T. C. YTAPOB

ОСОБЕННОСТИ
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ
У ОРГАНИЗМОВ
ПРИ НИЗКИХ
ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ
ТЕМПЕРАТУРАХ

Якутск - 1979

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР Якутский государственный университет

IPEIPNHT 16 I

I. C. YTAPOB

ОСОБЕННОСТИ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

У ОРГАНИЗМОВ ПРИ НИЗКИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ

ТЕМПЕРАТУРАХ

Якутский государственный университет Якутск 1979 Угаров Гавриил Спиридонович

Особенности физиологических процессов у организмов при темпе-ратуре +4°С. Якутск, издание Якутского госуниверситета, 1979.

36 с. /МВ ССО РСФСР, Якутский госуниверситет/.

Рассматривается динамика физиологических процессов у живих организмов при низких положительных температурах. Представлены результаты экспериментов по изучению динамики дыхательной активносты изолированных митохондрий растенки и их обсуждение. Дана формулировка понятия биологического нуля.

Табл. 6, ил. 4, библиография 48 назв.

Утверждено к печати Ученым Советом Якутского государственного университета

Ответственный редактор: кандидат биологических наук Иванов Б. И.

С Якутский государственный университет, 1979

ВВЕДЕНИЕ

В условиях низких положительных темпер тур "простуживаются" и гибнут теплолюбивые растения /жолкевич, 1955; Незговоров, Сологьев, 1965/, затрудняются минеральное питание /Дадижин, 1952; Коровин, 1972; Штраусберг, 1965/ и водоосмен растений /Sachs , 1860; Molish , 1897/, подавляется активность синтезирующего действия ферментов /Курсанов, Крюкова, Моровов, 1938/, происходит закалка колодоустойчивых растений /Туманов, 1969; Дроздов, Сычева, Будыкина, Курец, 1977/. В этой области температур находятся так называемые биологические нули животных и растительных тканей /Belebradek , 1935; Степанов, 1948/. Однако, до сих пор роль низких положительных температур на жизнедеятельность живых организмов изучена еще далеко недостаточно. В связи с этим, нами в течение ряда дет изучается динамика физиологических процессов у растений в указанных условиях и при этом получены данные, показывающие аномальное течение изученных процессов в области +4°С /Угаров, 1971, 1972, 1975, 1976, 1977/.

В настоящей работе приводятся экспериментальные материалы по динамике дыхательной активности изолированных митохондрий теплолюбивых и холодоустойчивых растений при низких положительных температурах. На основании полученных экспериментальных материалов и литературных сведений делаются обобщения, которые представят интерес для специалистсв.

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У РАСТЕНИИ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ БЛИЗКИХ к +4°C

Раньше нами было установлено, что при охлажденым закаленных растений величина би эпотенциалов закономерно падает
до 5°С. По мере дальнейшего снижения температуры, она резко
повышатся /Угаров, 1975/. А также было показано, что в области 4°С аномально резко усиливается поглощение раст эниями фосфора из смеся Кнопа /Угаров, 1972/ и интенсивность транспирации листьев /Угаров, 1976/.

А.К.Тхакахов./1972/, изучая зависимость биоэлектрических потенциалов растений от понижающейся температуры корней, получил кривые, показывающие резкое падение разности биопо тенциалов в области 5°. Автор, наблюдаемое явление связывает со снижением интенсивности поступления ионов в разные части растений и указывает на возможное торможение различных механизмов транспорта.

Кривая динамики интенсивности сверхслабой биохемилюминесценции пшеницы сорта "Нахачываньданы" /Агавердиев, Доскоч, Тарусов, 1965/ напоминает кризую динамики величины биопотенциалов пшеницы сорта "Якутянка 224" в наших опитах: в обоих случалх минимум интенсивности этих показателей лежит в области 5°C.

Давно было замечено, что клусни картофеля наименее интенсивно дышат при температуре между 4 и 5°С /Колесник, 1959/ а не при солее нызких температурах, как этого следовало ожидать. Фукусима с сотрудника и /1977/ сравнивали хранение пледов отурца летнего и осеннего сборов двух сортов при о, 5, 10°С проделжительностью от 3 до 15 дней. В процессе данения отношение оптических плотностей экзосмирующих веществ 210/264 нм было выше при 0, чем при 5°С. К 15-му даю хранения плодов отурца при 0°С в значительно большей степени, чем при 5°С, возрастал экзосмос микромолекулярных кемпонентов: ионы К, Са, Мо, восстанвливающиеся сахара, фосфорнал кислота / Fukushima , Tsugiyama , 1977/.

Аномалии встречаются и в динамике фотосинтеза. В. А. Бриллиант /1970/, изучая влияние предшествовавшего светового режима на фотосинтез растений в зависимости от температури подготовки обнаружила, что зимой листья лимона, выдержанние на свету при температуре 4-5°C, не поглощаеют углекислоту, а после подготовки в темноте, наоборот, интенсивно ее поглощают /табл. I/.

Таблица I Выяне предлествовавшего светового режима на фотосинтез в зависимости от температуры

Температура во время	Продолжи-	Фотосинтез в мг CO ₂ в час на 100 см ²		
подготовки	подг.в час	после подготов. на свету	в темноте	
25-26	24	6,5	0,7	
8-II	22	0,6	5,6	
4-5	20	0	6,6	
3	20	0,8	2,9	
2	23	I,I	3,6	

Повышение интенсивности важнейших физиологических щоцессов, таких как фотосинтез, дихание, поглощение элементов минерально о питания, сверхслабого свечения, величины опопотенциалов, интенсивности транспирации и т.д. в соласти 4°С должно привести к большему накоплению сухото вещества в клетке. Действи эльно О.П.Родченко с сотрудниками /1969/ обнаружили, что сухой вес растягивающихся и закончивших рост клеток корня кукурузы гибрид Буковинская 3 был значительно выше при температуре 4°, чем при температурах 2. 10 и деже 24°С /табл.2/.

