

УДК 581.1:631.588:685.6

**ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ И БИОГЕННЫХ  
НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ПОТЕНЦИАЛОВ НА АДАПТАЦИЮ РАСТЕНИЙ  
В ТЕПЛИЦАХ**

**Ю. Х. ШОГЕНОВ, Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ**

(Кафедра физиологии растений)

Проведен комплексный мониторинг сезонных и суточных изменений биоэлектрических потенциалов (БЭП) растений огурца и томата, световой облученности, температуры почвы и воздуха, влажности почвы и воздуха в теплицах ряда хозяйств. Установлено, что в течение вегетации, как правило, наблюдаются отклонения от нормы микроклиматических факторов теплицы, что приводит к снижению градиентов БЭП вдоль стебля, ухудшению состояния растения и недобору урожая. Восстановление БЭП до биологически детерминированного уровня с помощью экзогенных низкоэнергетических электрических потенциалов способствует реализации адаптивного потенциала растений и повышает их продуктивность. Создан комплекс технических средств, способствующих адаптации растений к стрессовым факторам и мобилизации их потенциальной продуктивности.

Наиболее чувствительным критерием функционального состояния растительных объектов является интегральная электрическая полярность, которая направлена на поддержание общей целостности организма и выполняет координирующую роль в реализации программы его раз-

вития в меняющихся условиях окружающей среды [8, 9, 11, 15]. Более информативными точками для оценки физиологического состояния объекта и регулирования уровня БЭП являются верхняя часть и основание растения. Разность БЭП между этими точками несет инфор-

мацию о состоянии растения, которая объективно отражается в информационном поле электропроводящей системы растения [16, 17]. Она изменяется в соответствии с циклами развития растений, перестройкой организма на сезонную и суточную ритмику внешних факторов.

В работах [1, 2, 6—8] приведены примеры адаптации растений овощных, технических и зерновых культур к таким абиотическим стрессовым факторам окружающей среды, как почвенная засуха, низкие положительные температуры, пониженная освещенность и гипогравитация. Для всех случаев наблюдали деполяризацию БЭП. Микротоковое восстановление БЭП до уровня 0,5 мВ/см приводило к значительному улучшению жизнедеятельности растений (по восстановлению тургора, ростовым показателям, продуктивности), т. е. наблюдали явление более полного использования биологического потенциала растений в неблагоприятных условиях среды обитания. Однако обнаруженный феномен усиления адаптации растений к неблагоприятным факторам с помощью внешних низкоэнергетических электрических потенциалов (НЭП) в цитируемых выше исследованиях наблюдали в экспериментах, которые про-

водились в лабораторных условиях: вегетационном домике, лаборатории искусственного климата, фитотроне и на базе климатермосветокамеры КТЛК-1250 (Германия). Предстояло выяснить, насколько будет эффективным использование НЭП для усиления адаптации овощных растений к неблагоприятным факторам в реальных производственных условиях, когда в процессе вегетации в теплицах не представляется возможным обеспечить благоприятные для произрастания растений уровни микроклиматических факторов, а возникающие при этом стрессовые ситуации снижают выход продукции. Изучению этих вопросов, разработке комплекса технических и технологических решений, способствующих мобилизации потенциальной продуктивности растений и снижающих потери урожая в овощеводстве защищенного грунта, посвящена настоящая работа.

## Методика

Исследования проводили на Овощной станции МСХА им. К. А. Тимирязева и в тепличном комплексе колхоза им. Ф. Э. Дзержинского Люберецкого района Московской области на огурцах (гибрид ТСХА 575, сорт Эстафета) и томатах (гибрид Rianto,

Голландия), которые выращивались по установленной в тепличных хозяйствах Подмосковья технологии. Наблюдения в теплицах проводили за интенсивностью световой облученности на уровне 1,5 м от поверхности земли; температурой воздуха в дневное и ночное время суток на высоте 1 м от поверхности земли, почвы на глубине залегания корневой системы растений (10—15 см) с помощью термометрического индикатора и недельного термографа; влажностью воздуха с помощью психрометра Астмана и недельного волосяного гигрографа на уровне 1 м от поверхности почвы. Интенсивность световой освещенности определяли в полуденные часы с 11 до 15 ч через каждые 2 ч в 6 наиболее характерных точках теплицы с помощью измерителя мощности светового излучения ИМО-2Н. Влажность почвы устанавливали термостатовесовым методом [12]. Образцы почвы на глубине залегания корневой системы растений отбирали ежедневно с 13 до 15 ч. Значения разности БЭП между основанием и верхней частью наиболее выравненных по биометрическим показателям интактных растений регистрировали с 10-кратной повторностью по стандартной методике [11, 18] с 12 до 15 ч — в период

наибольшей фотосинтетической активности растений. По всем параметрам проводили подекадное усреднение регистрируемых величин.

Суточную изменчивость микроклиматических факторов теплицы и БЭП растений огурца и томата исследовали в теплицах овощной станции МСХА в период их наиболее интенсивного роста и цветения. Для наблюдений выбирали ясные солнечные дни, не искаженные внезапными изменениями погодных условий. Проводили статистический анализ экспериментальных данных [3].

