

УДК 631.811.98:581.12

**ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА
РАСТЕНИЙ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ КИСЛОРОДА
СИСТЕМОЙ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ**

Н. Н. ИГНАТЬЕВ, Н. В. ДОЗОРЦЕВА
(Кафедра почвоведения)

В последние годы все большее внимание исследователей привлекают биологически активные вещества [1, 5 и др.], позволяющие повышать урожайность овощных культур. В качестве исходного материала для изготовления стимулирующих препаратов хорошо зарекомендовали себя грибы эндофиты, выделенные из корней лекарственных растений [3]. Нами под руководством Ф. Ю. Гельцер [3] был получен стимулятор из эндофитов культурной формы облепихи (для краткости СЭО). Возникла необходимость определения активности нового препарата. Ранее было установлено, что препарат Симбионт-1, изготовленный на основе применения эндофитов, выделенных из корней жень-

шения, и хорошо проявивший себя на различных культурах [2, 4], способен заметно повышать интенсивность поглощения кислорода тепличной почвой с корнями огурца [7]. Усиление потребления кислорода в почве в этом случае отражает возросшую под влиянием стимулятора «напряженность всех физиологических процессов в корнях» [10], а также повышение интенсивности поступления в почву корневых выделений, количество которых может увеличиваться в связи с действием биологически активных веществ [11]. Это дало нам основание провести сравнение активности двух указанных препаратов по расходу кислорода системой почва — растение, которая в наших опытах была представлена тепличным грунтом и корнями 7-дневных проростков двух сортов огурца — ТСХА-77 и ТСХА-211.

Использовался грунт из пленочной теплицы Овощной опытной станции им. В. И. Эдельштейна. Содержание в почве физической глины — 27,59 %, потери при прокаливании — 18,90 %; $pH_{вод}$ — 7,35; $pH_{сол}$ — 6,52; плотность — 0,78 г/см³; влажность — 58,12 и 69,39 % соответственно от сухой массы почвы и полной влагоемкости; пористость аэрации — 20 % к объему почвы; гидролитическая кислотность — 4,99; сумма обменных оснований — 33,93 ммоль на 100 г. Содержание ($NH_4^+ + NO_3^-$) — 5,71 мг; P_2O_5 — 6,13; K_2O — 12,15; Mg^{2+} — 8,41; Ca^{2+} — 2,86 мг на 100 г абсолютно сухой почвы [8].

Перед проращиванием семена замачивались 30 мин в растворах стимуляторов при температуре 35°, затем проращивались в чашках Петри при 27° 20 ч. Техника подготовки объектов исследования (почвы с корнями) и определение поглощения кислорода на аппарате Варбурга те же, что и в [7]. При разработке схем опытов использовали методику математического планирования эксперимента [6]. Уравнения, отражающие влияние действующих факторов на интенсивность поглощения кислорода почвой с корнями или урожай (y), предназначены для работы с кодированными независимыми переменными x_1 и x_2 . В опытах по изучению дыхания системы x_1 соответствует замачиванию семян препаратом Симбионт-1, а x_2 — СЭО. Под каждым коэффициентом регрессии приводятся соответствующие им значения критериев достоверности Стьюдента t_{ϕ} ; t_{τ} — теоретический критерий Стьюдента, а 0,05; 0,10; 0,20 и 0,50 при этом показателе — уровень вероятности. Все опыты проведены в 6 повторностях. Количества поглощенного кислорода выражены в миллилитрах на 1 кг абсолютно сухой почвы за 1 ч. Объемы кислорода приведены к нормальным условиям. Рабочие концентрации препаратов даны в долях от исходной.

Вначале определялось влияние сортовых различий огурца и срока изготовления препаратов на эффективность последних. Для этого в опыте 1 (1978 г.) и 2 (1979 г.) брали разные сорта огурца — соответственно ТСХА-77 и ТСХА-211, но одинаковые по срокам изготовления препараты: Симбионт-1 — 1975 г. и СЭО — 1978 г. В опыте 3 (1979 г.) сорт огурца был тот же, что и в опыте 1, а оба препарата изготовлены в 1979 г. В опыте 1 в контрольном варианте увеличение скорости поглощения кислорода за счет деятельности корней и сопутствующей им микрофлоры, составившее 1,57 мл/кг·ч, или 47 %, было принято за 100 %. В вариантах с Симбионтом-1 и СЭО прибавка возросла соответственно до 137 и 148 % (табл. 1). Рассчитанное по результатам опыта уравнение (1) показывает, что оба стимулятора оказывают положительное достоверное влияние на поглощение кислорода почвой с корнями, однако имеет место и достоверное отрицательное взаимодействие, которое проявляется при изменении концентрации стимуляторов от 0 до 0,0001.