Таблице 2
Содержание сухого вещества в клетках корня кукурузы при азличных температурах

/в г. 10-4 на I куб.мм объема клетки/

Температура в ^о С	Сутки			
	2	6	8	IO
2	12,0	9,8	5,8	10,9
4	II.7	. I4,9	II,5	21.0
TO	10,9	9,6	9,0	8,7
24	10,2	II,4		

Основную массу сухого вещества клеток, растущих растяжением и закончивших рост, составляют вещества клеточной
стенки пектини, гемицеллюлоза, целлюлоза. Более активный
синтез этих заществ при температуре 4°С автори объясняют олагоприятили условиями для трансформации и передачи энергии,
возникающими при повышении плотности води. Однако, это предположение визивает возражение, так как плотность води при
температурах 2° и 3° такая же низкая как при температурах 6°
и 5°С /тасл. 3/, а интенсивность физиологических процессов
в последних температурах бывает обычно минимальной, в то

время при температуре 2° она довольно висока /см. табл. 2/.

Таблица З

Плотность води при различных температурах

Температура С 2 3 4 5 6

Плотность 0,99997 0,99999 1,00000 0,99999 0,9999

При температурах ниже 5°С ускоряются также рост и развие растений. Так, Вудруф и Вудруф /1934/ изучали рост очень молодых проростков пекана, помещенных в камери с развичными постоянными температурами в интервале от -2 до 45°С. Через 4 дня проростки извлекались и измерклось увеличение длини стержневых коркей. Часть результатов, полученных этими авторами, которая заимствована нами из книги "физические от довия почвы и растения" под редакцией Б.Шоу /1955/, пред ствалена в таблице 4.

Рост первичных корней проростков пекана, выдерживавшихся в течение 4 дней в камерах с постоянной темпера-

Температура камерн в ^о С	Рост в длину в мм	Состояние корней к концу опыта		
+1	I,4	Корни не повреждены		
3	5,2	То же		
6	4,5			
9	7,6			
12	II.3			
15	18,6			

Повторность опыта 10-кратная.

Можно полагать, что при температуре 4° рост користем кана был еще большим, чем при 3°C.

Очень интересное сообщение о развитии возбудителя сорой гнили в условиях низких положительных температур мы раходим в книге "Хранение овощей и плодов" Б.А.Рубина и л. тлицкого /1955/. Интенсивный рост гриба /возбудителя серой гнили/ отмечается при температуре:

+5°C на 7-й день +.° на 6-й день 0° на 14-й день -2° на 17-й день.

Как виднс из этих данных, развитие серой гнили при температуре +2° убыстряется на I день, чем при 5°С. При телпературах 3 и 1°С, можно ожидать еще более быстрое развитие этого гриба, но эти данные, к сожалению, отсутствуют. Миниму развития возбудителя серой гнили также отмечается при температуре 5°С.

Следует указать, что вышеуказанные авторы не обращают внимания на эти интересные факты и, естественно, не обсуждают причины, вызвавшие такие аномальные изменения роста и развития растений в условиях низких положительных температур:

Как нам кажется физиологический феномен +4°С можно рассматривать как защитноприспосс ительную реакцию организма на изменение структуры воды /Угаров, 1072. 1975, 1977/. По современным представлениям вода является гетерогенной, состоящей из 2-х структур: льдоподобной и плотноупакованной /см. обзоры А.М. Елоха, 1969; и Г.Н. Зацепиной, 1974/. По теории Берналла и фаулера /1938/. правильность которой по существу ни-

когда не подвергалась сомнению, ниже 4°С вода имеет криоталлическую, то есть льдоподобную структуру. Как известно, льдоподобная и плотноупакованные формы воды резко отличаются по структурным и энергетическим параметрам. Так, для льдоподобной структури энергия, энтропия, плотность, расстояние до олижайшего соседа и координационное число меньше, чем для плотноупаксванной воды /Бирштейн, 1967/. Можно предположить. что обладая такими параметрами, льдоподобная вода должна иметь пониженную физиологическую активность /Угаров, 1971/. при этом определенная роль льдоподобной структуры цля некоторых биохимических, в частности, гидролитических процессов не отрицается. В 1961 году л. Полингом предложена новая теория общего наркоза, согласно которой механизм действия ппостезирующих веществ связан с их способностью образовывать кристаллогидраты. Интересно, что исходя из этой концепции. как отмечает Полинг, можно предсказать, что простое охлаждение мозга также должно приводить к наркозу - это подтворждается на практике. Теория также позволяет предполагать. что повышение давления должно снимать анестезирующее действие, так как объем кристаллогидратов обычно больше, чем сумма объемов отдельных компонентов, составляющих кристаллогидрат. Этот эффект также широко известен в физиологии. Электронаркоз объясняется изменением при прохождении тока соотношения разных форм воды клеток в сторону снижения доли биоактивной /плотноупакованной/ воды и, наконец, коеронарноз - испарением части этой форми води. Этот взгляд Полинга разделяют И.Клотц /1964/ и А.М.Голдовский /1977/.

А.И. Халоимов и А.И.Сидорова /1973/ наслюдали сдвиг

полосы поглощения воды в ИК-спектре в тканях анистезированной дягушки происходит в том же направлении, чтр и сдвиг спектра чистой воды при пониженым температуры. Ивторы предполагают, что г д действием анестетика /диатиловый афир/ понижается трансляционная подзижность молекул воды, увеличивается время жизни н-связи, то есть вода в тканях лягушки по своим свойствам становится более льдопофобной, что вызывает изменение скорости биохимических реакций и временное выключение или замедление ряда жизненных процессов в организме. Интересно, как пишут авторы, вещества, входящие в состав клеток не оказывают выраженного спектрального влияния на воду. Данные опытов этих авторов говорят в польнашей гипотезы о низкой физиологической активности льдоподобной формы воды. Наша гипотеза предсказывает, что при положительных температурах ниже 5°С физиологические процессы должны реско подавляться, так как в этих условиях вода состоит в основнем из инертной в физиологическом отношении льдоподобной воды.