## Результаты

В защищенном грунте в зимне-весенний и осенний периоды наблюдаются недостаток освещенности, снижение температуры воздуха и почвы, в летний период — недостаток влаги в почве, особенно в полуденные часы. Напряженность в содержании влаги в почве возникает также при неравномерном ручном поливе или вследствие частого «засоления» поливных устройств при выращивании растений овощных культур по технологии малообъемной гидропоники. Об этом свидетельствует реальная сезонная (рис. 1) и суточная ритмика (рис. 2) «контролируемых» в усло-

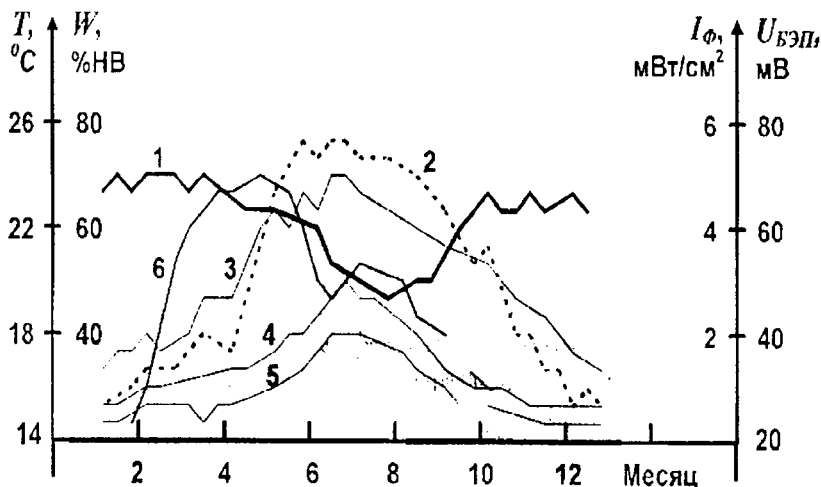


Рис. 1. Сезонные изменения микроклиматических факторов и БЭП растений в условиях тепличных хозяйств колхоза им. Ф. Э. Дзержинского в 1987 г.

1 — влажность почвы; 2 — интенсивность освещенности; 3 — температура воздуха днем; 4 — ночью; 5 — среднесуточная температура почвы; 6 — динамика БЭП растений.

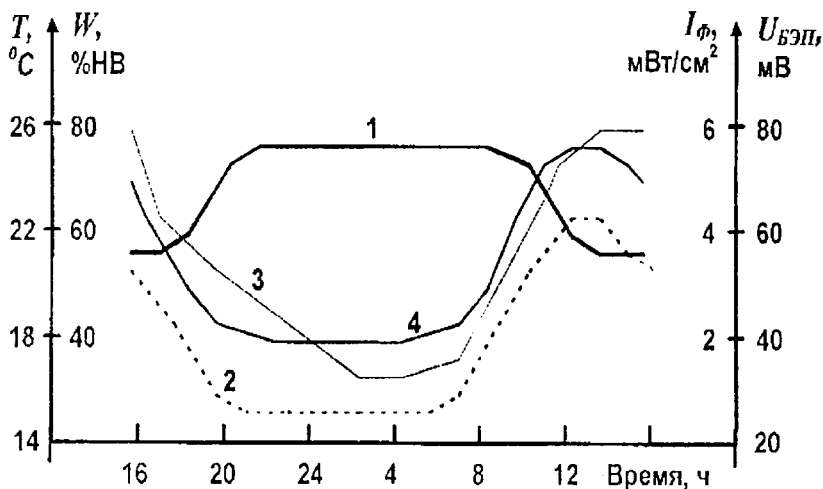


Рис. 2. Суточный ход микроклиматических факторов и БЭП растений в теплицах овощной станции МСХА в апреле 1987 г.

1 — влажность почвы; 2 — интенсивность освещенности; 3 — температура воздуха; 4 — динамика БЭП растений.

виях тепличного производства микроклиматических факторов.

Анализ полученных результатов свидетельствует о недостаточной естественной освещенности тепличных растений в зимне-весенний и осенне-зимний периоды. Так, в зимне-весенние месяцы в теплицах облученность листовой поверхности растений в полуденные часы составляет лишь 1—1,8 мВт/см<sup>2</sup>. В это же время наблюдали недостаточные для нормального роста и развития растений огурца и томата низкие положительные температуры воздуха в дневные (16—18° С) и ночные (14—16° С) часы суток. Оптимальными температурами считаются соответственно 22—28 и 17—20° С [14, 15]. Тепличным растениям часто не хватало влаги в почве в летний период (см. рис. 1), особенно в полуденные часы (до 55% НВ). При выращивании растений по технологии малообъемной гидропоники этот неблагоприятный фактор усугублялся засолением части поливных устройств и неравномерным ручным поливом. В течение вегетационного периода относительно стабильной была лишь влажность воздуха (65—80%). Максимальный уровень БЭП растений в течение вегетации

наблюдался в период их наиболее интенсивного роста и цветения (весной), а летом и во время старения он составлял 50—80% к оптимальной величине. Например, весной разность между БЭП в основании и верхней части растений томатов (гибрид Rianto) составляла 60—70 мВ (см. рис. 1).