$$\begin{aligned}
 y &= 5,38 + 0,10x_1 + 0,19x_2 - 0,19x_1x_2 \\
 t_{\phi} &= \begin{matrix} 2,22 & 4,22 & 4,18 \end{matrix} \\
 t_{\tau,05} &= 2,09.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$y = 5,52 + 0,08x_1 + 0,14x_2 - 0,23x_1x_2$$

$$t_{\Phi} = \begin{matrix} 1,86 & 3,26 & 5,35 \end{matrix}$$

$$t_{T,0,05} = 2,09; t_{T,0,10} = 1,73.$$
(2)

Из уравнения (2) следует, что действие препарата Симбионт-1 в опыте 2 было несколько меньше, чем в предыдущем, но все остальные тенденции сохранились. Таким образом, существенных различий, обусловленных сортовыми особенностями, установить не удалось.

Уравнение (3), рассчитанное по данным опыта 3, мало отличалось от двух предыдущих.

$$y = 5,59 + 0,09x_1 + 0,13x_2 - 0,22x_1x_2$$

$$t_{\Phi} = \begin{matrix} 2,02 & 2,98 & 5,24 \end{matrix}$$

$$t_{T,0,05} = 2,09; t_{T,0,10} = 1,73.$$
(3)

Итак, препараты, изготовленные в разные годы, оказали весьма сходное влияние на поглощение кислорода системой почва — растение.

Т а б л и ц а 1

Поглощение кислорода (мл/кг·ч) почвой с корнями проростков огурца в зависимости от сорта и действия препаратов (0,0001) Симбионт-1 (x_1) и СЭО (x_2), изготовленных в разное время

Варианты	Опыт		
	1	2	3
Почва без корней	3,33	3,44	3,58
» с корнями:			
без обработки	4,90	5,08	5,16
Симбионт-1	5,48	5,68	5,77
СЭО	5,66	5,81	5,85
Симбионт-1 + СЭО	5,49	5,51	5,58

Т а б л и ц а 2

Прибавки в скорости поглощения кислорода (мл/кг·ч) тепличным грунтом с корнями огурца, обусловленные действием препаратов (0,0001) Симбионт-1 и СЭО

Препарат	Опыт		
	1	2	3
Симбионт-1	0,60	0,58	0,61
СЭО	0,73	0,76	0,69
t_{Φ}	0,95	1,38	0,67
Достоверность разницы (вероятность)	0,50—0,80	0,50—0,80	< 0,50
$t_{T,0,20} = 1,37$	$t_{T,0,50} = 0,70$		

Следовательно, их стимулирующая способность сохраняется длительное время. Во всех уравнениях коэффициент регрессии при x_2 больше, чем при x_1 , что указывает на большую эффективность СЭО. Об этом же свидетельствуют данные табл. 2. Однако достоверность разницы невелика. Тем не менее не следует игнорировать разницу даже при достоверности ниже общепринятой, так как в зависимости от поставленной задачи может представлять интерес даже очень незначительное влияние какого-либо фактора.

С целью выяснения возможности положительного взаимодействия двух препаратов в 1979 г. был проведен опыт с проростками огурца ТСХА-77, семена которого обрабатывали препаратами в концентрации 0,00005. В этом случае наблюдалась более высокая эффективность совместного применения стимуляторов роста. Так, если при отдельной обработке Симбионтом-1 и СЭО поглощение кислорода системой почва — растение составило 5,40 и 5,48 мл/кг·ч, то при совместном их применении — 5,84 (поглощение почвой без корней — 3,58, с корнями без обработки стимуляторами — 5,25 мл/кг·ч). Из уравнения (4), рассчитанного по результатам этого опыта, видно, что оба стимулятора оказывают весьма достоверное положительное влияние на систему и, кроме того, имеет место положительное их взаимодействие при уровне вероятности 0,20.

$$y = 5,49 + 0,13x_1 + 0,17x_2 + 0,05x_1x_2$$

$$t_{\Phi} = \begin{matrix} 3,46 & 4,54 & 1,43 \end{matrix}$$

$$t_{T,0,01} = 2,85; t_{T,0,20} = 1,32.$$
(4)

Последнее позволяет предположить наличие различия в механизмах действия использованных стимуляторов.

