

УДК 581.18.0*02:633.15

ОЦЕНКА ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ С РАЗЛИЧНОЙ ЖАРСТОЙКОСТЬЮ ПО БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ПРОРОСТКОВ

С. И. БАЛДЕНКОВА, С. Н. МАСЛОБРОД, Т. Г. МУСТАФЕВ

(Кафедра физиологии растений)

Показан однотипный характер электрической реакции проростков линий кукурузы, жаростойкость которых задана генетически или модифицирована температурной закалкой, на температурные перепады $20 \rightarrow 40^\circ\text{C}$ на фоне света и темноты и на включение и выключение света (20 клк при 40°C). У жаростойких линий амплитуда БП меньше, чем у нежаростойких. Температурный отклик листьев проростков (изменение показаний датчиков температуры листа и разности температур лист — воздух) был выше у жаростойких линий по сравнению с нежаростойкими при тех же температурных воздействиях.

Выявлен характер электрического и температурного поведения листа кукурузы в условиях критических температур ($+52^\circ\text{C}$). Момент наступления гибели листа четко идентифицирован выходом потенциала на стационарный уровень и утратой способности листа к электрической реакции на внешние воздействия. Исследован процесс постепенной гибели листа на фоне 46°C по разности температур (РТ) лист — воздух. У менее жаростойкой формы РТ быстрее выходит на нулевой уровень при одновременном изменении формы кривой отклика (плавная кривая отклика становится ступенчатой), что характеризует гибель листа.

Повышенные температуры ($40\text{—}50^\circ\text{C}$) в период онтогенеза растений часто сопровождаются почвенным и воздушным обезвоживанием, что обуславливает сопряжение признака жаростойкости растений с их засухоустойчивостью. В то же время летом на юге страны после дождей или обильного полива, а также в теплицах и оранжереях высокая температура пагубна и при наличии оптимальной влажности. В данном случае жароустойчивость растений проявляется, так сказать, в чистом виде.

У растений, по-видимому, эволюционно выработался механизм генетической защиты от жары, который активно функционирует практически в течение всего онтогенеза, в том числе и на ранних фазах развития. Отсюда логично предположить, что различия по любым параметрам, обнаруживаемые между контрастными по жаростойкости формами уже на ранних фазах их развития, могут быть использованы при разработке экспресс-метода оценки данного признака.

В настоящем сообщении приводятся результаты трехлетних исследований этой проблемы на проростках линий кукурузы, контрастных по жаростойкости, с использованием динамических характеристик объектов — биоэлектрических потенциалов (БЭП), температуры листа (ТЛ) и разности температур лист — воздух (РТ).

Методика

Опыты проводили в условиях биотрона Института экологической генетики АН МССР в системе автоматизированного съема научной информации (АСНИ), обеспечивающей комплексный многоканальный съем информации о состоянии растений в динамике, в регулируемых условиях внешней среды с оперативной математической обработкой результатов [2].

Объекты исследования — линии кукурузы с различной жаростойкостью — были выбраны в соответствии с «Перечнем различных по засухо- и жаростойкости сортов развоз кукурузы» [11].

Исходный материал получен из Молдавского НИИ кукурузы и сорго, за что авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам этого института. Семена прора-

щивали в вегетационных сосудах, заполненных типичным для условий Молдавии черноземом. Сосуды помещали в климатические камеры КТЛК-1250, где обеспечивался фотопериод — 16 ч свет (20 клк) 8 ч темнота; дневная температура 24°C , ночная 22°C ; влажность воздуха 70 %. На листьях 15-дневных растений (возраст был выбран по [7]) измеряли БЭП (референтный электрод находился в почве сосуда) ТЛ и РТ — при включении и выключении света (ТС- и СТ-реакции) на фоне 20 и 40°C (последняя считается наивысшей переносимой температурой для кукурузы [3]), а также при температурных перепадах $20\text{—}40^\circ\text{C}$ со скоростью $1^\circ/\text{мин}$ на свету и в темноте. Среднее вычисляли не менее чем из 10 повторностей.

