

УДК 631.433:631.81.036:631.811.941'98

## ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕДИ И БИОСТИМУЛЯТОРОВ СИМБИОНТА-1 И СИМБИОНТА-2 НА ПОГЛОЩЕНИЕ КИСЛОРОДА ТЕПЛИЧНОЙ ПОЧВОЙ С КОРНЯМИ ОГУРЕЧНЫХ ПРОРОСТКОВ

Н. В. ДОЗОРЦЕВА, Н. Н. ИГНАТЬЕВ

(Кафедра почвоведения)

Эффективность стимулирующих препаратов можно повысить путем их совместного применения с микроэлементами. В частности, удалось усилить действие биостимулятора Симбионта-1 на картофеле при добавлении в раствор препарата медного купороса [5]. С культурой огурца аналогичные исследования не проводились. Поэтому мы сделали попытку установить возможность повышения эффективности применения препаратов Симбионта-1 и Симбионта-2 (СЭО [11]) на огурцах с помощью медной добавки. Для оценки действия указанных факторов использовались колебания скорости поглощения кислорода почвой с корнями огуречных проростков. Надежность этого критерия в отношении стимуляторов показана в прежней работе [11].

Известно [22], что предпосевная обработка семян растворами меди усиливает рост корневой системы, повышает физиологическую активность корней [13] и выделение ими сахаров [20]. В связи с этим активизируется деятельность ризосферной микрофлоры [14, 21]. Если допустить, что все это должно влиять на интенсивность поглощения кислорода тепличной почвой с корнями огурцов, то выбранный нами критерий может служить также и для оценки действия микроэлемента.

Были поставлены двухфакторные модельные опыты, в которых медь в форме  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  использовали в концентрациях 0,0—0,002 и 0,002—0,02 %.

### Объекты исследований и методика

Объектами исследований служили почва, взятая из пленочной теплицы Овощной опытной станции им. В. И. Эдельштейна,

и 7-дневные проростки огурцов (гибрид ТСХА-77). Содержание в почве физической глины — 27,59 %, илистой фракции — 11,59, потери при прокаливании — 18,90 %. При определении рН и водорастворимых форм питательных элементов в почве руководствовались указаниями по проведению анализов тепличных почв [3];  $\text{pH}_{\text{вод}}$  — 7,35; содержание  $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  — 5,71 мг;  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 12,15 и  $\text{K}_2\text{O}$  — 6,13 мг на 100 г сухой почвы. Необходимую пористость аэрации (20 % от объема) создавали увлажнением почвы до 58,12 % к сухой ее массе. Поскольку обеспеченность азотом и калием была низкой, использовались половинные нормы этих питательных элементов [2]. Содержание фосфора приближалось к норме, поэтому его не добавляли. Содержание меди в грунте составляло 0,79 мг на 100 г, что соответствовало оптимальной обеспеченности этим микроэлементом в рассадный период [15].

Интенсивность поглощения кислорода тепличной почвой с корнями огуречных проростков определяли на аппарате Варбурга с использованием модифицированного сосуда [8] при температуре 25°, экспозиции опытов 2 ч. Все объемы поглощенного кислорода приводились к нормальным и выражались в миллилитрах на 1 кг сухой почвы в час. Повторность определений 6-кратная.

Семена огурцов перед проращиванием замачивались 30 мин в растворе биостимулятора или меди в зависимости от варианта опыта при температуре 35°, затем подсушивались на воздухе и проращивались в чашках Петри при 27° в течение 20 ч. Техника подготовки объектов исследо-

ваний (почвы с корнями) описана в [10]. При постановке опытов использовали методику математического планирования эксперимента [9, 16].

Вначале определяли влияние меди в концентрациях 0,0—0,002 % при совместном применении с Симбионтом-1 и Симбионтом-2 на скорость дыхания системы почва—растение. Рабочие концентрации препаратов даны в долях от исходной [5].