Результаты последних наших опытов, которые приводятся ниже подтверждают это предсказываение.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования были: пшеница сорта "Якутян - ка 224", растение сравнительно холодоустойчивое, способное перенести заморозки силой до -8 и даже -10°С. Пшеницу выращивали в водной культуре /смесь Кнопа/ с досвечиванием при помощи ламп дневного света. В опитах использовали корни 10-дневных растений.

Закаливание холодом проводилось в течение 12-15 чисов при температур е +6 - +8°С в темноте. Контрольные растопил в это время на ходились в комнатных условиях.

МЕТОДИКІ А ВЫДЕЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МИТОХОНДРИИ

Выделени е и определение дыхательной активности митохондрий проводи лись по методу М.Г.Зайцевой /1970/.

Навеску/ корней проростков /5-6 г/ растирали в ступко в 20 мл среды для гомогенизации следующего состава:

- 0, І М калий-фосфатный буфер, рн 7,4
- 0,5 Mi caxaposa
- 0,07% раствор пистеина
- 2 MM pactbop EMTA

Гомогенат отжимали терезе ткань и центрифугировали 10 минут при 60009. Осадок отбрасывали, а надосадок центрифугировали ли в течение 10 минут при 14000 %. Осадок митохондрий промивали средой, но уже без цистенна.

Среда инкубации имел следующий состав: Сахароза — 0,5 М Калий-фосфатный буфер 0,02 М, рН 7,4 ЭДТА — 0,015 мг/мл Альбумин - 2 мг/мл

Цитохром C - 0,025 MI/MЛ

В качестве субстрата использовали НАЛН₂ - 2 мкМ, сукцинат 15 мкМ на пробу. Дыхательный субстрат и акцептор фосфата АДФ - 0,13 мкМ вводили в объеме 0,05 мл, митохондрии - в объеме 0,08 мл /200-300 белка на ячейку/. Объем ячейки был равен I мл.

дыхательная активность митохондрий определялась полярографически, с ислользс анием закрытого электрода Кларка. Расчет интенсивности дыхания в мкА кислорода на мг белка в минуту производили общепринятым способом.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Работа выполнена на установке, собранной в Лаборатории белка и нуклеиновых кислот Института биологии ЯФ СО АН СССР /зав.лабораторией к.б.н. В.Г.Аленсеев/ при участии Л.Н.Нико-лаевой.

При действии низких положительных температур интенсивность дыхания митохондрий проростков постепенно подавляется и практически прекращается при температуре +4°C.

Дыхатэльная активность митохондрий огурца "Парниковые" в процессе их охлаждения мало подавляется при температурах в интервале с 20 до 5°С. Интер сно отметить, что эти митохондрии очень активно функционирующие при температуре 5°С /17 мкало/мг белка мин/ при понижении температуры всего на 1°, то есть при те: пературе +4°С, полностью теряет свою эктивность /рис.1/.

у Якутянки 224" снижение интенсивности дыхания митохондрий по мере охлаждения происходит постепенно, но замотно резко идет при температурах ниже IO°C.

Мскно было ожидать, что у активно вегетирующего, срапнительно холодоустойчивого растения, каким является пшеныца, дыхательная активность митохондрий будет наблюдаться и при более низких температурах, чем у теплолюбигого огурца. Однако к большому нашему удявлению , дыхательная активность митохонфрий "Якутянки 224" прекращалась точно при той жо температуре, на которой прекратилось дыхание митохондрий огурца - то есть при температуре +4°С! Отсюда можно сдолать вывод о том, что теплолюбивым и холодустойчивым растениям во время их активной вететации температуры ниже 5°С являются особо неолагоприятными для их нормального роста. Это, оче видно, прсисходит оттого, что растениям в этот период льдоподобная форма воды, из которой в основном, состоит всл вода при температурах ниже 5°С, недоступна для использования в физиологических процессах. Другими словами, растенил в этих условиях испытывают острую "физиологическую засуху". Немецкий физиолог растений Шимпер /1898/ писал, что при пониженных температурах холодная почва для растений нвлиотся "физиологически сухой", так как именцаяся в почве даже в избытке года становится недоступной для растений.

Однако в своей известной теории о физиологической сухости холодных почв не объяснил механизм, причину этого явления — он только констатировал факт затруднения поглощения воды корнями растений из холодной почвы. Эта тэория также не распространялась на внутриклеточную воду, например, надземной части растения, о том, какой физиологической активностью будет обладать эта вода при пониженных температурах, когда почвенная вода становится недоступной для корней растений. И, естественно, он не мог указать на границу, на ту температуру, начиная с которой почвенная вода становится физиологически сухой для растений.

На основании результатов своих опытов можно сказать, что при пониженных температурах не только наружная почвенная вода становится недоступной для растений, но становится недоступной и внутриклеточная вода для физиологических процессов. Для активноветети ующего растения вся внутри китеочная вода становится инестной в физиологическом отношении, в результате льдоподобности ее струптуры, при этом растение испытывает острый недостаток в воде, "физиологическую засуху". Это явление, то есть недоступность растениям ее внутриклеточной воды, ее полную физиологическую инертность, которая наступает при пониженных температурах, в силу льдоподобности воды, мы предлагаем называть к р и озасухой. Полная криозасуха наступает при температурах ниже 5°, точнее, начиная с +4°С, когда по Берналлу и фаулеру /1934/, вода приобретает льдоподобную структуру /puc.3/ .

Кратковременные ночные понижения температури ниже 5°С обычно не успевают существенно снизить температуры почвы, так как последняя, обладая сольшей теплоемкостью, чем воздух, медленнее остывает. В связи с этим в естественных условиях обычно часто встречается приозасуха, чем физиологическая сухость почвы. Отсюда следует, что изучение крио-

засухи будет иметь, кроме теоретического, большое практическое значение.

Зная, что "Якутянка 224" не повреждается низкими положительными темпе атурами, значит дыхательный процесс у нее не всегда прекращается при температуре 4°, мы определяли при различных низких положительных температурах дыхательную активность митохондрий, выделенных из предверительно закаленных растений.

