность этих свойств и определяет уровень течения многих метаболических процессов как в условиях нормы, так и патологии при действии неблагоприятных факторов внешней среды, что и обеспечивает столь широкий диапазон колебаний многочисленных параметров биологических объектов — свойство всех видов живой материи, хорошо известное в экспериментальной биологии и медицине. При этом, естественно, авторы не умаляют значения и факторов внешней среды. Вероятно, было бы ошибочно не принимать во внимание эти факторы, которые могут оказать существенное влияние на течение обменных процессов в биологических объектах при реализации ими генетической программы.

Рассматривая причины снижения массы проростков в условиях их выращивания в ИГС, мы вынуждены констатировать, что, к сожалению, на сегодняшний день не существует единой удовлетворительной теории, объясняющей механизм действия инертных газов на биологические системы, а данные экспериментальных работ, выполненных в различных лабораториях мира, еще не позволяют систематизировать и в достаточной мере отчетливо представить характер метаболических сдвигов, развивающихся в живых организмах в упомянутых условиях эксперимента. Следует обратить внимание и на

разноречивость получаемых результатов различными исследователями, а также попытку многих ученых связывать выявленные аномалии лишь с фактором теплопроводности, которая отличается в ИГС от теплопроводности воздуха. Кроме того, подавляющее количество работ, посвященных проблеме воздействия ИГС с инертными газами на живые системы, выполнено при использовании гипербарических газовых смесей, в то время как исследований с применением искусственных газовых атмосфер в условиях нормобарии явно недостаточно. Что касается поведения растительных объектов в безазотных ИГС, то такие работы практически полностью отсутствуют.

Было выявлено, что некоторые инертные газы обладают анестетическим действием. По этой причине теории, объясняющие механизм возникновения наркоза, стали использовать и для объяснения процесса взаимодействия инертных газов с живыми организмами, а воздействие инертных газов на биомембраны — сравнивать с воздействием на них анестезирующих препаратов /12/. Однако, в действительности вопрос оказался более сложным, так как существует много факторов, значение которых пока что трудно оценить и понять их место в механизме воздействия ИГС на клетки.

Согласно липидной теории, накопление индифферентных газов в липидной области мембраны до определенного критического уровня ведет к патологической реакции клеток. Эта гипотеза была предложена в связи с объяснением наркотического эффекта некоторых инертных газов, в частности, для объяснения механизма воздействия наркотического вещества на нейроны. В последующем она претерпела дальнейшее развитие и получила название гипотезы критического объема /13/, в соответствии с кото-

рой растворение индифферентных газов в липидной части мембран вызывает ее расширение на 0,5 - 1,0 % и при достижении критического объема наступает клеточный наркоз. Известно, что фармакологические ингаляционные наркотики, вызывающие стадию хирургического наркоза, расширяют мембрану эритроцита на 0,4 % /16/.

Беннет /8/ высказал предположение о том, что действие гелия в гипербарической среде связано не с липидным компонентом мембран, а с водной фазой, принимая во внимание тот факт, что биомембраны гелий практически не сорбируют. Миллер /14/ считает, что в живой клетке инертные газы способны ориентировать вокруг себя молекулы воды, образуя структуры типа "айсбергов", которые препятствуют синаптической передаче вследствие уплотнения мембраны или перекрытия ионных каналов. Полагают, что при высоких давлениях инертные газы способны образовывать микрокристаллы-клатраты, возможное биологическое значение которых в настоящее время неизвестно /15/.

Значительный интерес представляют экспериментальные данные, полученные на моделях мембран /9/. Была показана идентичность эффектов при воздействии на липиды мембран нервной клетки и модельные мембраны /11/: анестетические препараты разжижают липидные участки; их молекулы, проникая в алифатические цепочки фосфолипидов, уменьшают силу сцепления между цепочками, последние начинают более интенсивно двигаться, что сопровождается разжижением биомембран. Чик с соавт. /9/, изучая воздействие различных инертных газов на фосфолипиды, экстрагированные из естественных мембран, выявили двухфазный характер влияния газов на фосфолипиды. На первом этапе проис-

ходит уплотнение бислоя, т.е. уменьшение движения молекул липидов, после чего наступает вторая фаза: через несколько часов липиды вновь разжижаются. Авторы полагают, что отвердевание мембраны в первую фазу является следствием влияния только повышенного давления, в то время как по мере диффузии молекул газов между фосфолипидами, во вторую фазу развивается снижение силы сцепления между гидрофобными цепочками, т.е. наблюдается эффект, аналогичный действию анестетических препаратов.