По схеме регрессионного анализа [9, 16] рассчитывали уравнения регрессии, которые отражают связь действующих факторов ( $X_1$  и  $X_2$ ) с выходом процесса ( $Y$ ) — интенсивностью поглощения кислорода, урожаем и т. д. Уравнения регрессии предназначены для работы с кодированными независимыми переменными. В наших опытах  $X_1$  соответствует замачиванию семян препаратами Симбионтом-1 или Симбионтом-2, а  $X_2$  — медью. Под каждым коэффициентом регрессии приводятся соответствующие ему фактические значения критериев достоверности Стьюдента —  $t_{\phi}$ ;  $t_{\tau}$  — теоретический критерий Стьюдента, 0,05 и 0,10 при этом показателе — уровни вероятности. Достоверность каждого уравнения в целом оценивалась при сравнении фактического критерия Фишера ( $F_{\phi}$ ) с его теоретическим значением ( $F_{T,0,05}$ ) при уровне вероятности 0,05. При вычислении дисперсии неадекватности использовали результаты наблюдений по всем повторностям.

Нами также был поставлен деляночный опыт в зимней ангарной теплице совхоза «Марфино», в котором изучалось влияние меди и Симбионта-2 на развитие корневой системы и урожайность огурца сорта Магач. Опыт проводили в 6-кратной повторности, размер учетной делянки 6 м<sup>2</sup>, на каждой делянке по 12 растений. Рассадку выращивали на верховом торфе, в который вносили растворин — 980 г, сульфат калия — 300, сульфат магния 400 г и мел — 10 кг на 1 м<sup>2</sup>. Характеристика субстрата<sup>1</sup>: зольность — 10,55 %, рН<sub>вод</sub> — 6,8; ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) — 122; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 41; K<sub>2</sub>O — 266; Mg<sup>2+</sup> — 78 мг на 1 л почвы. Гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований составляли соответственно 3,26 и 37,15 ммоль на 100 г почвы. Содержание меди в рассадном грунте 4,63 мг/л, что указывает на низкий уровень обеспеченности ею почвы в этот период [15]. Два раза в неделю в течение рассадного периода проводили подкормку микроэлементами: 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. Рассадку высаживали 28 января в тепличную почву, состоящую из старого грунта, предварительно пропаренного. Во время проведения

исследований (с 10 января по 6 июня 1980 г.) содержание в грунте подвижных форм питательных элементов колебалось в следующих пределах: ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) — 39—124; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 23—56; K<sub>2</sub>O — 120—210; Mg<sup>2+</sup> — 20—57 [7]. Зольность тепличной почвы — 26,64 %, гидролитическая кислотность — 3,47, сумма обменных оснований 39,20 ммоль на 100 г почвы; рН<sub>вод</sub> — 6,3—6,7; содержание меди — 3,38 мг на 1 л грунта, что соответствовало недостаточному уровню обеспеченности [15].

За весь период выращивания огурцов (посадка рассады — последний сбор урожая) в тепличную почву было внесено (в г д. в. удобрений на 1 м<sup>2</sup>): N — 87,9; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 4,0; K<sub>2</sub>O — 20,4, Mg<sup>2+</sup> — 29,3; CaCO<sub>3</sub> — 115 (включая основную заправку и подкормку). Опыт был прекращен 6 июня в связи с выпадом растений.

### Результаты опытов

При совместном применении меди в концентрации 0,002 % и препаратов интенсивность дыхания системы почва — растение была выше, чем при использовании одних биостимуляторов (табл. 1). По данным табл. 1 составлены уравнения (1) и (2):

$$Y_{C-1} = 5,57 + 0,35X_1 + 0,08X_2 + 0,10X_1 \cdot X_2 \quad (1)$$

$$t_{\phi} = \begin{matrix} 8,40 & 1,96 & 2,45 \end{matrix}$$

$$F_{\phi} = 1,01$$

$$Y_{C-2} = 5,52 + 0,36X_1 + 0,10X_2 + 0,09X_1 \cdot X_2 \quad (2)$$

$$t_{\phi} = \begin{matrix} 7,16 & 2,06 & 1,86 \end{matrix}$$

$$F_{\phi} = 1,00$$

$$F_{T,0,05} = 2,12 \quad t_{T,0,05} = 2,09 \quad t_{T,0,10} = 1,73.$$

Критерии Фишера для обоих уравнений оказались ниже их теоретического значения [16], поэтому уравнения адекватно воспроизводят влияние изучаемых факторов на дыхание системы.