Электрофизиологическое исследование линий с генотипически обусловленной жаростойкостью

В опыте, где были использованы неустойчивая к жаре линия W 153R, среднеустойчивая линия W47 и устойчивая линия A 619, были обнаружены различия между ними по первой амплитуде (А) ТС- и СТ-реакции на фоне 40°C, а также по первой амплитуде термоиндуцированной реакции на свету и в темноте при перепаде 20→40°C (рис. 1). Во всех случаях она была больше у линии W153R. Подобная картина наблюдалась нами ранее на томатах и кукурузе [9] и рядом исследователей — на других культурах [10, 19].

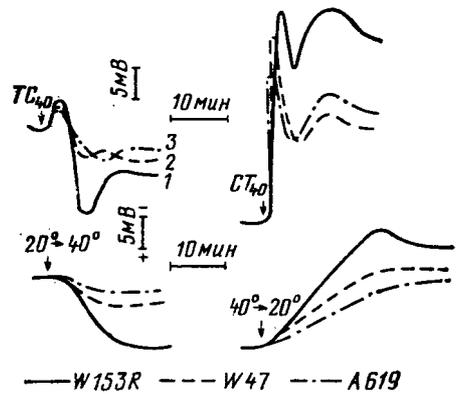


Рис. 1. Электрические реакции листьев 15-дневных проростков кукурузы на световые и температурные воздействия.

ТС₄₀ СТ₄₀ — соответственно включение и выключение света на фоне 40 °С; 20→40, 40→20°С — перепад температуры на фоне света; W 152R, W 47 и A 619 — соответственно нежаро-, среднежаро- и жаростойкая линии.

Электрофизиологическое исследование линий с жаростойкостью, модифицированной температурной закалкой

Закономерности, полученные на трех контрастных по жаростойкости генотипах кукурузы, логичнее было проверить на большем наборе генотипов. Но с общебиологической точки зрения интереснее вначале провести опыт, в котором сравнивались бы нежаростойкая и жаростойкая формы в пределах одного исходного генотипа. Если отмеченные закономерности в пределах разных генотипов и одного генотипа совпадут, то это явится серьезным аргументом в пользу высокой информативности электрофизиологического метода для экспресс-оценки данного признака.

В первой серии опытов жаростойкость нежаростойкой линии F₇ повышали путем предпосевной температурной закалки семян по Генкелю [4]: слегка намоченные семена выдерживали в течение 24 ч при температуре 24 °С в термостате, затем подсушивали в сушильном шкафу до воздушно-сухого состояния и проращивали в вегетационных сосудах в климокамерах по описанной выше методике до 15-дневного возраста. При сравнении А ТС-реакции на фоне 40 °С у незакаленных растений, как и у генетически неустойчивой к жаре линии W153R, обнаружена более интенсивная электрическая реакция: в контроле А = 6,81 ± 0,84 мВ, в опытном варианте А = 3,85 ± 0,49 мВ.

Во второй серии опытов жаростойкость проростков оценивали также в пределах одного генотипа, но температурной закалке подвергали не семена, а проростки. Часть проростков нежаростойкой линии Р 346 закаливали при температуре 44 °С в течение 3 сут по 6 ч согласно [4]; контроль — необработанные проростки. После закалки 10-дневные проростки переносили в климокамеру, где находились контрольные растения. Электрофизиологические исследования проводили на 15-дневных проростках. В результате было обнаружено, что закаленные растения не отличаются от контрольных по амплитуде ТС-реакции на фоне 20 °С (А_{конт} — 11,82 ± 0,64 мВ А_{опыт} = 13 ± 0,18 мВ) и существенно отличаются по амплитудам ТС-реакции при 40 °С (А_{конт} = 15,37 ± 0,16 мВ; А_{опыт} = 12,19 ± 0,14 мВ), т. е. вновь была подтверждена закономерность реакций, наблюдаемая для линий с различной генотипически обусловленной жаростойкостью.