В следующем опыте (1979 г.) испытывалось совместное применение препаратов в концентрациях 0,00005 и 0,0001. В схему эксперимента входило 5 вариантов: 1 — Симбионт-1 + СЭО в концентрациях 0,00005 (нижний уровень); 2 — те же препараты — соответственно 0,0001 и 0,00005; 3 — 0,00005 и 0,0001; 4 — те же препараты в концентрациях 0,0001 (верхний уровень); 5 — почва без корней.

Скорость поглощения кислорода по мере увеличения содержания стимуляторов в растворах, в которых замачивались семена, снижалась: она составляла по вариантам 5,81; 5,61; 5,57 и 5,50, 3,58 мл/кг·ч.

Уравнение (5) показывает, что оба стимулятора способствуют уменьшению интенсивности поглощения кислорода при изменении концентрации с нижнего уровня до верхнего. Достоверного влияния взаимодействия обнаружить не удалось. Следует отметить, что установленные эффекты имели место лишь в том случае, когда при нижнем уровне концентраций действовал не один, а два стимулятора.

$$y = 5,62 - 0,07x_1 - 0,09x_2$$

$$t_{\phi} = \begin{matrix} 1,66 & 2,15 \end{matrix} \quad (5)$$

$$t_{r,05} = 2,09; \quad t_{r,0,20} = 1,32.$$

Важно было также выяснить, как действует на дыхание системы каждый стимулятор при концентрации выше 0,0001. В этом опыте использовали концентрации препаратов 0,0 и 0,0002. Скорость поглощения кислорода в контроле составила 5,12 мл/кг·ч, при обработке Симбионтом-1 — 5,48; СЭО — 5,45; совместной обработке обоими стимуляторами — 5,31; почвой без растений — 3,58 мл/кг·ч.

Следовательно, при данном повышении концентрации стимуляторов также наблюдалось увеличение скорости поглощения кислорода по сравнению с ее значением в контроле, но оно было меньше, чем при концентрации 0,0001.

Для оценки влияния препаратов на дыхание системы при различных разведениях мы рассчитали прибавки в скорости поглощения кислорода

Таблица 3
Прибавки в ° скорости поглощения кислорода телличным грунтом с корнями огурца ТСХА-77, обусловленные действием препаратов Симбионт-1 и СЭО при различных концентрациях

Концентрация	Симбионт-1		СЭО	
	мл/кг·ч	% к конт-ролю	мл/кг·ч	% к конт-ролю
0,00005	0,15	3	0,23	4
0,0001	0,61	12	0,69	13
0,0002	0,36	7	0,33	6
НСР ₀₅	0,31	—	0,13	—

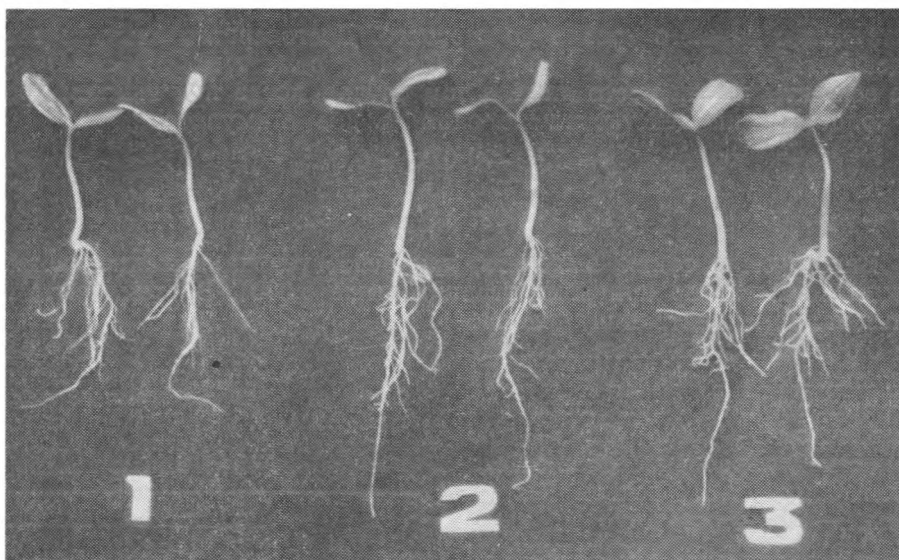
при индивидуальном действии каждого стимулятора (табл. 3).

Наибольшее влияние препаратов на дыхание системы отмечалось при концентрации 0,0001. При такой же концентрации рекомендовано применение препарата Симбионт-1 путем предпосевной обработки семян и клубней картофеля [3]. Вероятно, применять препарат СЭО следует также при концентрации 0,0001.

