

О РОЛИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛЯРНОСТИ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ГИПОГРАВИТАЦИИ

К. И. КАМЕНСКАЯ, Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ, Ю. Х. ШОГЕНОВ

(Кафедра физиологии растений)

В работе показано, что при гипогравитации исчезает биоэлектрическая полярность вдоль стебля растений кукурузы гибрид КВС 701 и одновременно ухудшается их жизнедеятельность. Восстановление биоэлектрической полярности искусственным путем приводит к улучшению жизнедеятельности растений.

Одним из важнейших факторов внешней среды, оказывающих существенное влияние на рост и развитие растений, является сила тяжести [3]. Под действием силы тяжести формируется такое неотъемлемое свойство растений, как полярность, в частности биоэлектрическая полярность.

В ряде работ показано, что при изменении силы тяжести происходят значительные изменения в функционировании растительных организмов. Замедляется, а иногда и прекращается рост и развитие растений [1], изменяются соотношение регуляторов роста [5], скорость образования этилена и пероксидазная активность в клеточных стенках [8] и т. д.

Данных о влиянии силы тяжести на биоэлектрическую полярность растений в литературе нет. Решение этого вопроса могло бы дать информацию о функциональной роли биопотенциалов в растении и помочь объяснить обнаруженный ранее факт улучшения функционального состояния растений при наложении внешнего напряжения [1].

В связи с этим мы поставили перед собой задачу определить, как меняется в растении биоэлектрическая полярность при гипогравитации, а затем, если она меняется, попытаться восстановить ее искусственным путем до уровня, свойственного растениям, растущим в естественных условиях гравитации, и пронаблюдать за изменением функционального состояния растений в этих условиях.

Методика

Семена кукурузы (гибрид КВС 701) намачивали в чашках Петри в водопроводной воде, проращивали при температуре 20° в течение 3 дней. Растения выращивали в плексигласовых сосудах прямоугольной формы (125×150×255 мм) емкостью 6 л на $\frac{1}{2}$ н. Арнона — Хогланда. Влажность питательного субстрата (песок) составляла 70 % ПВ. В каждом

сосуде первоначально было 11 растений, а затем через несколько дней оставляли 5. Световой день 16 ч, освещенность 15 000лк (лампы ДРЛФ-400). Сразу же после высадки семян один из сосудов помещали в установку, обеспечивающую вертикальное вращение растений со скоростью 2 об/мин. Установка была смонтирована на базе электропневматического прибора КЭП-12 У

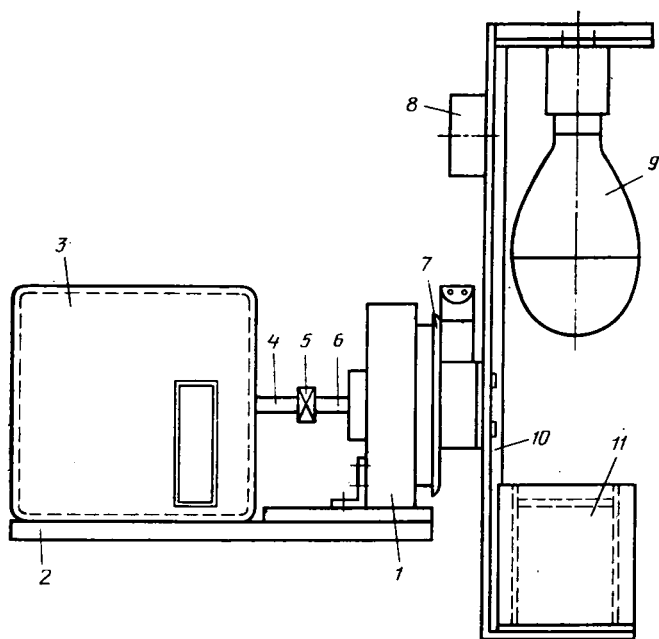


Рис. 1. Схема установки для клиностатирования.

1 — остов клиностата; 2 — электропневматический прибор КЭП-12 У; 3 — защитный экран из железоникелевого сплава; 4 — ведущий вал трехступенчатого редуктора; 5 — карданная передача; 6 — вал подвижного кронштейна; 7 — подвижная часть 4-дорожечного скользящего контакта; 8 — регулируемый стабилизированный выпрямитель; 9 — лампа ДРЛФ-400; 10 — подвижный кронштейн.

(рис. 1). Необходимая скорость вращения растений и усиление крутящего момента электродвигателя (РД-54) обеспечивались с помощью трехступенчатого редуктора, ведущий вал которого соединяли с валом подвижного кронштейна посредством карданной передачи. Опорой вала кронштейна служил упорный шарикоподшипник, смонтированный на остова клиностата. Для того чтобы достигнуть одинаковой освещенности контрольных и опытных растений, лампа над опытными растениями вращалась вместе с сосудом. 4-дорожечный скользящий контакт, движение которого было синхронизировано с вращением ведущего вала трехступенчатого редуктора, надежно обеспечивал передачу напряжения от сети к регулируемому стабилизированному выпрямителю, который был жестко закреплен на вращающемся кронштейне клиностата.