В завершающей серии опытов температурной закалке подвергали проростки по более сложной схеме [4] с тем, чтобы получить более

Электрофизиологическое поведение закаленных и незакаленных проростков контрастных по признаку жароустойчивости линий кукурузы при температурных перепадах

Вариант опыта	Амплитуда реакций линий, мВ		
	А 239	ВИР 44	F ₇
	20 → 40 °С		
Контроль	5,59±0,17	5,6±0,29	12,88±0,14
Закалка	6,50±0,97	6,15±0,17	3,34±0,97
	40 → 20 °С		
Контроль	8,60±0,44	10,00±0,63	35,00±1,80
Закалка	13,02±1,63	14,27±3,41	15,46±1,80

глубокие структурные и функциональные сдвиги у растений под влиянием закалывающей температуры. Эффект закалки был проверен сразу на трех генотипах — высокожаростойкой линии А 239, среднежаростойкой — ВИР 44 и нежаростойкой — F₇. Ожидалась более высокая отзывчивость на действие закалки у неустойчивой линии. Закаливание проводили в течение 7 дней, в каждый из которых растения 6 ч выдерживали в условиях повышенной температуры; начальная температура — 38°С, затем ее ежедневно увеличивали на 2°С. Результаты опыта подтвердили наши предположения: неустойчивая линия по сравнению со средне- и высокоустойчивой характеризовалась более высокими амплитудами электрической реакции на световое воздействие при 40°С и температурном перепаде 20→40°С на свету и в темноте. Под влиянием закалки резко сократились амплитуды реакций у прежде нежаростойкой линии, а в остальных вариантах они оставались без изменения либо уменьшались незначительно. В табл. 1 приводится один из результатов такого опыта.

Любой из признаков, устойчивости к неблагоприятным факторам среды имеет, как правило, полигенную природу [6] и характеризуется специфическим проявлением на разных уровнях организации (клеточном, тканевом, органном, организменном и ценолитическом) [5, 6, 14], обусловлен работой нескольких механизмов [5, 14]. В то же время однозначность электрофизиологического проявления таких признаков (в нашем случае жаростойкости) независимо от того, задан ли он генотипически или «навязан» внешней средой, действующей на объект по разной программе, наталкивает на мысль, что при всем многообразии структурной «оснастки» признака функция его единообразна и выражается через строго определенный характер изменения электрических свойств тестируемого объекта. Разумеется, в основе процесса ослабления электрической реакции проростком при его закаливании лежат какие-то общие элементарные акты, обязательно связанные с изменением состояния мембран клетки и клеточных органелл, их проницаемости и прочности. Закалка способствует стабилизации мембран, увеличению в них количества тугоплавких липидов, включающих жирные кислоты, возрастанию доли белков, обладающих высокой конформационной устойчивостью [17], увеличению доли активной компоненты мембранного потенциала [18] и т. д.

Исследование жаростойкости линий по температурной реакции проростков

Поскольку электрофизиологическая оценка жаростойкости линий проводилась на объектах (листьях проростков), обеспечивающих поддержание водного режима надземной части растения (и всего растения), который в решающей степени обуславливает признак жаростойкости, целесообразно было на этих же объектах проконтролировать температурное (следовательно, и водно-ионное) состояние не только с

помощью датчиков БЭП, но и ТЛ и РТ. Последние два датчика обеспечивают регистрацию параметров, являющихся тонкими индикаторами работы устьичного аппарата листа.

Вначале ставилась задача исследовать температурное состояние проростков при тех же факторах внешнего воздействия, что и в электрофизиологических опытах. Были взяты 15-дневные проростки трех контрастных по жаростойкости линий: высокоустойчивой А 619, среднеустойчивой W 47 и неустойчивой W153. При световых и температурных воздействиях обнаружено, что во всех случаях у жаростойкой формы по сравнению со средне- и нежаростойкой формами амплитуда изменения РТ и ТЛ больше (рис. 2).

Поскольку вопрос о температурном режиме листьев в период стресса исследован недостаточно [12], представляло интерес проанализировать данные рис. 2 более детально. При включении света на фоне нормальной температуры (20°C) скорость изменения РТ листьев составила примерно 0,63°/мин у всех генотипов, скорость изменения ТЛ — в среднем 0,50°/мин: у А619 — 0,74°; у N47 — 0,44; у W153 — 0,32°/мин. При выключении света на фоне 20 °С по РТ получено в среднем 0,50°/мин (соответственно по линиям 1,03°; 0,45 и 0,45°/мин); по ТЛ — в среднем 0,30°/мин (0,41°; 0,24 и 0,24°/мин). Следовательно, при световых воздействиях температурные различия между листом и окружающим воздухом нарастают быстрее, чем температура самого листа. Можно сказать, что параметр РТ более чувствителен к внешнему воздействию,