Кроме того, металлические конструкции тепличных комплексов экранируют растения от атмосферного электричества, что вызывает нарушения в изменении строения стебля, снижение эффективности дыхания, ухудшение подачи воды корневой системой и снабжения растения питательными веществами, ослабление роста, задержку развития [4, 5]. Таким образом, при выращивании растений в теплицах в течение вегетационного периода возникают неблагоприятные факторы и различные стрессовые ситуации, связанные с отклонениями от оптимальных параметров влияющих на рост и развитие растений климатических факторов, что мешает реализации потенциальной продуктивности растений. Все это приводит к ухудшению состояния растения, о чем свидетельствует снижение разности БЭП между их основанием и верхней частью. Распределение

БЭП вдоль стебля растения огурца при благоприятных условиях произрастания представлено на рис. 3. Низкоэнергетическая стабилизация БЭП растения на оптимальном уровне путем пропускания через осевые ор-

ганы слабых электрических токов ( $10^{-8}$ — $10^{-6}$  А/см<sup>2</sup>) повышает адаптивный потенциал растения при действии неблагоприятных факторов, что снижает потери продуктивности растения в стрессовых ситуациях.

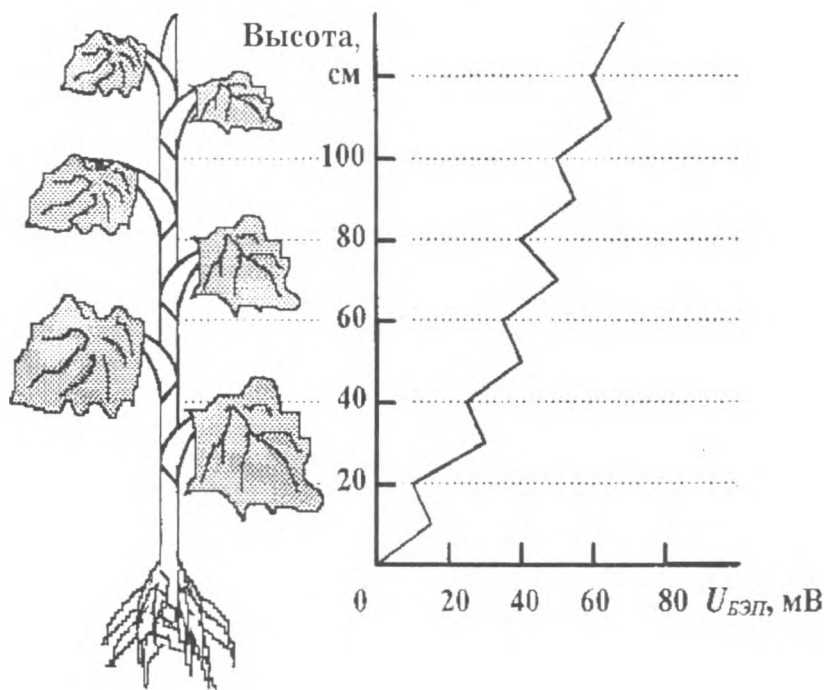


Рис. 3. Распределение поверхностных БЭП вдоль стебля растения огурца.

С помощью технологической установки для низкоэнергетической стабилизации БЭП тепличных растений в производственных условиях (схема на рис. 4) нами были исследованы зависимости

продуктивности семенных растений огурца ТСХА 575 и структуры урожая от уровня градиента БЭП между основанием и верхней частью растения, устанавливаемого внешними низкоэнергетичес-

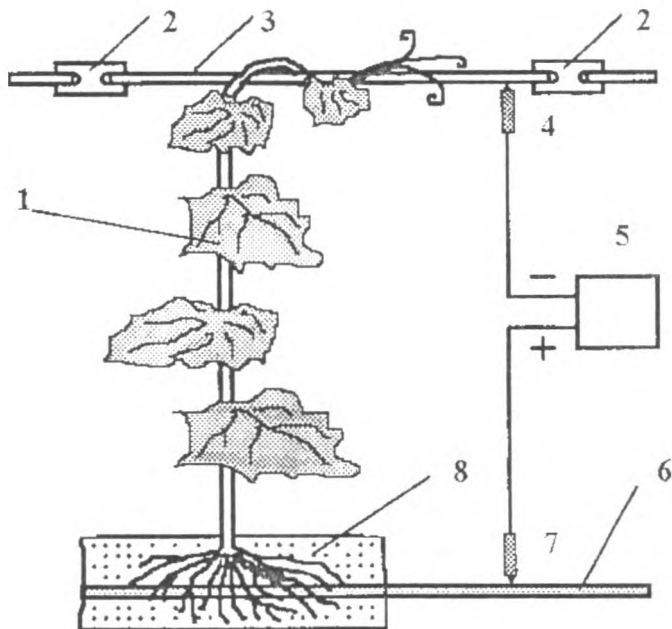


Рис. 4. Схема установки для стабилизации БЭП растений до нормального уровня внешними низкоэнергетическими электрическими потенциалами в овощеводстве защищенного грунта:

1 — растение; 2 — электрические изоляторы; 3 — проволочная шпалера; 4, 6 — питающие электроды соответственно верхней и нижней систем проводников; 5 — стабилизированный источник постоянного тока; 7 — нижняя токопроводящая система; 8 — субстрат.