Анализируя уравнение (1), можно заметить, что оба фактора и их взаимодействие при изменении уровней с нижнего до верхнего достоверно увеличивают интенсивность поглощения кислорода системой почва — растение. При этом наибольший положительный эффект дает применение Симбионта-1.

Уравнение (2) повторяет основные закономерности, отмеченные в уравнении (1), в том числе достоверное влияние меди в интервале концентраций 0,0—0,002 %.

Для того чтобы установить пределы распространения положительного действия меди при концентрациях выше 0,002 %, были поставлены аналогичные опыты, в которых испытывали медный купорос в концентрации 0,02 %. В этом случае в опыте с Симбионтом-1 поглощение кислорода системой составило 5,31, а с Симбионтом-2 — 5,38 мл/кг·ч. Соответственно по опытам в вариантах с одним медным купоросом (0,02 %) скорость дыхания системы почва — растение достигала 5,18 и 5,14 мл/кг·ч. На основании этих результатов и данных табл. 1 были рассчитаны уравнения регрессии

<sup>1</sup> Здесь и далее в этом опыте приводятся данные Центральной агрохимической лаборатории фирмы «Весна», за исключением данных о зольности, гидролитической кислотности, сумме обменных оснований.

Поглощение  $O_2$  почвой с корнями огурца (гибрид ТСХА-77) при обработке медью и биостимуляторами

Вариант	Условия опытов		$O_2$ , мл на 1 кг·ч ( $Y$ )	
	концентрация стимулятора ( $X_1$ )	концентрация $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , % ( $X_2$ )	Симбионт-1 (С-1)	Симбионт-2 (С-2)
1	0,0	0,0	5,24	5,15
2	0,0001	0,0	5,74	5,68
3	0,0	0,002	5,20	5,17
4	0,0001	0,002	6,11	6,07

Примечание. Почва без корней поглощала 3,58 мл/кг·ч.

сии (3) и (4). Концентрации биостимуляторов в опытах колебались от 0,0 до 0,0001, а концентрации медного купороса — от 0,002 до 0,02 %.

$$Y_{C-1} = 5,45 + 0,26X_1 - 0,21X_2 - 0,20X_1 \cdot X_2 \quad (3)$$

$$t_{\phi} = 7,03 \quad 5,68 \quad 5,41$$

$$F_{\phi} = 0,89$$

$$Y_{C-2} = 5,44 + 0,29X_1 - 0,18X_2 - 0,17X_1 \cdot X_2 \quad (4)$$

$$t_{\phi} = 7,44 \quad 4,62 \quad 4,36$$

$$F_{\phi} = 1,02$$

$$F_{T_{0,05}} = 2,12 \quad t_{T_{0,05}} = 2,09.$$

Из уравнения (3) и (4) следует, что при увеличении концентрации меди с 0,002 до 0,02 % поглощение кислорода достоверно снижалось. Отрицательным оказалось и взаимодействие факторов. Влияние Симбионта-1 и Симбионта-2 по-прежнему оставалось положительным.

Как видно из табл. 1, различия между результатами в вариантах 1 и 3 невелики, всего сотые доли миллилитра  $O_2$ . Это создает кажущееся впечатление о недостоверном действии меди. Но если сопоставить варианты 2 и 4, то обнаруживаются весьма значительные различия, обусловленные присутствием микроэлемента. При этом следует отметить, что данные в варианте 4 не дают возможности расчленить эффекты индивидуального действия факторов и их взаимодействия. Таким образом, результаты парного сравнения оказываются проти-

воречивыми. Однако при анализе уравнений регрессии (1) и (2) установлено достоверное влияние меди на интенсивность поглощения кислорода системой. Одной из причин указанного несоответствия может быть то, что в первом случае учтены колебания по повторностям только в двух вариантах опыта, а в последнем — по повторностям во всех вариантах опыта (4 варианта  $\times$  6 повторностей). Число повторностей в двух вариантах может быть недостаточным для установления достоверной разницы между вариантами. Кроме того, при парном сравнении мы фиксируем частный эффект от действия фактора, а уравнение отражает главный эффект, т. е. тенденцию.