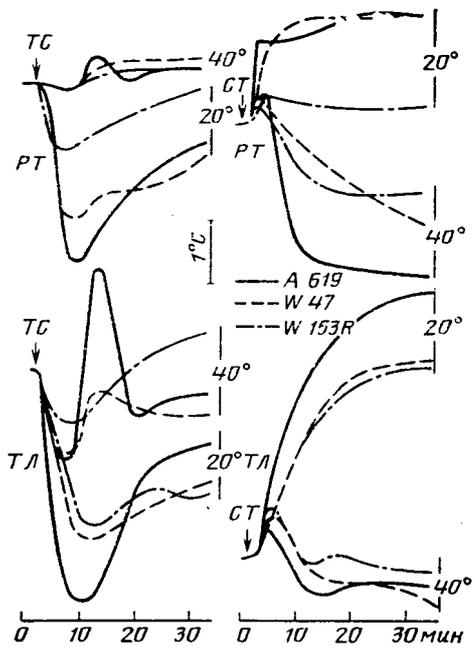


Рис. 2. Температурные отклики листьев 15-дневных проростков кукурузы на свет.

ТС, СТ — соответственно включение и выключение света; РТ — разность температур лист — воздух; ТЛ — температура листа; 20 и 40 °С — температуры воздуха; А 619, W 47, W 153R — соответственно жаро-, среднежаро- и нежаростойкая линии.

Таблица 2

Изменение температуры листьев (ТЛ, °С) и разности температур лист — воздух (РТ, °С) у контрастных по жаростойкости линий кукурузы при температурных перепадах на фоне света и темноты

Температурный перепад,	ВИР 27	А 239	А 632	ВИР 44	F ₇	W 70
Датчик ТЛ						
свет						
20 → 40	11,5±0,04	10,88±0,15	12,36±0,17	10,73±0,27	11,24±0,19	11,24±0,10
40 → 20	-12,58±0,22	-11,37±0,06	-12,58±0,12	-11,6±0,27	-11,85±0,15	-11,83±0,16
темнота						
20 → 40	15,80±0,12	16,2±0,25	16,86±0,39	15,51±0,07	13,92±0,08	14,97±0,40
40 → 20	-12,57±0,21	-12,14±0,35	-14,74±0,27	-13,78±0,21	-13,77±0,14	-14,47±0,30
Датчик РТ:						
свет						
20 → 40	3,97±0,44	2,97±0,24	2,98±0,06	3,71±0,37	4,55±0,51	—
40 → 20	-4,70±0,50	-4,01±0,11	-3,75±0,07	-4,53±0,34	-6,48±0,23	—
темнота						
20 → 40	0,83±0,06	0,80±0,05	0,92±0,06	0,88±0,04	1,50±0,14	—
40 → 20	-1,47±0,15	-1,07±0,07	-1,16±0,06	-1,08±0,11	-2,45±0,54	—

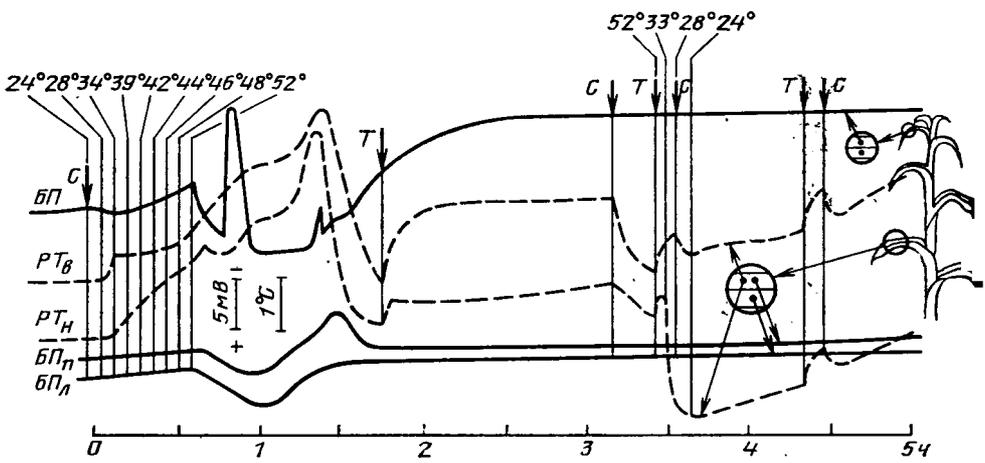


Рис. 3. Светоиндуцированные электрические и температурные отклики живых и мерт-
вых листьев кукурузы (гибель листьев наступала в результате постепенного повы-
шения температуры воздуха до летальной).