Измеряли разность потенциалов между субстратом и основанием растения и между субстратом и 2-м листом сверху. Значение биоэлектрической полярности вдоль продольной оси растения получали вычитанием из потенциала 2-го листа сверху

потенциала основания растения. Биопотенциалы отводили с помощью стандартных хлорсеребряных электродов, которые подсоединяли с помощью хлопчатобумажных фитилей, смоченных водопроводной водой. Сигнал поступал на усилитель рН-340 и затем на самописец ЕРР-3Т. Измерение биопотенциалов проводили в одно и то же время. Стационарный уровень записывали не менее 15 мин. Для восстановления биоэлектрической полярности искусственным путем на дно сосуда помещали металлическую сетку, которая соединялась с отрицательным полюсом источника питания, положительный полюс источника питания через металлическую сетку, закрепленную над растениями, и миниатюрные зажимы, прикрепленные к сетке, подводили ко 2-му листу сверху. Напряжение подавалось от сети через регулируемый стабилизированный выпрямитель после уменьшения эндогенной разности потенциалов между основанием растения и 2-м листом сверху. Повторность опытов 5-кратная. Экспериментальные данные обрабатывали статистически.

Результаты

Как видно из рис. 2, разность потенциалов, измеренная между субстратом и основанием растения (потенциал основания), при выращивании в естественных условиях гравитации в начале опыта имела положительные значения (+13 мВ). Далее она возрастала по абсолютной величине и принимала отрицательные значения (от —16 до —19 мВ). Разность потенциалов между субстратом и 2-м листом сверху (потенциал 2-го листа сверху) в течение опыта составляла от —19 до —44 мВ, а между основанием растения и 2-м листом сверху — около —35 мВ.

Растения, выращенные в условиях гипогравитации, генерировали биопотенциалы, резко отличающиеся от биопотенциалов растений, выращенных в условиях естественной гравитации. Как видно из рис. 2, уже через 2 дня после начала клиностатирования разность потенциалов меж-

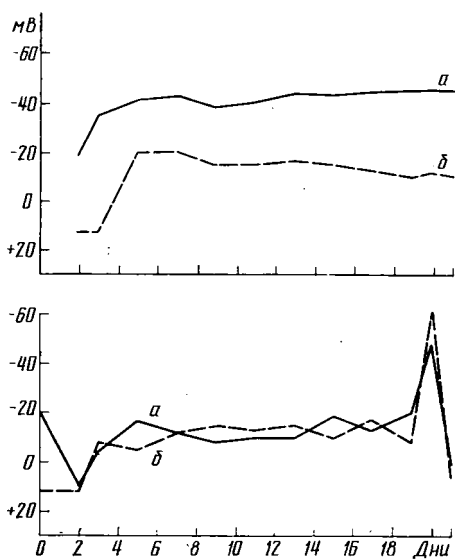


Рис. 2. Разность потенциалов в контроле (вверху) и при выращивании растений в условиях клиностатирования.
a — между субстратом и 2-м листом сверху;
б — между субстратом и основанием растения.

Растения, выращенные в условиях гипогравитации, значительно отличались от контрольных. Разница между опытными и контрольными растениями в росте в высоту, площади листьев, толщине стебля, тургоре наблюдалась уже через 5 дней после начала клиностатирования. Как видно из таблицы, опытные растения к концу эксперимента были ниже контрольных почти в 2 раза, толщина стебля у них была более чем в 3 раза, а сухая масса — более чем в 7 раз меньше.

Площадь листьев растений, выращенных в условиях гипогравитации, была в 1,7 раза меньше, чем в контроле. Корни опытных растений были плохо развиты. Сухая масса корней оказалась в 2,1 раза меньше контрольной. Через 21 день круглосуточного клиностатирования опытные растения погибли.

Далее предстояло выяснить, возможно ли увеличить продольную биоэлектрическую полярность путем наложения внешнего напряжения. Для этой цели на клиностатируемые растения способом, описанным выше, подавалось внешнее напряжение. опыты показали, что путем варьирования внешнего напряжения можно восстановить градиент потенциалов вдоль стебля до уровня, наблюдаемого у растений, растущих при естественной гравитации. Поскольку разность потенциалов между основанием растения и его верхушкой в контроле составляла около 35 мЕ, то на таком же уровне поддерживали в течение всего опыта разность потенциалов на клиностатируемых растениях путем наложения напряже-

ду основанием растения и 2-м листом сверху значительно снижалась и не восстанавливалась до уровня контроля в течение всего опыта. Разность потенциалов между основанием растения и 2-м листом сверху не превышала —19 мВ. Перед гибелью растений, на 20-й день после начала клиностатирования, эти показатели возросли по абсолютной величине и достигали —46 мВ и —60 соответственно. Примечательно, что в это время наблюдалось аномальное явление: разность потенциалов между основанием стебля и субстратом по абсолютной величине становилась больше, чем между субстратом и 2-м листом сверху. Следует отметить, что в естественных условиях гравитации верхушка растения всегда имеет больший потенциал, чем основание растения. Аналогичную инверсию полярности мы наблюдали ранее при воздействии на растения кукурузы пониженными температурами [6].