Полученные из этих опытов данные представлены на рис 3. Как видно на рисунке после закаливания наблюдается совсем другая зависимость дыхательной активности митохондрий от температури. Так, интенсивность дыхания митохондрий пшеници до 5° падает, а при температуре +4°C наблюдается вспышки ди хания, которая по интенсивности выше, даже чем при 20°. При температуре 3° дыхательная активность митохондрий пшеници не обнаружена.

Таким образом, после закаливания происходит такое же аномальное повышение дыхательной активности митохондрий, какие обнаруживаются при изучении динамики других физиологических процессов. Это обстоятельство позволяет сделать вивод о том, что вспышки физиологических процессов при температурах вблизи 4°С проявляются у растений только после закаливания, а во время их активной вегетации физиологические процесси прекращаются также как у пшеници и огурца при температуре +4°С. Вспышку дыхания, как мы уже говорили об этом, можно рассматривать как защитноприспособительную реакцию растения, в результате которой происходят существен-

A THE RESIDENCE OF THE PROPERTY OF THE PARTY OF THE PARTY

ные изменения в структуре биополимеров цитоплазмы и и белково-лицоидном комплексе мембран. После таких изменений растениям становится доступной льдоподобная форма води и естественно, появляется у них устойчивость и низким положительным и низким температурам. Несколько смущает факт прекращения дихательной активности митохондрий пленицы при сравнительно высокой температуре — +3°С после ее закаливания. Оцнако, можно полагать, что при другом режиме закаливания:
температурном и времение: возможно, дыхание у митохондрий
температурном и времение: позможно, дыхание у митохондрий
температурном обудет наблюдать и при более низких температурах.

Следует сбратить виммание исследователей на один су щественный момент, который может иногда привести к заблуждению и, возможно, до сих пор послужил причиной недостаточного исследования феномена 4°С. Скачки физиологических процессов при закаливании возникают постепенно - нужно время для выхода от шока, вызванного действием льдоподобной водн и для мобилизации защитноприспособительных сил организма. Так, кривая динамики величины биопотенциалов у слабозакаленных колодоустойчивых растений, например, пшеницы, в отличие от хорошо закаленных холодоустойчивых растений, при охлаждении постепенно снижается без всяких отклонений в области 4°С и ниже. Исследователи обычно имеют дело с такими слабозакаленными растениями и не обнаруживают ни прекращения и ни вспышку физиологических процессов при температуре 14°С. Или же при повторных опытах не воспроизводится ранее полученный интересный результат, когда у растения произошло слабое закаливание.

Джаймс и др. /1970/ специально исследовавшие окнолительную делгельность митохондрий, выделенных от теплолюбывых растений, таких как зеленоспедый томат, клубень олишного картофеля и огурец, а также из колодоустойчивых растопии-- клубни картофеля, почки цветной капусты и корня свекли, не обнаружили аномалии в области 4 - 5°С, по-видимому, в репультате различной длительности экспозиции митохондрий при ранличных фемпературах для завершения реакции. Они пишут: " . . что из-ча различного снижения активности митохондрий о точением времени, реакции при некоторых температурах они начати сдновременно. Медленные реакции при низких температурах трефовали длинного периода времени для завершения. по некоторые реакции при высоких температурах /15-20°С/ были закончени в пределах сравнительно короткого времени посли изоляции". К сожалению, сведения о длительности эксповиции в статье не приводятся, которые, вероятно, показали он аномальное поведение дыхательной активности митохондрий в области 4-5°C. В процессе длительной экспозиции также, возмокно, происходит слабая закалка, и как было сказано выше, аномалии физиологических процессов у митохондрий могут и не наблюдаться.

Когда опровергал теорию физиологической сухости холонямх почв, В.П.Дадыкин /1952/ имел дело с закаленными растониями. для которых льдоподобная форма води уже доступна. Имело там место, по-видимому, и влияние талой води, ча особенностях которой мы здесь не останавливаемся, но вначение ее для растений в холодных почвах огромно.

После закаливания у митохондрий отурца "Паришковые"

интенсивность дыхания усиливается, однако, не обнаружена всиника дыхательной активности при температуре 4°С, как это было у митохондрий шеницы. Интересно, что после закаливания дыхание митохондрий огурца прекращается при более низ-кой температуре, чем до закаливания — при +3°С /рис 2/.

Как известно, огурцы не способны закаливаться и не приспосабливаются к холоду, но все де иногда удается относигельно повысить его устойчивость к низким положительным температурам, путем обратоки наклюнувшихся семян переменными температурами /Тенкель, Кушниренко, 1966/. Это, по-видимому, происходит за счет неспецифических механизмов повышения общей устойчивости организма, так как специфическая защитноприспособительная реакция — повышение, в частности, ин тенсивности дыхания в области 4°С, как у холодоустойчивой именици, у теплолюбивого огурца не обнаружено. Можно считать, теплолюбивое растение — огурцы даже после закаливния затрудняются в использовании льдопожобной форми воды.

По отношению растений к различным формам воды их, очевидно, можно подразделить на следующие 2 большие группы:

I - кластерофильные растения. Сюда относятся холодоустойчивне растения, которые в огдельные периоды жизни сносесям использовать льдоподобную /кластерную/ форму воды.
Льдоподобная форма воды, однако используется ими, вероятно,
после разрушения ими ее структуры до плотноупакованной
формы. Особенностью этих растений является то, что во время
витивной вегетации используют только плотноупакованную форму воды. Кластерофилы широко распространены на Земном шаре.
Они населяют полярные и умеренные широты.

+4°С КАК БИОЛОГИЧЕСКИЙ НУЛЬ

Результати проведенного нами эксперимечта подтверждают нашу гипотезу об особой неблагоприятности для растений температур, лежащих ниже 5°С. Таким образом, температура +4°С является нижней границей жизни теплолюбивых растений и нижней границей активной жизнедеятельности холодоустойчивых растений. В связи с этим еще раз хочется подчеркнуть, что физиологические процессы, протекающие при температурах ниже 5° можно рассматривать как защитноприспособительные, отличающиеся от тех физиологических процессов, которые идут у растений во время их активной вегетации.