C, T — включение и выключение света; RT_N , RT_B — разность температур лист — воздух нижнего и
верхнего эпидермиса листа; БП — биопотенциал верхнего листа; БП_л, БП_п — биопотенциал левой
и правой половинок нижнего листа.

чем ТЛ. Кроме того, погрешность датчика РТ (0,1 °С) значительно
меньше, чем ТЛ (0,5 °С) [2].

Температурные отклики при 40 °С имеют меньшую скорость, чем
при 20 °С, что не согласуется с положением о более интенсивном режи-
ме работы устьиц при высоких температурах [1]. Дополнительно от-
метим колебательный характер изменения ТЛ и РТ при 40 °С, сопря-
женный, по всей вероятности, опять же с периодическим открыванием
и закрыванием устьиц.

В целом более интенсивный теплообмен у жаростойких форм ха-
рактеризует эти формы как ксерофиты с расточительной транспирацией
[4], благодаря чему исключается перегрев листьев и всего растения.

Специальный интерес представляет опыт, в котором тестирование
состояния объекта световыми воздействиями проводилось на фоне по-

Таблица 3

Динамика изменения разности температур лист — воздух (RT , °С)
у проростков линий кукурузы, контрастных по жаростойкости, при включении
(ТС-реакция) и выключении (СТ-реакция) света на фоне длительного действия
высокой температуры воздуха (46°С)

Время после включения, ч	Высокожаростойкие		Среднежаростойкие		Нежаростойкие	
	ВИР 116	ВИР 27	W 83	73146В	W 70	F ₂
ТС-реакция						
0	-1,0±0,06	-0,70±0,12	-0,80±0,12	-0,57±0,11	-0,40±0,10	-0,57±0,03
2	-0,82±0,20	-0,70±0,06	-0,85±0,10	-0,66±0,09	-0,57±0,07	-0,60±0,06
4	-1,02±0,06	-0,67±0,03	-1,46±0,22	-0,66±0,07	-0,53±0,13	-0,37±0,09
6	-1,07±0,18	-1,17±0,18	-0,90±0,10	-0,62±0,14	-0,67±0,18	-0,55±0,05
8	-0,95±0,10	-0,77±0,03	-0,82±0,09	-0,55±0,10	-0,80±0,20	-0,57±0,18
10	-1,00±0,15	-0,70±0,01	-0,87±0,12	-0,02±0,01	-0,53±0,02	-0,05±0,01
СТ-реакция						
1	1,02±0,13	0,70±0,06	0,90±0,15	0,44±0,07	0,43±0,09	0,33±0,03
3	1,10±0,10	0,73±0,03	0,78±0,07	0,60±0,07	0,37±0,03	0,30±0,01
5	1,13±0,09	0,70±0,10	0,93±0,14	0,46±0,07	0,57±0,03	0,55±0,05
7	1,02±0,06	0,93±0,18	0,85±0,13	0,56±0,07	0,53±0,07	0,35±0,05
9	0,90±0,04	0,47±0,07	0,57±0,09	0,30±0,04	1,00±0,06	0,65±0,35
11	0,67±0,12	0,30±0,06	0,62±0,06	0,27±0,07	0,75±0,05	0,01±0,01

степенно повышающейся температуры воздуха от нормальной (24°C) до летальной (52°C) с одновременным использованием датчиков БЭП и РТ (рис. 3).