кими электрическими потенциалами в реальных производственных условиях (табл. 1 и 2).

Таким образом, стабилизация градиентов БЭП на уровне  $-0,5$  мВ/см оказала наиболее благоприятное влияние на формирование продуктивности семенников растений огурца (гибрид ТСХА 575) в условиях защищенного грунта. Статистический ана-

лиз экспериментальных данных по [3] свидетельствует о том, что максимальный выход семян в 4-м варианте ( $-0,5$  мВ/см) по отношению к другим вариантам произошел за счет увеличения количества семенников. Увеличение градиентов БЭП растений до уровня  $-2$  мВ/см привело к снижению выхода семян по отношению к контролю на 20%. При искус-

Т а б л и ц а 1

**Зависимость показателей продуктивности семенных растений огурца ТСХА 575 от уровня и направления градиентов БЭП вдоль стебля**

№ варианта	Градиент БЭП, мВ/см	Выход семян, г/м <sup>3</sup> "	Отношение к контролю, %
1	-2	42,518,4	80,0
2	-1,5	51,3±8,6	91,5
3	-1	61,8±8,2	116,4
4	-0,5	72,7±8,1	136,9
5(контроль)	-0,3	53,1±4,9	100
6 (депрессия БЭП)	0	38,9±5,5	73,2
7 (инверсия БЭП)	+0,5	36,9±8,8	69,4

Т а б л и ц а 2

**Продуктивность и структура урожая семенников огурца ТСХА 575 в зависимости от уровня и направления градиентов БЭП вдоль стебля растения**

Градиент БЭП, мВ/см	Выход семенников, гат/м <sup>2</sup> "	Средний вес семенника, г	Длина семенника, мм	Заполненность семенника, мм	Масса семян, г/1000 шт.
-2	13,1	544	341	119	32,0
-1,5	14,8	530	334	120	31,7
-1	16,3	506	334	125	32,0
-0,5	22,0	577	342	144	32,3
-0,3	18,8	534	319	129	32,3
0	15,1	492	324	135	32,3
+0,5	15,3	503	328	121	32,0

ственной инверсии полярности (+0,5 мВ/см) внешними НЭП также снизился выход семян по отношению к контролю более чем на 30%. Сравнительный анализ посевных и урожайных качеств семян в контрольном и опытных вариантах не выявил существенных различий между ними.

Градиент БЭП -0,5 мВ/см оказал также благоприятное влияние на формирование урожая томатов Rianto при выращивании по технологии малообъемной гидропоники (рис. 5). Результаты производственных испытаний усиления адаптации тепличных растений к неблагоприятным абиотическим факторам



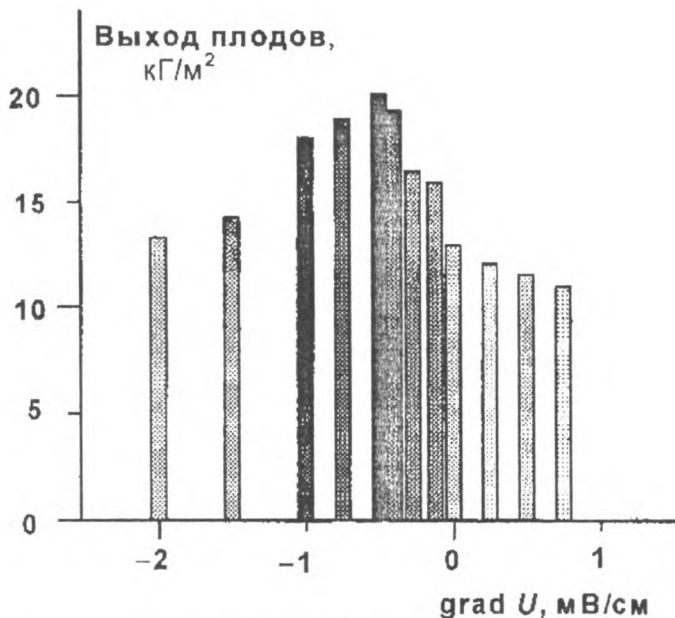


Рис. 5. Зависимость выхода плодов от градиентов БЭП между основанием и верхней частью растений томата (гибрид Rianlo).

с помощью экзогенных низкоэнергетических электрических потенциалов на примере томата Rianto и огурца Эстафета в динамике представлены в табл. 3.

Опытные растения огурца и томата превзошли по продуктивности контрольные на 17—19%.