Рост и развитие растений кукурузы КВС 701 при воздействии гипогравитации и экзогенного напряжения

Вариант	Рост растений в высоту, см	Сырая масса, г	Сухая масса, г	Диаметр стебля, мм
1 — естественные условия гравитации (контроль)	63,0±3,8	15,3±0,2	1,7±0,2	6,5±0,3
2 — гипогравитация без наложения внешнего напряжения	35,2±2,1	2,1±0,3	0,23±0,10	3,0±0,1
3 — гипогравитация с наложением внешнего напряжения	52,4±2,9	11,2±1,4	1,2±0,3	5,6±0,1

ния 220—260 мВ. Искусственное восстановление разности потенциалов привело к значительному улучшению жизнедеятельности растений. Как видно из таблицы, рост растений в высоту, сырая и сухая масса, диаметр стебля приближались к аналогичным показателям растений, выращенных в естественных условиях гравитации.

Таким образом, результаты наших экспериментов показали следующее.

1. Клиностамирование приводит к исчезновению биоэлектрической полярности вдоль стебля растения.

2. Путем наложения внешнего напряжения можно восстановить биоэлектрическую полярность до уровня, свойственного контрольным растениям.

3. Восстановление продольной биоэлектрической полярности искусственным путем приводит к улучшению жизнедеятельности растений.

Наложение внешнего напряжения для улучшения жизнедеятельности растений в условиях гипогравитации проводилось и ранее [1]. В указанных экспериментах напряжение выбиралось произвольно и составляло 300—1500 мВ. Напряжение подводили к питательному субстрату. В наших же опытах воссоздавалась разность потенциалов, свойственная растениям, произрастающим в естественных условиях гравитации.

Гипогравитация рассматривалась нами как один из экстремальных факторов, под действием которого, как и при воздействии пониженными температурами [6], происходит уменьшение продольной биоэлектрической полярности, играющей, видимо, существенную роль в жизнедеятельности растений, так как ее восстановление приводит к нормализации жизнедеятельности растений.

Биоэлектрические поля, как считают многие авторы [2, 4, 7], связаны с ростом, морфогенезом и регенерацией растений. Наши данные подтверждают высказанное этими авторами предположение о возможности регуляции процессов жизнедеятельности растений с помощью квазистатических электрических полей. Кроме того, наши данные согласуются с результатами классических работ Лунда [9], которые демонстрируют возможность управления морфологической полярностью с помощью электрического Поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев А. М. О возможности предотвращения неблагоприятного эффекта отсутствия силы тяжести на растения электрическим полем. — В сб.: Аллелопатия в естественных и искусственных фитоценозах. Киев: Наукова думка, 1982, с. 17—19. — 2. Кларксон Д. Ионный транспорт в растениях. — М.: Мир, 1981. — 3. Молотковский Г. Х. Полярность развития растений. — Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1961. — 4. Протасов В. Р., Сердюк О. А. Биоэлектрические поля: источники, характер, назначение. — Успехи совр. биол., 1982, т. 93, вып. 2, с. 270—286. — 5. Прутенская Н. И., Романова Г. А., Гордеев А. М., Мельников Н. В. Соотношение регуляторов роста при электростимулировании. — В сб.: Регуляторы роста и развития растений. М.: Наука, 1981, с. 82. — 6. Третьяков Н. Н., Каменская К. И. Биоэлектрогенез у кукурузы при низкой положительной температуре и засухе. — Изв. ТСХА, 1984, вып. 2, с. 185—188. — 7. Athenstaedt H. — Nature, 1970, N 226, p. 890. — 8. Siegel S. M., Siegel B. L. Adv. Space Rec., 1983, N 9, p. 241—245. — 9. Lund F. I. Bioelectric fields and growth ustin: — Univ. Texas Press, 1947, 84 p.

Статья поступила 7 мая 1985 г.

SUMMARY

Distribution of biopotentials in the ontogenesis on clinostatic (vertical revolution with the speed of 2 r. p. m.) corn plants of the KBC-701 hybrid has been studied. The plants studied have been characterized by lower potential difference between the stem bottom and the second leaf from the top.

Artificial restoration of potential difference in plants studied up to the difference in the control plants has resulted in restoration of their normal life activity.