Результаты настоящих исследований показывают, что СЭО не уступает Симбионту-1 по способности влиять на поглощение кислорода почвой с корнями огуречных проростков. Если повышение скорости поглощения кислорода системой почва — растение отражает усиление обмена веществ в растительном организме в рассадный период под влиянием стимулятора, то важно знать, свидетельствует ли этот показатель о способности препарата влиять на урожайность культуры.

Для сравнительной оценки действия препаратов Симбионт-1 и СЭО на урожайность огурца был проведен опыт в ангарной остекленной теплице совхоза «Марфино» (Москва). Кроме замачивания семян указан-

ным выше способом, применяли также опрыскивание рассады в фазах двух и четырех настоящих листьев. Для этой цели, согласно рекомендациям Ф. Ю. Гельцер [4], использовали разведение препаратов 0,0005. Опыт проводили в 6-кратной повторности, размер учетной делянки 1,77 м². Рассаду выращивали на верховом торфе, в который вносили растворин — 1 кг, сульфат калия — 400 г, сульфат магния — 400 г и мел — 12 кг на 1 м³. Характеристика субстрата была следующей¹: зольность — 11,7%; рН_{вод} 6,3; (NH₄⁺ + NO₃⁻) — 114; P₂O₅ — 46; K₂O — 220; Mg²⁺ — 85 [9]. Гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований составили соответственно 3,47 и 26,83 ммольа на 100 г почвы. Два раза в неделю в течение рассадного периода растения



Развитие корневой системы семидневных проростков огурца ТСХА-211 при обработке семян стимуляторами (0,0001).

1 — контроль; 2 — Симбионт-1; 3 — СЭО.

подкармливали сульфатом цинка, сульфатом меди, йодистым калием, азотнокислым кобальтом и молибденовокислым аммонием из расчета 0,1 г на 1 л воды, а также борной кислотой — 0,8 г, сернокислым марганцем — 0,6 и сернокислым железом — 6,2 г. Рассаду высаживали 17 января в тепличную почву, приготовленную из старого грунта, к которому подсыпали смесь из переходного торфа и конского навоза (1 : 1). В свою очередь использованный конский навоз был смешан с опилками в соотношении 1 : 1. В период проведения исследований (с 1 января по 5 мая 1979 г.) содержание в грунте (NH₄⁺ + NO₃⁻) колебалось в пределах 33—56; P₂O₅ — 33—57; K₂O — 140—190; Mg²⁺ — 24—51 [9]. Зольность тепличного грунта составляла 23,42%; гидролитическая кислотность — 4,18; сумма обменных оснований — 24,90 ммольа на 100 г, рН_{вод} 6,8—6,9. За весь период выращивания огурцов (посадка рассады — последний сбор урожая) в тепличную почву было внесено (в г д. в. удобрений на 1 м²): N — 70,2; K₂O — 22,4; Mg²⁺ — 15,8; СаСО₃ — 100 г (включая основную заправку и подкормки). Опыт был

¹ Здесь и далее приводятся данные Центральной агрохимической лаборатории фирмы «Весна», за исключением данных о зольности, гидролитической кислотности и сумме обменных оснований. Количество элементов питания выражено в мг на 1 л почвы.

прекращен 5 мая в связи с подсадкой молодых растений. На рисунке видно более сильное, чем в контроле, развитие корневой системы у 7-дневных проростков огурца в вариантах с обработкой семян стимуляторами.

Результаты и условия этого опыта представлены в виде двух двухфакторных схем, для каждой из которых вычислены уравнения регрессии (6) и (7), отражающие соответственно влияние способов применения Симбионта-1 и СЭО (табл. 4).

НСР была вычислена с учетом 7 вариантов (контрольный был одним для двух стимуляторов).

$$y = 7,04 + 0,40x_1 + 0,17x_2$$

$$t_{\phi} = \quad 3,22 \quad 1,39$$

$$t_{\tau,0,05} = 2,09; t_{\tau,0,20} = 1,32. \quad (6)$$

$$y = 7,39 - 0,66x_1 - 0,13x_2 - 0,20x_1x_2$$

$$t_{\phi} = \quad 6,88 \quad 1,41 \quad 2,14$$

$$t_{\tau,0,05} = 2,09; t_{\tau,0,20} = 1,32. \quad (7)$$

Из уравнения (6) видно, что при обоих способах применения препарата урожай повышается, однако влияние опрыскивания менее выражено и менее достоверно, чем замачивания семян. Такие же выводы можно сделать из уравнения (7), однако здесь четко проявилось отрицательное взаимодействие совместного применения замачивания семян и опрыскивания растений препаратом.