Прежде всего обращает на себя внимание факт изменения не только количественных, но и качественных параметров отклика — формы кривой отклика. На верхнем более молодом листе растения (гибрид М420) высокая температура вызвала потенциал действия, что характерно и для других объектов [16]; затем возник другой потенциал действия, меньший по амплитуде, и кривая БЭП вышла на стационар, не изменяющийся после новых воздействий: лист погиб. На нижнем старом листе отмечены изменения метаболического потенциала также с последующим выходом на стационар. Этот лист погибает несколько раньше молодого (засушивается), поскольку молодые листья имеют более термостабильные мембраны [19]. Датчик РТ показывает реакцию несколько иного типа: вначале быстрое повышение температуры листа, затем резкий обрыв, спад до первоначального уровня, но способность к реакции сохраняется и у мертвого листа, изменяется лишь форма кривой — из плавной она становится ступенчатой. Дополнительно отметим разные амплитуды РТ-реакции на верхнем и нижнем эпидермисе листа; асимметрия сохраняется, и у мертвого листа эта амплитуда выше снизу листа, по-видимому, из-за большего количества устьиц на нижнем эпидермисе листа кукурузы по сравнению с верхним [19]. Кстати, электрическая реакция листа одинакова при световых воздействиях как снизу, так и сверху листа (а между половинками листа она неодинакова) [8]. В чем причина такого разного поведения датчиков БЭП и РТ? Первые отражают «живую» компоненту регистрируемого отклика, отчего реакции нет на мертвом листе, а вторые — «живую» компоненту плюс чисто физическую, которая существует, пока не наступит полное разрушение структуры уже неживого объекта.

При сопоставлении количественных параметров электрического и температурного отклика у растений бросается в глаза реципрокный характер различий между контрастными вариантами опыта. Как известно [15], степень открытия устьиц пропорциональна электрическому току внутри листа. Казалось бы, между БЭП и РТ (ТЛ) должна существовать пропорциональная зависимость. Но электрическая реакция на свет шире, чем просто связь с водо- и газообменом листа [8]. Лист генерирует реакцию на свет и при отсутствии отмеченных функций [8], фотоактивация устьичных движений и электрической реакции обусловлена разными рецепторами [8, 20] и разными длинами волн [9, 20].

В следующем опыте идентификацию линий с разной жаростойкостью проводили с использованием другого набора контрастных линий: высокоустойчивых ВИР 27 и А 239, среднеустойчивых — А 632 и ВИР 44, неустойчивых — F₇ и W 70, а также других факторов воздействия: температурных перепадов 20→40°C на свету и в темноте (табл. 2). По ТЛ при переходе 20→40°C на свету различия между линиями отсутствовали, в темноте жаростойкие линии отличались более высокими амплитудами изменения ТЛ, т. е. они больше нагревались и охлаждались. В темноте по сравнению со световым фоном нагрев у всех линий идет сильнее при перепаде 20→40°C и охлаждение усиливается при перепаде 40→20°C. По РТ выделяется линия F₇, у которой большие амплитуды РТ-реакции. На свету амплитуда РТ-реакции ниже, чем в темноте, у всех генотипов, по-видимому, за счет устьичной транспирации.

Характер биологической информации о жаростойкости генотипов кукурузы, получаемой с помощью датчиков БЭП, ТЛ, РТ при высоких сублетальных и летальных температурах

Следующий опыт был поставлен уже с набором контрастных по жаростойкости линий. При помощи датчиков РТ давалась оценка поведения 15-дневных проростков на фоне сублетальной температуры 46°C при включении и выключении света (табл. 3). Опыт шел в течение полусуток. Был подтвержден факт большего теплообмена листьев