Для подтверждения сказанного был поставлен опыт, в котором изучалось влияние меди (0,02 %) на поглощение кислорода почвой с корнями огурцов при 6 и 12 повторностях в вариантах. При 6 повторностях в варианте влияние меди в концентрации 0,02 % было недостоверным (табл. 2), а при 12 — достоверным ( $t_{\phi} > t_{T_{0,05}}$ ).

Увеличение поглощения кислорода растением может быть связано с усилением процессов синтеза в растении и увеличением мощности корневой системы [18, 19]. Это положение было проверено в модельном опыте, в котором изучалось влияние меди и Симбионта-2 на интенсивность поглощения кислорода системой почва — растение и число корневых окончаний. Последний показатель, по мнению Н. З. Станкова с соавторами [18], можно использовать для характеристики синтетической деятельности корней. Условия проведения опыта были такими же, как и в предыдущих, но использовали голландский сорт огурца Magam.

Дисперсионный анализ результатов по 7 вариантам показал, что в целом они достоверны, так как  $F_{\phi}$  по вариантам (17,14) выше  $F_T$  (2,42);  $F_{\phi}$  по повторностям (0,71) меньше  $F_T$  (4,50), следовательно, условия проведения опыта выравнены.

Максимальная скорость дыхания и наибольшее число корневых окончаний зафиксированы при одновременном использовании меди (0,002 %) и Симбионта-2 (табл. 3). Так как биостимуляторы готовятся на спиртовой основе, в схему опыта был введен вариант 7 с обработкой семян 75 % этиловым спиртом, разведенным в 10 000 раз, без

Таблица 2

Поглощение  $O_2$  почвой с корнями огурцов (гибрид ТСХА-77) при обработке медью 0,02%

Число повторностей	Концентрация меди, %	$O_2$ , мл/кг·ч	$t_{\phi}$	$t_{T_{0,05}}$
12	0,0 0,02	5,27 5,03	3,64	2,07

Интенсивность поглощения  $O_2$  почвой с корнями, ветвление корней  
и урожайность огурцов (сорт Магат) при обработке медью и Симбионтом-2

Вариант	Условия опыта		Выход			
	концентрация Симбионта-2 ( $X_1$ )	концентрация $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , % ( $X_2$ )	$O_2$ , мл/кг·ч	число корневых окончаний на 1 растение	урожай (40 сборов)	
					кг/м <sup>2</sup>	%
1	0,0	0,0	5,19	49	17,78	100
2	0,0001	0,0	5,81	84	20,44	115
3	0,0	0,002	5,48	56	19,17	108
4	0,0001	0,002	6,21	125	21,60	121
5	0,0	0,02	4,84	35	16,93	95
6	0,0001	0,02	5,54	59	19,64	110
7	0,0001	Спирт	5,24	—	18,09	102
		НСП <sub>т0,05</sub>	0,31	—	0,45	—
		НСП <sub>т0,10</sub>	0,26	—	0,37	—
$F_T$ вар 0,05=2,42		$F_\Phi$ вар=17,14		$F_\Phi$ вар=112,64		—
$F_T$ повт. 0,05=4,50		$F_\Phi$ повт=0,71		$F_\Phi$ повт=1,21		—

стимулятора и меди. Как видно из табл. 3, увеличение интенсивности дыхания, обусловленное действием спирта (0,05 мл  $O_2$  мл/кг·ч), недостоверно. Изменения дыхания под влиянием меди в концентрации 0,002 и 0,02 % по сравнению с контролем были достоверными, но противоположными по значению (соответственно 0,29 и 0,35 мл  $O_2$ /кг·ч).