По литературным данным аномалии физиологических процессов вблизи 4°C встречаются и у животных организмов. Так. А.И. Дашковский /1968/, изучая динамику содержания кислорода в мозгу лягушки при охлаждении и согревании на фоне дыхония кислородом обнаружил аномально высокое содержание кислорода в мозгу при +5°C /табл. 5/, что, очевидно, показывает повышение потребления кислорода мозгом при температурах пиже 5°C. В таблице 5, для сравнения приведени характериотики изобарных кондентраций кислорода для води в зависимости

Содержание кислерода в мозгу лягушек при снижении температуры на фоне дыхания кислородом /в % к уровню

содержания кислорода при 20°/

Процесс	Охлаждение				
Температура мозга	20°	100	5°	00	
Концентрация 02	i00%	157,4	218,0	170,4	
в мозгу дягушки	±0	±16.3	±24,I	±16,9	
Изобарное насыц. води	100	T22,6	I38,7	I58,I	

По данным Л.Г. Вольфензон с сотрудниками /1964/ переживаемость мерцательного эпителия и диафрагмальной мышци криси и хомяка была наиболее максимальной при 5°С. По наолюдени этих же исследователей, выход гемоглобина из эритропитов крови крис и активного суслика после инкубации их в течение 25 часов при разных темперотурах было наименьшим также при температуре 5°С. О хорошей сохраняемости спермы быка при температуре 5°С отмечает О.Смит /1363/.

Интерсено отметить, что у инфузорий при температуре 4° и 5°С наблюдается усиленний синтез ДНК и РНК /Ковалева, 1963; Ковалева, Селиванора, 1963/.

По-видимому,, все эти аномалии физиологических процессов в соласти 4°С являютья также, как и у растений, защитноприспособительными реакциями тканей животемх органиямов на действие высокой льдоподобности воды. Поскольку это так, то по аналогии с реакцыями активновететирующих растений, могно ожидать прекращение физиологических процессов у тканей активных животных также при температуре +4°C.

Дейстьительно сотрудники кафедры зоологии жутского госуниверситета В.Т.Седалищев и Г.Т.Белимов /1978/ установили, что при охлаждении живорсдящей ящерицы в летний активный пориод смерть наступает при температуре +4°С. А в зимнос промя, после соответствующей подготовки, живородящая ящерица выдерживает более низкие температуры.

вот еще один интересный факт. Ю.И.Полянский и Т.М.Повнанская /1964/ установили, что парамеции прекращают делиться при температуре около 4°С. Однако, если их выдержать пекоторое время при этой температуре, то есть закаливать,
деление снова возобновляется и скорость физиологических реакций становится такой же, как при несколько более високой
температуре. Другими словами, парамеции ведут себя точно
так же, как и растения: в активном состоянии у них происходит резкое торможение физиологических процессов в области
4°С и, наоборот, в этих же условиях жизнедеятельность
усиливается после их закаливания.

Приведенные выше материалы показывают, что аномалии физиологических процессов в области 4°С наблюдаются у самых разлычных представителей растительного и животного пирства, и представляет собой защитноприспособительную реакцию организма на действие физиологически инертной льдоподобной формы воды, а температуры ниже 5°С являются особо неблагоприятными для нормальной жизнедеятельности живых организмов.

Таким образом, феномен этот является общебиологическим. То есть можно сказать, что 4°С является нажней границей кормальной активной жизнедеятельности живых организмов, или биологическим нулем.

В настоящее время ботаники пользуются своим, а специалисты, изучающие животный мир, в том числе и человека. пользуются другим понятием биологического нуля. Так, пф Белерадеку /1935/, биологический нуль - это температура ткани, при которой обратимо прекращается ее специфическая деятельность. Этот биологический нуль применим только для животных тканей и различен д. в отдельных тканей одного и того же животного, креме того у одной и той же ткани в зависимости от вида животного. Например, угасание условнорефлекторной деятельности происходит у крыс в пределах от 25 до 18°, а у собак - при 30-27°. Холодовий наркоз /обратимое подавление чувствительности и движений/ у крыс развивается при температуре тела 15°, у кролика - при 20°, кошек -24°, собак -около 28°, у человека - при 3I-25°. Реакции на болевне раздражения пропадают у крис при температуре 16,5-- I3°, у кошек - при I6° /Майстрак, I964/.

У ботаников биологическим нулем считается минимальная температура первоначального роста растений /Степанов, 1948/. Котя, А.И.Коровин /196 9/ считает, что у большинства возделиваемых в умеренном поясе сельскохозяйственных культур биологический нуль находится около 4°С, все же по вышеприведенному определению каждое растение и даже каждая фаза развития у растений имеет свой биологический нуль /табл.6/. У теплолюбивых растений он может лежать при температурах, вначительно выше 10°С.

Таким образом, в настоящее время нет понятия биологи-

ческого нуля, единого для всех живых организмов. Наша формулировка порая приводится ниже, является попыткой пос-

Таолица 6

/вос/ роста разных сельскохозяйственных культур по отдель-

/Цитируется по А.И.Коровину /1969/

Культура	Появле- ние всхо- дов	Формирова		
		вегета-	репродук-!	Плодоноше-
Подсолнечник	7 - 8	7-8	12 - 15	12 - 10
Конопля	2 - 3	2 - 3	10 - 12	12 - 10
Пшеница	4 - 5	4 - 5	10 - 12	12 - 10
Кукуруза	10 - 11	IO - II	12 - 15	12 - 10
фасоль	I2 - I3	12 - 13	I5 - I8	15 - 12
Хлопчатнин	14 - 15	14 - 15	18 - 20	I5 - I2
	3 2 1 3 1 3 3 5 5 1			

полнить этот пробел и может служить еще одним момстом, они-

"Температура живой ткани, начиная с которой резко подавляются или, наоборот, адаптивно повышаются процессы обмена веществ, называется биологическим нулем." Биологический нуль у всех организмов находится при температуре около +4°С и обусловлен резким увеличением доли льдоподобной воды, инертной в физиологическом отношении.