В литературе имеются указания на значительную трудность выявления возможных метаболических изменений в биологических системах при действии инертных газов как таковых и отличия их от аномалий, возникших вследствие нарушения теплообмена. Однако это препятствие удалось преодолеть при использовании тринарных газовых смесей, в которых применяют такое соотношение аргона и гелия, которое дает смесь теплоемкоэквивалентную воздуху. В условиях наших экспериментов близкие результаты были получены при использовании как бинарной, так и тринарной газовой смеси, что свидетельствует о том, что для растительных объектов, вероятно, фактор теплопроводности не является критическим параметром и, следовательно, полученный эффект имеет иные механизмы развития.

Возможно, что наблюдаемое уменьшение массы опытных проростков связано с изменением водного обмена растений в условиях замены азота воздуха инертными газами.

Рассматривая результаты своих работ, многие исследователи не принимают во внимание то обстоятельство, что в экспериментах с ИГС при замене азота инертными газами биообъект попадает в иные условия обитания, отличные от тех, в которых

прошла его эволюция на земле, т.е. биологическая система оказывается в экстремальном состоянии. Также не учитывается и тот факт, что присутствие или отсутствие молекулярного азота в газовой фазе не может быть безразличным для организма.

Вопрос о невозможности исключения на длительный срок молекулярного азота из среды обитания живых систем без каких-либо последствий для них впервые был поднят в нашей стране /3/ и эта проблема приобрела актуальность в связи с разработкой систем жизнеобеспечения при освоении космоса /4/. Использование азоткислородной атмосферы в советских космических кораблях обеспечило превосходство отечественной космонавтики по длительности пребывания человека на околоземной орбите /1/. Однако лишь немногие ученые ставят вопрос о том, какое влияние на биообъекты оказывает исключение из среды обитания молекулярного азота как такового /10/.

Выводы

1. В 6-ти из 14-ти экспериментов выявлено достоверное снижение массы проростков тыквы, выращенных в условиях безазотной ИГС с инертными газами; в 5-ти экспериментах отмечена тенденция к снижению массы, в 3-х - тенденция к увеличению массы опытных проростков по отношению к контрольным.

2. Не выявлена зависимость снижения массы проростков выращенных в ИГС с инертными газами, от состава примененной газовой атмосферы - бинарной или тринарной ($O_2 + Ar$ и $O_2 + Ar + He$ соответственно).

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеевский В. - Коммунист, 1980, № 10, с. 48 - 59.
2. Волский Е.М. - В кн.: Усвоение атмосферного азота животными и высшими растениями. Под ред. М.И.Волского, Горький, 1970, с. 207 - 215.
3. Волский М.И. - Там же, с. 3 - 13.
4. Воронин Г.И., Поливода А.И. Жизнеобеспечение экипажей космических кораблей. М., 1967.
5. Гипербарическая эпилепсия и наркоз. Под ред. Г.Л. Зальцмана, Л., 1968.
6. Зальцман Г.Л., Зиновьева И.Д. - В кн.: Гипербарическая эпилепсия и наркоз. Под ред. Г.Л.Зальцмана, Л., 1968, с. 186 - 195.
7. Зальцман Г.Л., Кучук Г.А., Гургенидзе А.Г. Основы гипербарической физиологии. Л., 1979.
8. *Bennet P.B.*, 1967 (цит. по Г.Л.Зальцману и соавт., /7/).
9. *Chin J.H., Trudell J.R., Cohen E.N.* - *Life Sci.*, 1976, v. 18, p. 489-498.
10. *Hawkins J.K.* - *Aerospace Med.*, 1973, v. 44, n 4, p. 374-378.
11. *Mastrangelo C.J., Kendig J.J., Trudell J.R., Cohen E.N.* - *Undersea Biomed. Res.*, 1979, v. 6, p. 47-53.
12. *Miller K.W.* - *Fed. Proc.*, 1977, v. 36, p. 1663 - 1667.

13. Miller K.W., Paton W.D.M., Smith E.R., 1973. (цит. по Т.А. Зальману и соавт. 171).
14. Miller S.L. - Fed. Proc., 1968, v. 27, № 3, p. 879-883.
15. Pauling J. - Science, 1961, v. 134, p. 15-21.
16. Seeman P., Roth S. - Biochim. Biophys. Acta, 1972, v. 255, p. 171-177.

Приложение



Рис. 2. Внешний вид проростков грибов, выращенных в воздухе (слева) и безаротной ИГС с инертными газами (справа). Эксперимент № 9 (в опыте использована тринарная газовая смесь).

-28-

Печатается в соответствии с решением комиссии по депонированию научных работ по биологии при редакционно-издательском Совете Горьковского государственного университета от 26.07.83 г.

4724-83

В печать от 1.8.83

Тир. 1

Цена 3 руб. 30 коп

Зак. 32782

Производственно-издательский комбинат ВНИТИ

Диберца, Октябрьский пр., 403