По результатам опыта для варианта с концентрацией медного купороса 0,0—0,002 % получено уравнение (5) и (6), для концентрации от 0,002 до 0,02 % — (7) и (8):

$$Y_{O_2} = 5,67 + 0,34X_1 + 0,17X_2 \quad (5)$$

$$t_\Phi = 6,30 \quad 3,15$$

$$F_\Phi = 0,98 \quad F_{T0,05} = 2,09$$

$$Y_{\text{корни}} = 78,5 + 26,0X_1 + 12,0X_2 + 8,5X_1 \cdot X_2 \quad (6)$$

$$t_\Phi = 7,69 \quad 3,55 \quad 2,51$$

$$F_\Phi = 1,10 \quad F_{T0,05} = 2,12$$

$$Y_{O_2} = 5,52 + 0,36X_1 - 0,33X_2 \quad (7)$$

$$t_\Phi = 6,92 \quad 6,35$$

$$F_\Phi = 0,98 \quad F_{T0,05} = 2,09$$

$$Y_{\text{корни}} = 68,8 + 23,3X_1 - 21,8X_2 - 11,3X_1 \cdot X_2 \quad (8)$$

$$t_\Phi = 7,00 \quad 6,55 \quad 3,39$$

$$F_\Phi = 1,34 \quad F_{T0,05} = 2,12$$

$$t_{T0,01} = 2,85 \quad t_{T0,05} = 2,09.$$

Из уравнения (5) и (6) видно, что оба фактора при изменении их уровней с нижнего до верхнего усиливают выход процесса. При анализе уравнения (6), рассчитанного по числу корневых окончаний, обнаружено достоверное взаимодействие факто-

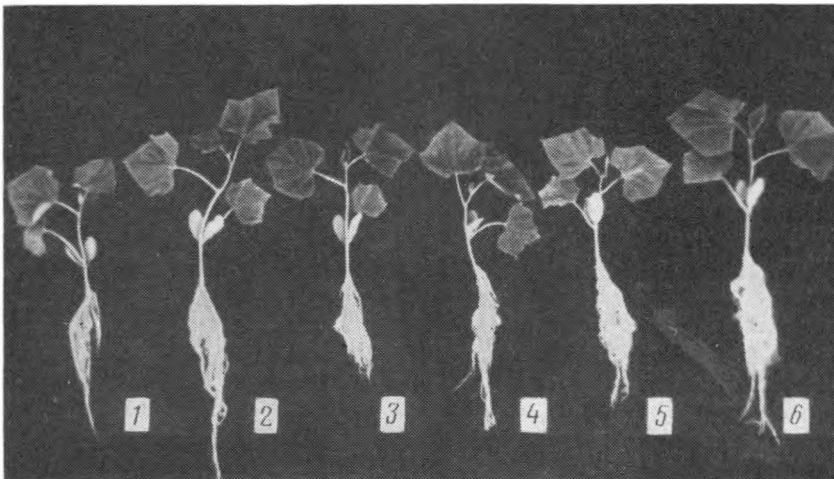


Рис. 1. Развитие корневой системы огурца в возрасте 20 дней (сорт Магат).  
1 — контроль; 2 — Симбионт-2; 3 —  $Cu$  0,02 %; 4 — Симбионт-2+ $Cu$  0,02 %; 5 —  $Cu$  0,002 %; 6 — Симбионт-2+ $Cu$  0,002 %.