Для реализации технологии низкоэнергетической стабилизации БЭП тепличных растений в условиях производства разработан стабилизатор милливольтных напряжений (рис. 6), работающий от аккумуляторов или солнечных элементов. Прибор

предназначен для получения стабильных низкоэнергетических электрических потенциалов, усиливающих адаптацию растений к неблагоприятным условиям. В отличие от ключевых и транзисторных стабилизаторов непрерывного типа данная схема стабилизации милливольтных напряжений отличается экономичностью работы и лучшими динамическими характеристиками [10]. Уменьшаются пульсации выходного напряжения, мощности потерь на регулирующем элементе за счет снижения времени формирования

Т а б л и ц а 3

**Выход плодов томата (Rianlo) и огурца (Эстафета)  
по вариантам в результате производственных испытаний  
новых технологий и технических средств для усиления  
адаптации растений к неблагоприятным факторам в условиях  
защищенного грунта (кг/м<sup>2</sup>)**

Вариант	Ап- рель	Май	Июнь	Июль	Ав- густ	Сен- тябрь	Ок- тябрь	Выход продук- ции за период вегета- ции
<i>Rianto</i>								
Опыт	0,09	4,0	5,0	5,2	3,4	2,0	0,7	20,4±1,1
Контроль	0,08	3,4	4,3	4,2	2,9	1,7	0,5	17,1±1,0
% к контролю	117,1	116,6	116,5	122,1	117,6	119,2	144,1	119,1
<i>Эстафета</i>								
Опыт		5,0	8,9	3,4	0,1			17,4±1,3
Контроль		4,2	7,7	2,8	0,1			14,8±1,1
% к контролю		118,1	115,3	125,3	113,0			117,6

фронтов и срезов управляющих импульсов. Перечисленные факторы являются определяющими для стабилизации БЭП на биологически-детерминированном уровне. Стабильные напряжения на выходных клеммах «Выход» прибора получали через переключатель с поддиапазонами 20, 35, 50, 65, 80, 90, 100, 120, 150, 180 и 200 мВ с максимальным током нагрузки  $I_n$ , до 4 мА при стабилизации БЭП растений в количестве ~4000 шт. Соответственно при стабилизации БЭП 100 растений ток нагрузки  $I_n$  ~10 мкА. Напряжение снимается с точного делителя, который пи-

тается определенным стабильным током.

Устройство работает следующим образом. Полевой транзистор КП103 с сопротивлением в истоке является генератором тока. В стоке транзистора течет ток, который не зависит от этого сопротивления. Переменный резистор 10 кОм настраивали таким образом, чтобы начальное напряжение было 200 мВ. При необходимости это напряжение устанавливали больше (до 400 мВ) или меньше начального напряжения в зависимости от возраста и вида растения. Далее с делителя через переключаче-

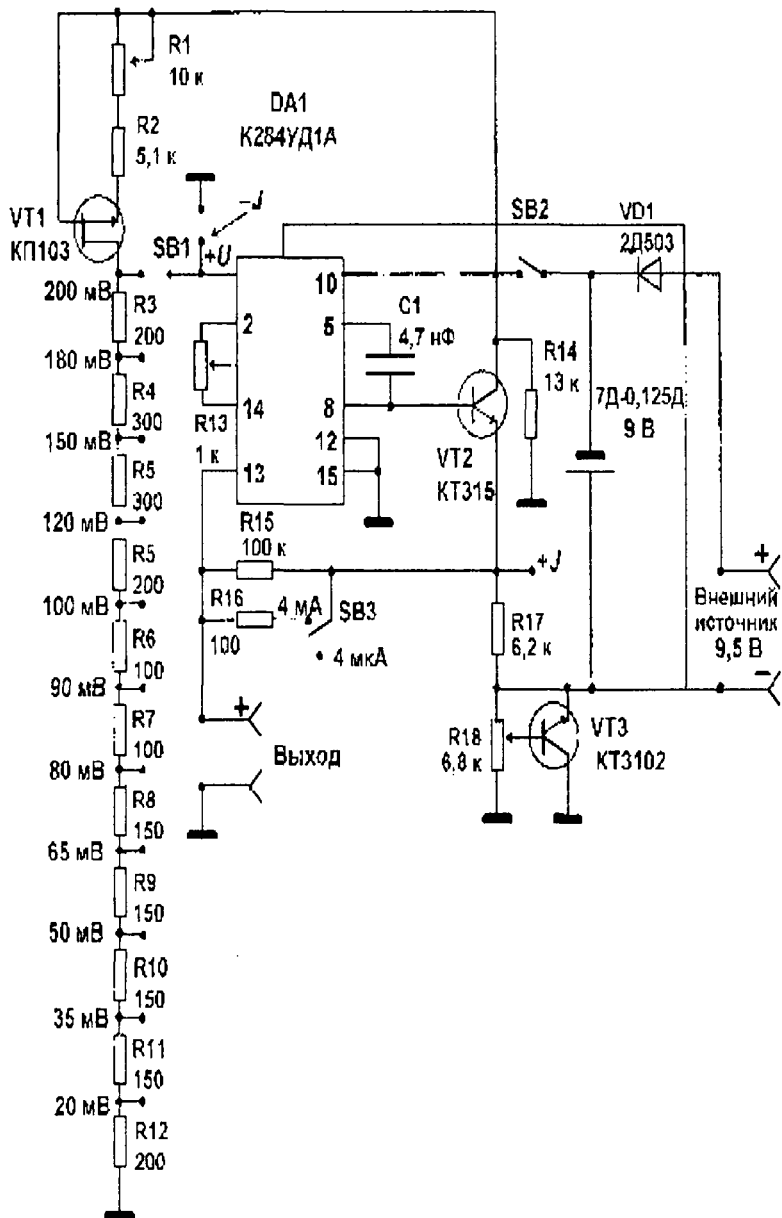


Рис. 6. Электрическая схема стабилизатора милливольтовых напряжений (управляющего устройства).