Теоретически возможен дрейф биологического нуля г результате действия факторов, нарушающих, сдвигающих температуру перестройки структуры ьоды, которая в нормальных усло - виях прои тодит при температуре +4°C. К числу таких факторов можно отнести давление, пекоторые химические вещества, силовые поля и др. Конформационные изменения белковых молекул, накопление защитных веществ и т.п., которые происходят в растениях в процессе закаливания, могут также изменять структуру воды, находящейся внутри клетки и вызвать дрейф биологического нуля в сторону повышения /угаров, 1977/.

ЗНАЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО НУДЯ В ПРИРОДЕ

живой мир, по-видимому, широко использует явление биодогического нуля. Можно полагать, что у зимоспящих видов во время спячки температура тканей наиболее ответственных органов тела автоматически, по принципу работы термостата, поддерживается при температуре чуть више биологического нуля. Необходимым условием нормальной работи этой системы должно быть незыячител ное колебание амплитуды температуры, которое обычно бывает в норах, где стат жизотные. Сильное охлаждение тела должно привести к пробуждению, так как мы знаем, что при температурах ниже 5°С физиологические процессы обычво усиливаются. Н.И. Келабухов /1956/ приводит данные опытов Кайзера по дыханию сусликов при различных температурах. В его спитах, в то время как суслики в спячке потребляли при 5°С в течение часа на I кг веса 19,7 см3 кислорода, при понижении температури воздула до +2°С у них наблюдалось возрастание этого показателя почти вдвое - до 38,9 см3. Это приведит и пробуждению животных. О пробуждении суслика при температуре 4,2° пишут Ганна и Анти /1977/.

Как известно, вода имеет при +4°С набольшую плотность. Когда осенью поверхностный слой воды охлаждается до температуры +4°, сн опускается на дно озера или реки. А наверху из "легкой" воды, охлажденной до 0°, постепенно образуется ледяная плоскость, словно крыша, прикрывающая воду от мороза. Иначе водоемы промерзали бы до самого дна. Благодаря этой особенности существует жизнь в пресноводных бассейнах. Однако жизнь не существовала бы в этих водоемах, если бы эта вода обладала бы обычной физиологической активностью плотноупакованной воды или свойством инертной в биологическом отношении льдоподобной воды. На первый взгляд при температуре +4°С физиологические процессы должны ускоряться. Однако, как мы уже говорили, под действие давления биологический нуль может дрейфовать и в этом случае повышенное давление будет снижать температуру биологического нуля и биологический нуль будет находиться уже при температуре около +3°, а не при +4°C, как в обычных условиях. Таким образом, в водоеме у живых организмов при температуре +4°С обмен веществ будет идти с минимальной скоростью, с какой идут этипроцесси в обычных условиях при температуре +5°С.

Выдвигая свою формулировку биологического нуля автор понимает смелссть своего поступка, а также знает, что много в этой идее дискуссионного, еще не решенного, неизвестного. Но если затронутая нашь проблема привлечет к себе

внимание специалистов разных прочилей, то мы будем считать свою задачу выполненной.

выводы

- І. Впервые экспериментально показано, что прекращение дыхательной активности изолированных митохондрий теплолюби- вых /на примере отурца/ и холодоустой чивых /на примере пшеницы/ растений при их охлаждении происходит при одной и той же температуре +4°C.
- 2. Впервые экспериментально показано, что после закаливания вспышка дыхательной активности наблюдается в области 4°С телько у изолированных митохондрий холодоустойчивого
 растения /пшеница/, а у теплолюбивого растения /огурец/ подобная вспышка дыхательной активности не происходит, хотя
 в отмечается лыхание при температурах ныже 5°С.
- з. Впервые описано явление коиозасухи, наступающей у растений при температурах ниже 5°C.
- 4. Дана классификация растений по их отношению к различным структурным формам воды: льдогодобному и плотноупакованному.
- 5. Впервие сформулировано понятие биологического нуля, сошего для растительных и животных организмов. Такой биологический нуль находится при температуре около +4°C.

ЛИТЕРАТУРА

- I. Агавердиев А.Ш., Доскоч Я.Е., Тарусов Б.Н. Оплиние нивких температур на сверхслабое свечение растений. "Виофици- ка", 1965, т. IX, вып. 5, с. 832-836.
- 2. Бернал Дж., Фаулер Р. Структура воды и ионных растворов. "Успехи физич. наук. Серия Д. 1934, т. XIУ, вып. 6, с. 586-643.
- 3. Бирштейн Т.М. Гидрофобные взаимодействия неполярных молекул. – В кн.: Состояние и роль воды в биологических объектах. М., "Наука", 1967, с.16-30.
- 4. Блох А.М. Структура води и геологические процесси. М., "Недра", 1969.
- 5. Бриллиант В.А. Фотосинтез как процесс жизнедеятельности растения. "Наука", 1970.
- 6. Вольфензон Л.Г., Кесаманлы Н.В., Филов В.А., Андреева Е.В., Лозина-Лозинская Ф.Л. Сравнительная устойчивость тканей зимоспящих и незимоспящих грызунов к охлаждению и переохлаждению. В кн.: Клетка и температура среди. М. Л., "Наука", 1964, с.85-89.
- 7. Генкель П.А., Кушниренко С.В. Холодостойкость и термические способы ее повышения. М., "Наука", 1966,
- 8. Годдовский А.М. Основы учения о состояниях организмов.
 л., "Наука", 1977.
- 9. Дадыкин В.П. Особенности поведения растений на холодных почвах. М., "АН СССР", 1952.
- 10. Дашковский А.И. Математический метод сопоставления двофузионных токов для определения содержания киолорода