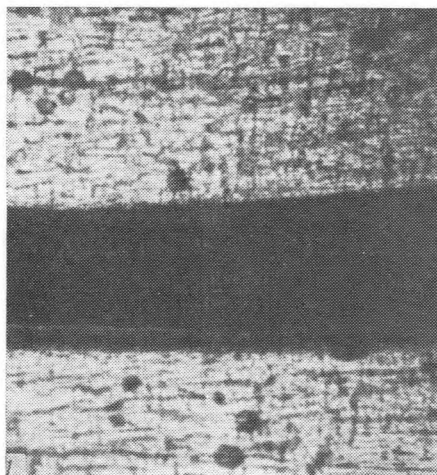
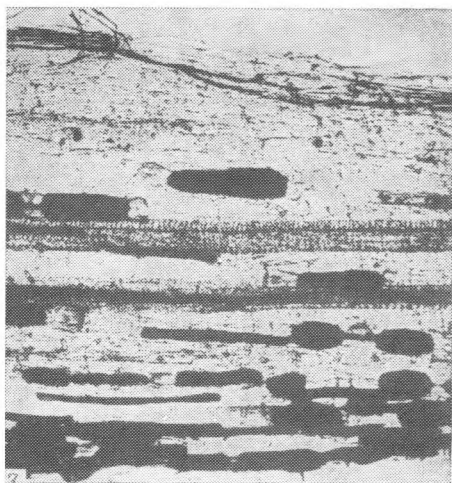
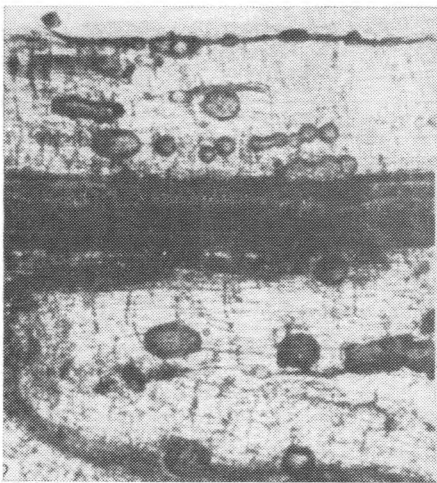


Рис. 2. Везикулы грибов-эндофитов в корнях огурца.

Внизу — контроль (вода); сверху слева — Симбионт-2; справа — Симбионт-2+Cu 0,002 %.

ров. Последнее показывает, что при изменении уровней обоих факторов с нижнего до верхнего положительное влияние меди возрастает при наличии Симбионта-2.

Таким образом, увеличение интенсивности поглощения кислорода почвой с корнями проростков огурца под влиянием указанных факторов может быть связано с активизацией синтетической деятельности корней, которая выражается в усиленном развитии корневой системы.

Из уравнений (7) и (8) видно, что в более высокой концентрации медь отрицательно действует на выход процесса.

Следовательно, уменьшение поглощения кислорода свидетельствует и об ухудшении развития корневой системы, которое проявляется в сокращении числа корневых окончаний.

В деляночном опыте изучалось, скажется ли в дальнейшем на развитии корневой системы и урожае огурцов тот благоприятный сдвиг в растительном организме, который отмечался в описанных выше опытах в вариантах с совместным применением меди и биостимуляторов. Схема опыта приведена в табл. 3.

На рис. 1 представлены образцы растений (типичные из 10) по вариантам этого опыта, сфотографированные в возрасте 20 дней.

В вариантах с медью (0,002 %) и Симбионтом-2 (как при отдельном, так и совместном их применении) развивалась более мощная корневая система и была больше урожайность, чем в контроле, что согласуется с данными о поглощении кислорода системой и числом корневых окончаний при 7-дневном возрасте растений.

Результаты опыта в целом достоверны (табл. 3), так как  $F_{\text{ф вар}} > F_{\text{т вар}}$ , причем условия проведения опыта выравнены, поскольку  $F_{\text{ф повт}} < F_{\text{т повт}}$ .

Наибольшая прибавка урожая, равная 21 %, была в варианте с Симбионтом-2 + медь (0,002 %), а при действии одного биостимулятора или одной меди в концентрации 0,002 % она составила соответственно 15 и 8 % к контролю.

Снижение урожая при действии меди в концентрации 0,02 % согласуется с понижением скорости поглощения кислорода системой почвы — корни 7-дневных проростков в подобном варианте.

При выравненных уровнях питания повышение урожая под влиянием указанных факторов могло быть вызвано более мощным развитием корневой системы и активацией жизнедеятельности грибов-эндифитов в корнях огурца.