При обработке семян СЭО получен больший урожай, чем в варианте с Симбионтом-1. Следует учесть, что прибавка в скорости поглощения кислорода почвой и корнями также была выше при обработке СЭО.

Для обоснования достоверности результатов опыта в целом (по 7 вариантам) был проведен дисперсионный анализ. Фактический критерий Фишера, отражающий характер колебаний по вариантам, оказался выше (6,88) соответствующего ему теоретического значения (2,42), что говорит о высокой достоверности результатов в целом по опыту. Фактический критерий Фишера, отражающий характер колебаний по повторностям, был значительно меньше (0,5) теоретического (4,50). Это свидетельствует о выравнивании условий по повторностям. Использовались теоретические критерии при уровне вероятности 0,05.

На основании полученных данных можно заключить, что физиологическая активность СЭО в условиях проведенных опытов не уступала активности препарата Симбионт-1 и, следовательно, СЭО может быть рекомендован для дальнейших проверок. Нескольку большая активность этого препарата по сравнению с активностью Симбионта-1, зафиксированная в настоящей работе, пока не дает оснований утверждать, что так будет всегда. Преимуществом СЭО является то, что при обновлении культуры эндофитов корни облепихи для выделения эндофитов получить гораздо проще, чем корни женьшеня.

Выводы

1. В результате обработки семян огурца ТСХА-211 и ТСХА-77 препаратом Симбионт-1 в концентрации 0,0001 интенсивность погло-

Т а б л и ц а 4

Урожай огурца ТСХА-211 (кг/м²)

Концентрация препаратов		Урожай	
x ₁ замачивание семян	x ₂ опрыскивание рассады	Симбионт-1	СЭО
0,0	0,0	6,39	6,39
0,0001	0,0	7,35	8,12
0,0	0,0005	6,92	7,07
0,0001	0,0005	7,53	7,98
НСР ₀₅		0,67	

щения кислорода тепличным грунтом с корнями огуречных проростков возросла на 12 %, а препаратом СЭО — на 13—16 %.

2. Наибольшие прибавки в скорости поглощения кислорода почвой с корнями огурца в условиях опытов были получены при обработке семян Симбионтом-1 и СЭО в концентрации 0,0001.

3. В условиях делячного опыта в ангарной остекленной теплице при обработке семян огурца сорта ТСХА-211 препаратом СЭО урожайность повысилась на 27 %, а препаратом Симбионт-1 — на 15 %.

4. Степень интенсивности поглощения кислорода почвой с корнями растений может служить критерием для оценки активности некоторых стимуляторов роста растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аразян Л. А. Влияние предпосевной обработки семян стимуляторами роста на получение раннего и высокого урожая огурцов. — Автореф. канд. дис. Ереван, 1973. — 2. Гельцер Ф. Ю. Эффективный стимулятор роста растений. — Сельск. хоз-во России, 1973, № 4, с. 25—26. — 3. Гельцер Ф. Ю. Новые продуценты стимулирующих веществ для растений. — Докл. ВАСХНИЛ, 1975, № 5, с. 16—18. — 4. Гельцер Ф. Ю., Телухин А. Ф. Симбионт-1 и укоренение черенков. — Цветоводство, 1977, № 3, с. 10. — 5. Жукова П. С. Гербициды и стимуляторы роста в овощеводстве. Минск: Урожай, 1976. — 6. Игнатьев Н. Н., Передкова Л. И. Использование метода математического планирования эксперимента при изучении биологической активности почвы. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 2, с. 113—121. — 7. Игнатьев Н. Н., Дозорцева Н. В. Поглощение кислорода системой почва — растение в зависимости от уровня аэрации, азотного питания и действия стимулятора Симбионт-1. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 6, с. 94—101. — 8. Методические указания по организации агрохимических обследований и проведению анализов в овощеводстве защищенного грунта. Ч. I. М.: Колос, 1973. — 9. Методические указания по проведению агрохимических анализов тепличных грунтов. ЦИНАО. М.: Колос, 1978. — 10. Станков Н. З. Корневая система полевых культур. М.: Колос, 1964. — 11. Сытник К. М., Книга Н. М., Мусатенко Л. И. Физиология корня. Киев: Наукова думка, 1972.

Статья поступила 22 июля 1980 г.

SUMMARY

The effect of biological stimulants Symbiont-1 and stimulants from sea-buckthorn endophytes on oxygen absorption by hothouse ground and by the roots of cucumber seedlings was studied. Under experimental conditions the highest amount of oxygen is absorbed at 0.0001 dilution of the preparations. The stimulants intensify development of the plant root system and contribute to higher yield of cucumbers (by 15—27 %).