- в ткани мозга жладнокровных при их охлаждении. В кн.: Гипотермия и местное действие холода на мозг и сердце. Краснодар, 1968, с.187-192.
- II. Жолкевич В.Г. К вопросу о причинах гибели гастений при низких температурах. "Т.у. и Инст. физиол. гастений АН СССР, 1955, т.9, с.3-56.
- I2. Зайцева М.Г. Выделение и определение ДХА митохондрий Triticum vestivum L. -"ДАН СССР", 1970, т. 194, 15, с. 1210 1222.
- ІЗ. Зацепина Г. Н. Свойства и структура воды. М., Изд. МГУ, 1974.
- I4. Клотц И. Вода. Б кн.: Горизонты биохимии. М., "Мир", 1964.
- 15. Ковалева Н.Е. Влияние температурного фактора на содержание пезоможной кислоты в макронуклечее

 Рагамесіци caudatum , облученных рентгеновскими лучами. В кн.: Морфология и физиология простейших. М.-Л.,
 1963, с.123-132.
- 16. Ковалева Н.Е., Селиванова Г.В. Влияние температурного фактора на содержание дезоксириоонуклеиновой и рибонуклеиновой кислотн у Paramecium caudatum . - "Цитология", 1963, т.5, м3, с.273-278.
- 17. Колесник А.А. Факторы длительного хранения плодов и овощей. М., "Госторгиздат", 1959.
- 18. Калабухов Н.И. Спячка животных. Харьков, 1956.
- 20. Коровин А.И. Об отношении растений к низким положительним температурам и заморозкам и пути повышения их холодо- и заморозкоустойчивости. - В кн.: Устойчивость рас-

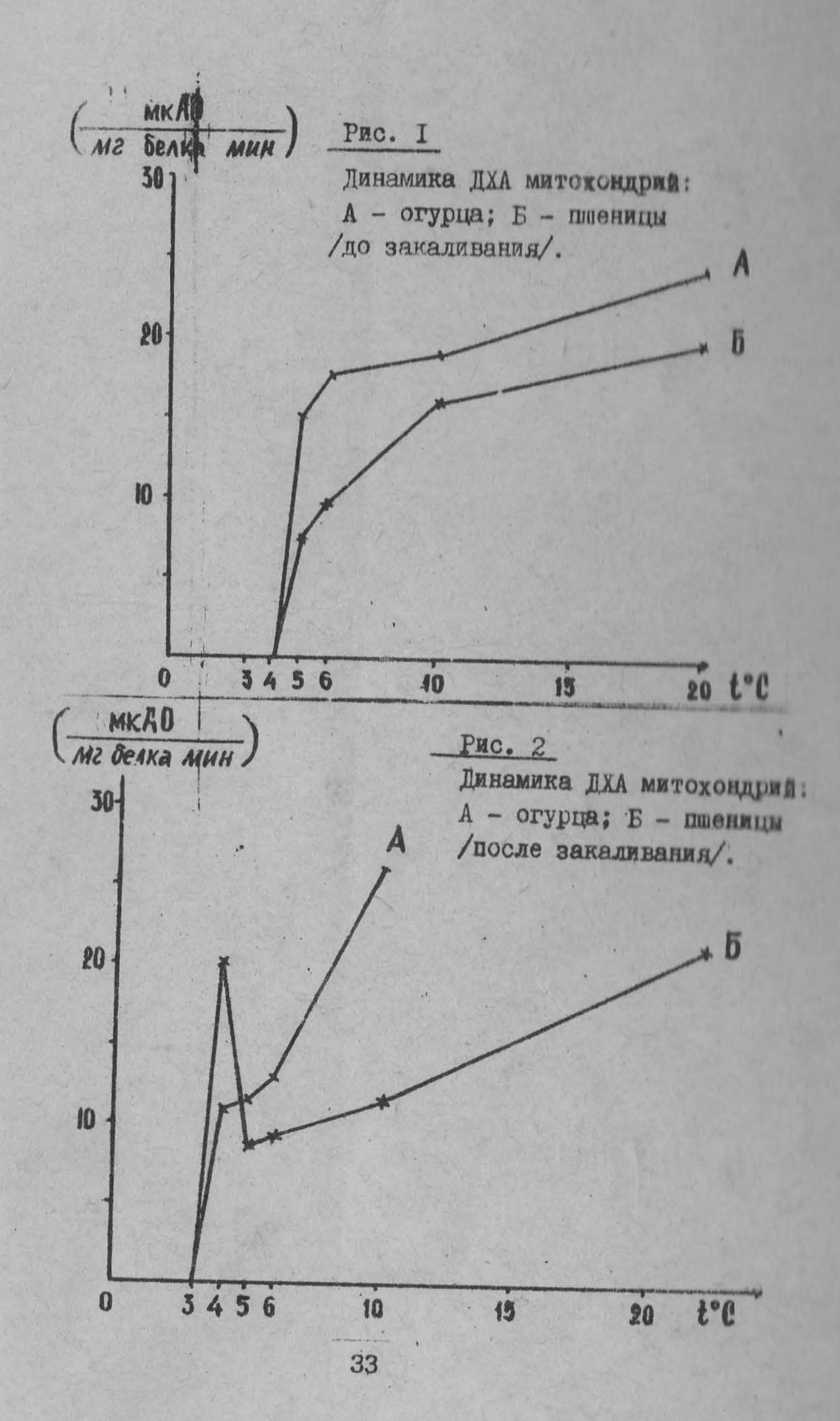
- тений к низким положительным температурам и заморозкам и повычения. М., "Наука", 1969. с.5-15.
- тения Л., "Гидрометеоиздат", 1972.
- 22. Курсанов А.Л., Крюкова Н.Н., Морозов А.С. Влияние температуры на обратимое действие инвертазы в растениях в связи с их холодо- и жароустойчивостью. "Изв. АН СССР", сер.бирл., 1938, М.Г. с. 1-66.
- 23. Лозина-Лозинский л.К. Очерки по криобиологии. Л., "Ноу-
- 24. Майстрах Е.В. Гипотермия и анабиоз. М.-Л., "Наука", 1964.
- 25. Незговоров Л.А., Соловьев А.К. Действие низких температур и патогенной почвенной микрофлоры на поглощение в ды теплолюбивыми растениями. "Физиол. раст.", 1965. т.12, №3, с. 500-515.
- 26. Полянский Ю.И. и Познанская Т.М. Длительное культивирование Paramecium caudatum. Acta protozool., .2, №27. с.271-278. Цитируется по Лозина-Лозинскому Л.К. /1972/.
- 27. Родченко О.П., Гарлинская В.П., Романова Э.Д., Колмакова О. П. Особенности роста клеток корня кукурузы при температуре +4°C. "Инф. Эюлл.", вып. 5, Иркутск, 1969, с. 91.
- 28. Седалищев В.Т., Белимов Г.Т. Материалы по экологии живородящей ящерицы (Lacerta vivipara Jacquin.) Якутии. — -"Докл. высш. школы", Биол. наук., 1978, №10, с. 59-35.
- 29. Смит О. Биологическое действие замораживания и переохлик-
- 30. Степанов В.Н. О минимельных температурах для прорастания семян и появления всходов полевых культур. "Советская