Поскольку имеются данные, что развитие в корнях эндотрофной микоризы усиливает рост растений и способствует повышению урожая [17, 23, 27, 28] и что грибы-эндифиты синтезируют целый ряд ростовых веществ [24, 26, 29], мы в полевом деляночном опыте изучали развитие грибов-эндифитов в корнях огурца. Образцы самых тонких корешков отбирали с 10 растений каждого варианта в фазу цветения [1]. Средние пробы корешков подвергали мацерации в 10% растворе щелочи, окрашивали анилином-блау [4] и просматривали под микроскопом при увеличении (15××9). Наиболее типичный вид везикул грибов-эндифитов в корешках в контроле и в вариантах с обработкой семян одним Симбионтом-2, а также препаратом с медью в концентрации 0,002% был сфотографирован (рис. 2).

В меристеме корня довольно ясно видны темноокрашенные и четко ограниченные овальные или вытянутые образования, которые являются везикулами гриба-эндифита. По мнению ряда авторов [6, 12, 25], везикулы представляют собой вместительные запасные питательных веществ, в частности жиров. Поэтому увеличение размеров и числа везикул в указанных вариантах по сравнению с контролем может свиде-

тельствовать об усилении синтетической деятельности в корнях.

Таким образом, изменение скорости поглощения кислорода системой почва — растение в начале вегетации явилось отражением глубоких изменений в состоянии растений, которые проявились в дальнейший период их роста и повлияли на урожай.

#### Выводы

1. Обработка семян огурцов (ТСХА-77) медью в форме  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  влияет на поглощение кислорода тепличной почвой с корнями огуречных проростков. При концентрации меди 0,002% ее действие было положительным, при 0,02% — отрицательным.

2. В опытах с гибридом ТСХА-77 влияние биостимуляторов Симбионта-1 и Симбионта-2 на этот показатель усиливалось при их совместном применении с медью за счет эффекта взаимодействия.

3. Увеличение скорости поглощения кислорода системой почва — растение при применении стимулятора Симбионта-2 и меди соответствует увеличению мощности корневой системы, усилению развития грибов-эндифитов в корнях и повышению урожая огурцов.

4. Максимальная интенсивность поглощения кислорода почвой с корнями растений и наибольшая прибавка (21%) урожая огурцов сорта Магам в условиях опытов были получены при совместном применении препарата Симбионта-2 и меди в концентрации 0,002%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Булаева Л. М., Зеленина М. В. К вопросу о микоризе гидропонной культуры огурца посевного. — Учен. зап. Перм. пед. ин-та. Пермь, 1968, т. 68, с. 340—342. — 2. Вендило Г. Г., Распевин В. А., Глунцов Н. М., Вольф Л. К. Методические указания по проведению опытов и внесению удобрений в овощеводстве защищ. грунта. Ч. II. М.: Колос, 1972. — 3. Вендило Г. Г. и др. Метод. указания по организации агрохим. обследований и проведению анализов в овощеводстве защищ. грунта. М.: Колос, 1973. — 4. Гельцер Ф. Ю. Происхождение эндотрофной микоризы растений. Микробиол., 1962, т. 31, вып. 4, с. 662—668. — 5. Гельцер Ф. Ю. Новые продуценты стимулирующих веществ для растений. — Докл. ВАСХНИЛ, 1975, № 5, с. 16—18. — 6. Гельцер Ф. Ю., Кузнецова Г. В. Получение чистых культур эндифитов растений. — Микол. и фитопатол., 1977, т. 11, вып. 3, с. 182—188. — 7. Глунцов Н. М., Штефан В. К., Вендило Г. Г., Печенева С. Я. Рекомендации по рациональному использованию удобрений в защищенном грунте. — М.: ЦИНАО, 1977. — 8. Игнатъев Н. Н. Модификация метода Варбурга с целью определения интенсивности поглощения кислорода почвами с ненарушенной структурой. — Докл. ТСХА, 1972, вып. 176, с. 51—55. — 9. Игнатъев Н. Н., Передкова Л. И. Использо-