тель S1 снимали необходимые уровни стабилизированных напряжений. Для стабилизации БЭП растений использовали градиенты  $-0,5$  мВ/см, которые создавали между их основанием и верхушкой низкоэнергетическими электрическими потенциалами порядка  $-100$  мВ. Напряжение через переключатель S1 подается на повторитель напряжения (микросхема К284УД1А и транзистор КТ315). Повторитель служит для того, чтобы на выходе держать заданное напряжение с точностью до  $0,1$  мВ. Усилитель на базе транзистора КТ315 поддерживает заданное напряжение, обеспечивает ток до  $4-5$  мА на выходе прибора. Транзистор КТ3102 используется для получения напряжения  $-3$  В с помощью переменного резистора  $6,8$  кОм и в качестве стабилизатора напряжения для питания микросхемы К284УД1А. С выхода повторителя напряжение подается на выходные клеммы «1» и «Выход». Контроль напряжения с выход; делителя осуществляется н; а клеммах «±» и «+U». Контроль выходного тока осуществляется на клеммах «-I» и «+1». Ток через делитель можно изменять с помощью переменного сопротивления  $10$  кОм. Балансировка микросхемы осуществляется с

помощью переменного резистора  $1$  кОм при отключенной нагрузке на клеммах «-I» и «+1». Переключатель S3 служит для выбора диапазона токов нагрузки ( $4$  мА или  $4$  мкА). Диод 2Д503 не дает аккумулятору 7Д<sup>0</sup>,125Д разряжаться через источник питания (солнечные батареи). Когда напряжение на выходе становится больше чем  $9$  В, диод открывается и начинается потребление тока нагрузкой (растениями) повторителем и аккумулятором (при необходимости подзарядки). Ток потребления  $I_{\text{потр}}$  без нагрузки составляет  $2$  мА (на питание повторителя) при  $9$  В, с нагрузкой —  $6$  мА. При одновременной зарядке аккумулятора 7Д-0,125Д ( $125$  мА·ч) и нагрузке  $I_{\text{поргр}}=$ до  $25$  мА. Ресурс аккумуляторной батареи составляет  $125$  мА·ч. Продолжительность работы при минимальном режиме нагрузки ( $\sim 2$  мА) составляет  $60$  ч, при максимальном ( $\sim 6$  мА) — сутки. Прибор может работать от различных типов первичных и вторичных источников электроэнергии.

Для питания электрической схемы прибора мы использовали кремниевые солнечные элементы (размеры  $10 \times 10$  см) [13], которые обеспечивали ток до  $20$  мА при дневном энергетическом облучении  $5-10$  мВт/см<sup>2</sup>.

В схеме питания предусмотрен диод 2Д503, предохраняющий аккумуляторные никель-кадмиевые батареи 7Д-0,125Д от разрядки через солнечные батареи в ночное время. Никель-кадмиевые батареи стабильно держат напряжение питания прибора в течение разряда, что важно для надежной работы стабилизирующего устройства. Скорость заряда аккумуляторных батарей меняется плавно в течение светового дня согласно кривой освещенности (см. рис. 2), поэтому избыточная энергия легко рассеивается никель-кадмиевыми элементами. Прибор для стабилизации БЭП растений работает от постоянного напряжения  $U_{\text{шт}} = 9 \pm 0,8$  В при температурах окружающей среды  $-10$  —  $+50^\circ$  С и имеет следующие показатели: при выходе напряжения прибора  $U_{\text{СТ}} = 0,1$  В значение тока нагрузки  $I_{\text{н}} = 0$  —  $4 \cdot 10^{-3}$  А; нестабильность выхода напряжения при изменении питающего напряжения  $-0,1\%$ , тока нагрузки  $\sim 1\%$ , температуры окружающей среды  $-1\%$ . Выходную мощность солнечных батарей, необходимую для работы стабилизатора в дневное время и подзарядки аккумуляторов, определяли согласно [10]. Учитывая, что наработка дисковых никель-кадмиевых батарей составляет не менее

400 циклов, можно заключить, что аккумуляторных батарей данного типа хватает не менее, чем на один сезон. Следовательно, в конце каждого сезона необходимо осуществлять замену аккумуляторов. Производственная проверка показала, что устройство работает надежно, отказов не наблюдалось.