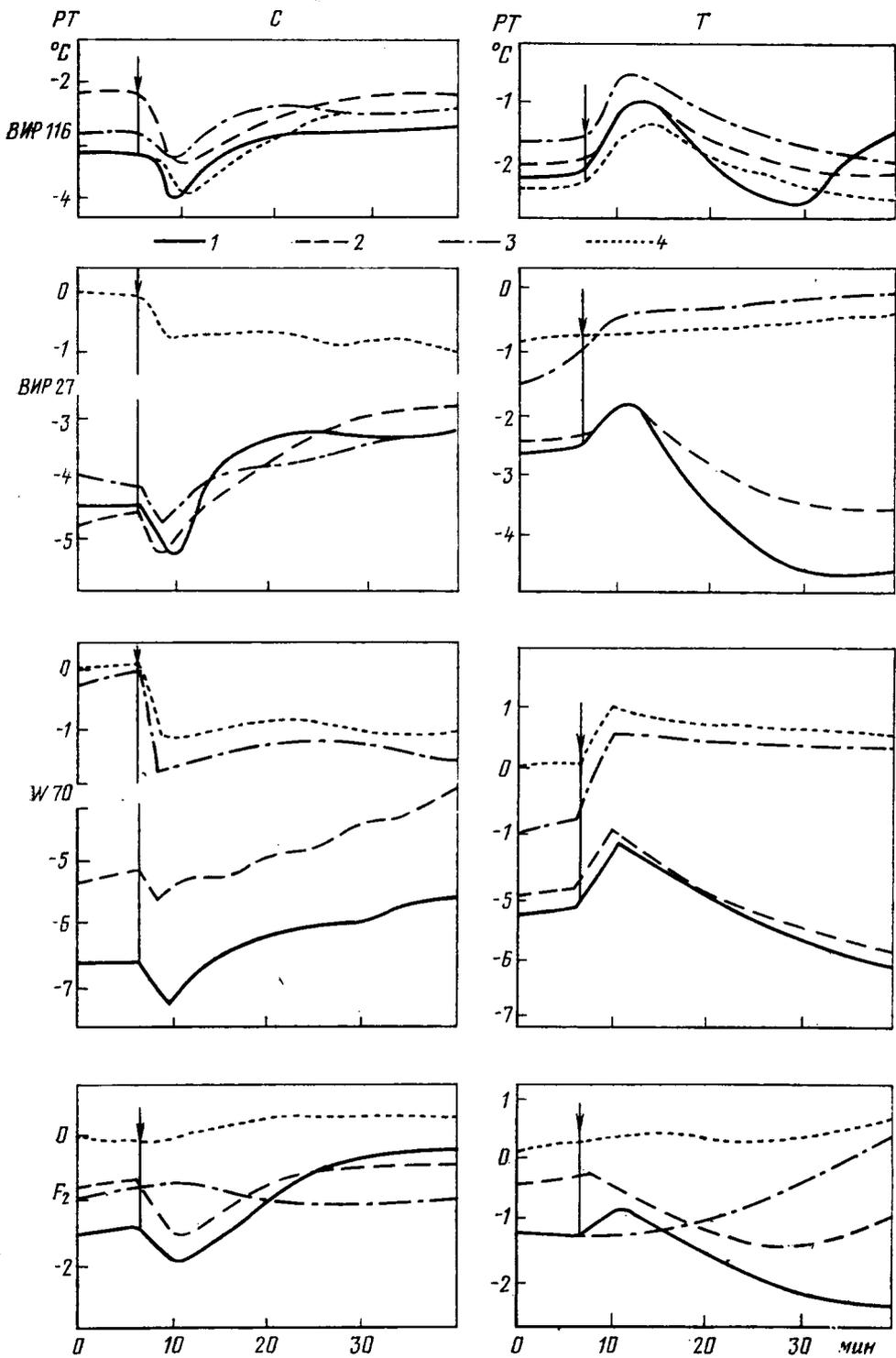


Рис. 4. Температурные отклики листьев 15-дневных проростков кукурузы на периодические световые воздействия на фоне 46°C .

RT — разность температур лист — воздух; С, Т — включение и выключение света; /—4 — порядковый номер светового воздействия; ВИР 116, ВИР 27, W 70, F₂ — соответственно высокожаро*, жаро-, среднежаро- и нежаростойкая линии.

жаростойких линий ВИР 116 и ВИР 27 по сравнению с нежаростойкими W 70 и F₂. Наблюдалась тенденция к снижению амплитуды РТ-реакции к концу опыта, в особенности у F₂. В данном опыте должно было иметь место то же явление, которое мы наблюдали в предыдущем опыте: из-

менение не только амплитуды, но и формы кривой РТ-отклика. Кривые изменения РТ, представленные на рис. 4, дают убедительную и более четкую картину. Во-первых, в процессе светотемнового тестирования постепенно изменялся исходный уровень РТ: от значений в несколько градусов (лист был холоднее или теплее воздуха) он переходил к нулевому уровню (температуры листа и воздуха сравнивались — лист мертвый). Обнаружен еще один критерий живого и мертвого листа по датчику РТ — определенная форма кривой отклика: в критический момент из плавной она становится ступенчатой и даже выпрямляется (у F_2), что свидетельствует о полном разрушении структуры листа. Важно также следующее: процесс гибели (по отмеченным параметрам РТ) раньше начинается у неустойчивых форм (у F_2 — на 2-м тест-воздействии, у W 70 — на 3-м), затем у среднеустойчивых (W 70 — на 3-м), далее у устойчивой (ВИР 27 — на 4-м воздействии). У высокоустойчивой формы ВИР 116 лист в период наблюдений не погибал.