зование метода математического планирования эксперимента при изучении биологической активности почвы. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 2, с. 113—121. — 10. Игнатъев 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. — 11. Игнатъев Н. Н., Дозорцева Н. В. Оценка активности биологических стимуляторов роста растений по интенсивности поглощения кислорода системой почва — растение. — Изв. ТСХА, 1981, вып. 1, с. 72—78. — 12. Крюгер Л. В. О зимнем состоянии эндотрофных микориз. — Учен. зап. Перм. пед. ин-та. Пермь, 1968, т. 56, вып. 2, с. 39—53. — 13. Лемаева А. М., Щитаева В. А. Влияние меди на физиологическую активность корневой системы тонковолокнистого хлопчатника. — Изв. АН ТаджССР, сер. биол. наук, 1979, № 2, с. 74—79. — 14. Мильто Н. И. Динамика микрофлоры ризосферы люпина и клевера в связи с применением микроэлементов. — В сб.: Микробный синтез биол. активных соединений. Минск, 1976, с. 50—55. — 15. Ринькис Г. Я., Ноллендорф В. Ф. Оптимизация минерального питания полевых и тепличных культур. Рига: Зинатне, 1977. — 16. Рубанов И. А., Михайлов Н. Н., Тимохина Л. А. Метод. указания по применению математ. методов

- планирования эксперимента в сельск. хоз-ве. М.: Колос, 1973. — 17. Сокина И. И. Углеводный и азотный обмен микоризного растения кукурузы. — Учен. зап. Перм. ин-та. Пермь, 1968, т. 64, с. 212—215. — 18. Станков Н. З., Ладонина Т. П., Тимофеева А. А. Определение поглощающей поверхности корневой системы растений. Вестн. с.-х. науки, 1963, № 8, с. 125—130. — 19. Сытник К. М., Книга Н. М., Мусатенко Л. И. Физиология корня. Киев: Наукова думка, 1972. — 20. Тевелева М. К. Действие микроэлементов на выделение корнями люпина водорастворимых сахаров и усвоение их корневой микрофлорой. — В сб.: Микроорганизмы в промышл. и в сельск. хоз-ве. Минск: Наука и техника, 1975. — 21. Филиппова К. Ф., Котова С. С., Харитоновна Н. И. Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами и последствие ее на развитие ризосферной микрофлоры, биохимические процессы и урожай кормовых бобов. — Учен. зап. Перм. ун-та. Пермь, 1969, № 219, с. 109—118. — 22. Хомчак М. Е. Влияние микроэлементов на рост корней гороха. — В сб.: Микроорганизмы в сельск. хоз-ве и медицине. Киев: Наукова думка, 1968, вып. 4, с. 87—90. — 23. Хрущева Е. П. Микориза пшеницы и ее значение для роста и развития растения. — Автореф. докт. дис. М., 1956. — 24. Хрущева Е. П. О микотрофии сельскохозяйственных растений. — Учен. зап. Перм. пед. ин-та, 1968. Пермь, т. 64, с. 203—207. — 25. Butler E. I. — British Mycol. Soc. Trans., L., 1939, vol. 22, N 3, p. 274—301. — 26. Hacskaýlo E. — XVI IUFRO World Congr., Norway, 1976, Proc. Div. 2, Vienna, 1976, p. 78—89. — 27. Rich J. R., Bird G. W. — Phytopatol., 1974, vol. 64, N 11, p. 1421—1425. — 28. Sanders F. E., Tinker P. B., Black R. L. B., Palmerley S. M. — New Phytol., 1977, vol. 78, N 2, p. 257—268. — 29. Slankis V. — Ectomycorrhizae. Their ecol. and physiol., N. Y. — L., 1973, p. 231—298.

*Статья поступила 2 августа 1982 г.*

#### SUMMARY

The influence of copper in the form of  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  on oxygen absorbtion by greenhouse soil with roots of cucumber seedlings under the application of stimulators Symbiont-1 and Symbiont-2 was found. In the concentrations interval from 0 to 0.002 per cent the effect of copper was positive; in the interval from 0.002 to 0.02 per cent it was negative.

It was shown that the acceleration of oxygen absorbtion rate observed with the effect of Symbiont-2 and copper corresponds to heavier root system, higher mycotrophness of plants and larger yields of cucumbers.