Таким образом, выявлены эффекты оптимального использования биологического потенциала растений в условиях действия неблагоприятных климатических факторов при пропускании через стебель слабых электрических токов ( $10^{-8}$ — $10^{-6}$  А/см<sup>2</sup>) в соответствии с нативной электрической полярностью растений, произрастающих в благоприятных условиях. На основе однопараметрической системы управления градиентами БЭП вдоль стебля растения разработан комплекс технических средств для адаптации растений огурца и томата к возможным стрессовым ситуациям в процессе вегетации в условиях защищенного грунта [1, 2, 16]. На базе приведенных результатов, а также новых данных, полученных нами [17, 18] и другими авторами [11, 15], была составлена классификация (рис. 7) практических и теоретических аспектов изучения низкоэнергетических БЭП растительных организмов.

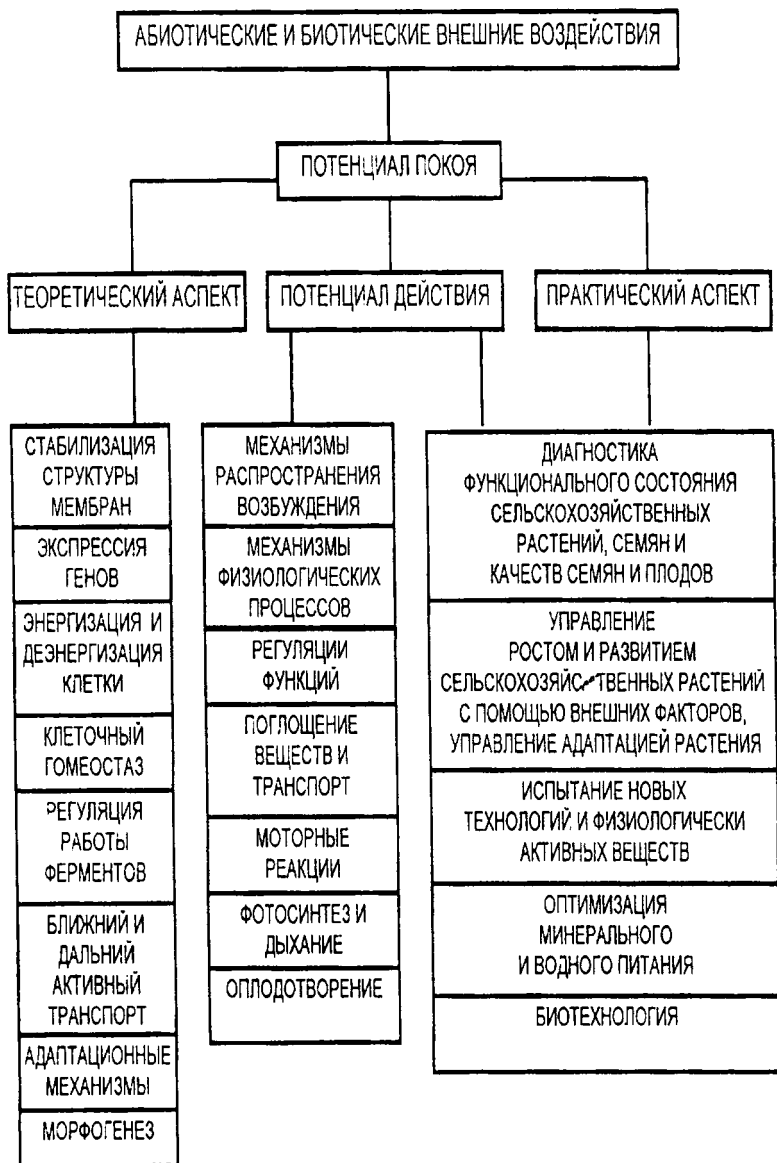


Рис. 7. Практические и теоретические аспекты изучения БЭП растений и семян.

## Заключение

1. Установлено, что при действии на растение неблагоприятных климатических факторов, таких как пониженная освещенность, низкие положительные температуры, почвенная засуха, наблюдается депрессия градиентов БЭП вдоль стебля между верхней частью и основанием растения, величина которой коррелирует со степенью угнетенности организма. Восстановление градиента БЭП до нормы  $-0,5$  мВ/см, свойственного интактным растениям, приводит к усилению адаптации растения к внешним условиям и мобилизации потенциальной продуктивности в неблагоприятных условиях среды. Дискретное уменьшение уровня стресса в эксперименте приводит к снижению положительного эффекта.

2. Показано, что при выращивании овощных растений в тепличных хозяйствах в течение вегетационного периода неизбежно возникают неблагоприятные факторы и различные стрессовые ситуации, которые сопровождаются многочисленными отклонениями от нормы микроклиматических параметров теплицы, влияющих на рост и развитие растений, что мешает реализации потенциальной продуктивности рас-

тений, приводит к недобору урожая и ухудшению качества продукции. Ухудшение состояния растения приводит к снижению разности БЭП между основанием и верхней частью. Архитектура суточных изменений БЭП растений и суточный ход световой облученности, температуры воздуха и влажности почвы в основном подтверждают закономерности сезонной ритмики этих же факторов.