- агрономия", 1948, №1, с.56-63.
- 31. Тхакахов А.К. Зависимость биоэлектрических потенциалов растений от понижающейся температуры корней. "физиол. раст.", 1972, т.19, вып.6, с.1211-1214.
- 32. Угаров Г.С. О физиологической активности льдоподобь формы воды. В кн.: О физиолого-биохимических и генетических проблемах Севера. Якутск, 1971, с.6-9.
- 33. Угаров Г.С. Физиолого-биохимические с обенности раннего лука-батуна в сзязи с его водным режимом. Автореферат канд.дисс., Казань, 1972.
- 34. Угаров Г.С. О причине резких изменений физиологических процессов у растений при пониженных положительных температурах. В кн.: Псчвенные и ботанические исследования в Якутии. Якутск, книжн. издательство, 1972, с. 180-183.
- 35. Угаров Г.С. Влияние низких положительных температур на динамику биопотенциалов у растений. Бюлл. научно-техн. инф. Биологические проблемы Севера. Якутск, Издание ЯФ СО АН СССР, 1975, с.10-11.
- 36. Угаров Г.С. Транспирация растений при низких положи тельных температурах. В кн.: Эколого-биологические исследования организмов высоких широт. Якутск, Издание ЯФ СО АН СССР, 1976, с. 11-113.
- 37. Угаров Г.С. Влияние закалки на динамику биопотенциалов у растений. В кн.: Молекулярная и прикладная биофивика с/х растений и применение физико-технических методов в сельском хозяйстве. Тезиси докладов Всесоюзного симпозиума. Кишинев, 1977, с.80-81.

- 38. Халоимов Л.И., Сидорова А.И. Влияние неполярных групп молекул неэлектролитов на ИК-спектр поглощения води. В кн.: Молекулярная физика и биофизика водных систем. Л., Изд. ЛГУ, 1978, вып.І, с.24-29.
- 59. Штраусберг Д.В. Питание растений при пониженных температурах. М., "Наука", 1965.
- 40. Belehradek J. Temperature and Living Matter. Protoplasma -Monogr. Berlin, 1935.
- 41. Fukushima T., Yamazaki M., Tsugiyama T. Chilling-injury in cucumber fruits. I. Effects of storage temperture on symptoms and physiological changes. "Sci. hort.", 1977.

 6, N 3, p.185-197.
- 42. Fukushima T., Tsugiyama T. Chilling injury in oucumber fruits. II. Chemical analyses of leakage substances and anatomical observation of symptoms. "Sci. hort.", 1977, 6, N 3, p.199-206.
- 43. James M., Lyons and John K. Raison. Oxidative Activity of Mitochondria Isolated from plant Tissues Sensitive and Resistant to Chilling injury. "Plant physiol.", 1970, 45, N 4,p.386-389.
- 44. Molish H. Untersuchungen über das Erfrieren der Prlanzen.
 Jena, 1897.
- 45. Pauling L. A molecular theory of general anestesia. "Science", 1961, 134, N 3471, p.15-21.
- 46. Sachs J. Das Erfrieren bei Temperaturen über 00. Physiologische Mitteilungen verschiedenen Inhaltes. III. Beiträge zur Lehre von der Transpiration der Gewächse.

- "Tit. Ztg.", 1860, 18, s.123-126.
- 47. Schimper W.P. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena, 1898.
- 48. Tähti Hanna, Soivio Antti. Respiratory and circulatory differences between induced and spontaneous arousals in hibernating hedgehogs (Erinaceus europeus L.). "Ann. nool. fenn.", 1977, 14, N 4, p.198-209.





RPHOBACYXA NPU to < 5°C



PUSMONOFHUECKAR

CYXOCTO MOUBBI

NPU to 5°C

Рис. З. Криозасуха и физиологическая сухость холодной почвы.

Высшие: Теплолюбивые /огурцы, лимон/

Холодоустойчивые /пшеница, картофель/

Низшие:/гриб - возбудитель серой гнили/

+4°C

Factorna:

Позвоночные: холоднокровные /лягушка/

теплокровные /суслик, хомяк, крыса/

животные:

Простейшие: - /инфузории/

Pnc. 4

Аномалии физиологических процессов в области +4°с встречаются у различных представителей растительного и животного царства.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	1000	CTP:
введение		3
Особенности физиологических процессов у растении	при	
температурах олизких к +4°C	:	4
Объекты исслепования		10
методика выделения и определения дыхательной акти	AB-	
нести митохондрий		II
Экспериментальные данные и их обсуждение		12
+4°C как опологический нуль	•	19
Значение биологического нуля в природе		24
выводы		26
JUTEPATYPA		27

Препринт Ж І

Гавриил Спиридонович Угаров

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
У ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ ПРИ НИЗКИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Редактор Л.Ф.Белинская Техн.редактор Е.П.Тимофеева

Подписано в печать 29/I-79 г.Формат 60х84¹/I6

Бумага тип. № 2. Усл.п.л. 2,09.Уч-изд.л.І,33

Тираж 500 экз. Заказ № 1021 Цена ІЗ коп.

МЛ 01022.

ЛОП ЯГУ г.Якутск, ул. Дзержинского, 12