В заключение отметим, что с помощью динамических параметров растительного организма (целого проростка) БЭП, РТ и ТЛ можно проводить идентификацию формы (линии) кукурузы с разной устойчивостью к высоким температурам, обусловленной как эндогенными (генотипом), так и экзогенными (модифицирующими) факторами в условиях различного режима «опроса» объектов — светом или температурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабушкин Л. Н. Механизм и физиологическая роль устьичных движений. — Кишинев: Штиинца, 1975. — 2. Биотрон **Ин-та** эколог, генетики АН МССР. — Кишинев: Штиинца, 1985. — 3. Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М. Краткий справочник по физиологии растений. — Киев: Наукова думка, 1973. — 4. Генкель П. А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. — М.: Наука, 1982. — 5. Дроздов С. Н., Курец В. К., Титов Л. Ф. Терморезистентность активновегетирующих растений. — Л.: Наука, 1984. — 6. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений. — Кишинев: Штиинца, 1980. — 7. Магарь Е. Ф. Выбор оптимального возрастного периода проростков при электрофизиологической оценке холодостойкости кукурузы. — В сб.: Первая республик, конфер. по биофизике. Кишинев: Штиинца, 1984, с. 102. — 8. Маслроброд С. Н. Электрическая стереополярность листьев растений, индуцированная раздражителями различной природы. — С сб.: Электрофизиология кукурузы. Кишинев: Штиинца, 1978, с. 59—89. — 9. Маслроброд С. Н., Кузнецова И. И., Пирожок Е. Ф., Балденкова С. И. Оценка стрессоустойчивости генотипов кукурузы и томатов с помощью динамических параметров целого растения. — В сб.: Применение проблемно-ориентированных информационно-измерительных комплексов в экологических исследованиях. — Кишинев: Штиинца, 1986, с. 19—20. — 10. Маевлов А. П. Ответная биоэлектрическая реакция проростков и сравнительная диагностика пшеницы. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 3, с. 3—14. — 11. Перечень различных по засухо- и жароустойчивости сортообразцов кукурузы. — ВНИИ кукурузы, Днепрпетровск, 1980. — 12. Применение проблемно-ориентированных информационно-измерительных комплексов в эколого-генетических исследованиях. — Кишинев: Штиинца, 1986. — 13. Стадник С. А., Фалькова Т. Б. Биоэлектрическая активность как критерий оценки теплового повреждения растительных объектов. — Тр. Никитского бот. сада, 1974, № 64, с. 89—98. — 14. Удовенко Г. В. Механизмы адаптации растений к стрессам. — Физиология и биохимия культур, раст., 1979, т. 11, №2, с. 90—107. — 15. Bowling D. J. F., Edwards M. C., Gow N. A. R. — J. of exp. Bot., 1986, vol. 37, N 179, p. 876—882. — 16. Nellis A. — Biochem. und physiol. Pflanz., 1985, Bd. 180, N 6, S. 459—463. — 17. Sikorska E., Ondrias K, Farkas T. — Acta Biol. Acad. Sci. hund., 1981, vol. 32, N 3—4, p. 267—274. — 18. Spaniswilk K. M. Ann. Rev. Plant Physiol., 1981, vol. 32, p. 267—289. — 19. Vordanov J., Dilova S. — Photochem. and Photobiophys., 1986, vol. 12, N 1—2, p. 147—155. — 20. Zeiger E. — Ann. Rev. Plant Physiol., 1983, vol. 34, p. 441—475.

Статья поступила 5 января 1989 г.

SUMMARY

The data on electrophysiological and temperature assessment of corn sprouts which are contrast in heat resistance are presented. A detailed analysis of temperature regime for sprouts under stresses, mainly, at superoptimal temperature has been made. The method of assessing heat resistance by biophysical parameters — amplitudes of electric and temperature response of 15-days old sprouts to light and thermal effects — is suggested.