3. Стабилизация градиентов БЭП растений огурца и томата на биологически детерминированном уровне ( $-0,5$  мВ/см) внешними низкоэнергетическими электрическими потенциалами снижает потери продуктивности растений в стрессовых ситуациях за счет более гибкой адаптации овощных культур к меняющимся условиям окружающей среды. Эффекты усиления адаптации растений к неблагоприятным условиям среды обитания проявляются при пропускании через осевые органы электрических токов физиологического уровня ( $10^{-8}$ — $10^{-6}$  А/см<sup>2</sup>) в соответствии с биологически детерминированной электрической полярностью нативных растений, произрастающих в благоприятных условиях.

4. Разработан биоэлектрический экспресс-метод опре-

деления благоприятных для роста растений и улучшения качества продукции режимов воздействия внешних низко-энергетических электрофизических факторов, их комбинаций в стрессовых ситуациях, связанных с более гибкой адаптацией растений к условиям среды обитания.

5. На основе однопараметрической системы регуляции аксиальной биоэлектрической полярности растения с помощью внешних низко-энергетических потенциалов разработан комплекс технических средств и технологических решений для усиления адаптации растений к стрессовым ситуациям и улучшения условий реализации потенциальной продуктивности растений в овощеводстве защищенного грунта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. № 1558341 СССР, А 01 G 7/04. Способ определения режимов электростимуляции растений/Ю. Х. Шогенов и др. — Оpubл. 23.04.90, Бюл. № 15. — 2. А. с. № 1639496 СССР, А 01 G 7/00. Способ стимуляции роста растений / Ю. Х. Шогенов и др. — Оpubл. 07.04.91, Бюл. № 13. — 3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. — 4. Журбицкий З. И. Влияние постоянного электрического поля на адсорбцию  $\text{CO}_2$  листьями растений. — Докл. АН СССР. 1975. т. 223, вып. 5, с. 1273—1275. — 5. Журбицкий З. И. Электричество атмосферы и вопросы питания растений. — Агрехимия, 1972, № 3, с. 95—106. — 6. Каменская К. И., Третьяков Н. Н., Шогенов Ю. Х. О роли биоэлектрической полярности в жизнедеятельности растений кукурузы в условиях гипогравитации. — Изв. ТСХА, 1986, вып. 6, с. 118—121. — 7. Каменская К. И., Шогенов Ю. Х., Третьяков Н. Н. Электростимуляция роста и развития кукурузы в условиях недостаточного увлажнения. — Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1987, № 6, с. 54. — 8. Каменская К. М., Шогенов Ю. Х., Третьяков Н. Н. Функциональная роль градиентов потенциалов в растениях. — Сб.: Электрофизиологические методы в изучении функционального состояния растений. МСХА, 1988, с. 1—14. — 9. Маслоброд С. Н. Пространственно-временная организация поверхностных биоэлектрических потенциалов растительного организма. Автореф. докт. дис., Кишинев, 1998. — 10. Наивельт Г. С., Мазель К. Б., Хусаинов Ч. И. и др. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Под ред. Г. С. Наивельта. М.: Ра-



- дио и связь, 1985. — **11.** *Оп-ритов В. А., Пятыгин С. С., Ретивин В. Г.* Биоэлектрогенез у высших растений. М.: Наука, 1991. — **12.** Практикум по почвоведению. / Под ред. И. С. Кауричева. М.: Колос, 1980, с. 72—73. — **13.** *Стребков Д. С.* Проблемы развития возобновляемой энергетики. — Механизация и электрификация сельск. хоз-ва, 1997, № 6, с. 4—8. — **14.** *Тараканов Г.И., Агапова С. А., Банщикова Т.П., Вольф Л. К.* Выращивание гетерозисных гибридов тепличных огурцов. М.: Колос, 1978. — **15.** Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Под ред. Н. Н. Третьякова. Колос, 1998. — **16.** *Шо-генов Ю. Х.* Управление адаптацией растения низкоэнергетическими электрическими потенциалами. Автореф. докт. дис., М., 1999. — **17.** *Шо-генов Ю. Х., Васильев В. А., Третьяков Н. Н. и др.* Математическое моделирование электрических сигналов в проводящей системе растения. — Изв. ТСХА, 1999, вып. 2, с. 114—128. — **18.** *Шо-генов Ю. Х., Миронова Е. А., Третьяков Н. Н. и др.* Спектр действия низкоинтенсивного локального излучения У Ф и видимого диапазона на биоэлектрическую систему растений. — Изв. ТСХА, 1999, вып. 1, с. 126—138.

*Статья поступила  
20 марта 2000 г.*

## SUMMARY

In greenhouses of a number of farms a complex monitoring of seasonal and diurnal changes of bioelectric potentials (BEP) in cucumber and tomato plants, light irradiation, soil and air temperature, moisture of soil and air was done. It has been found that, as a rule, during vegetation some deviations from normal microclimatic factors of the greenhouse are observed, which results in lower BEP gradients along the stem, worse condition of a plant and lower yield. Recovery of BEP to biologically determined level by exogenic low-energetic electric potentials encourages realization of adaptive potential of plants and increases their productivity. A system of technical means has been developed which facilitates adaptation of plants to stress factors and mobilization of their potential productivity by exterior low-energetic electric potentials.