

УДК 581.192.7:631.544.4

## ОСОБЕННОСТИ СТИМУЛИРУЮЩЕЙ И ИНГИБИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ ТЕПЛИЧНОГО ГРУНТА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

Н.Н. ИГНАТЬЕВ, О.В. СЕЛИЦКАЯ, А.О. БИРЮКОВ

(Кафедра почвоведения)

**Исследовано проявление стимулирующей и ингибирующей активности тепличного грунта при применении стимуляторов роста растений типа симбионт в сочетании с медью. Обнаружено проявление токсичности почвы при применении этих препаратов. Использован термин «физиологическая активность почвы», отражающий суммарное и одновременное действие физиологически активных веществ, содержащихся в почве. Установлена взаимосвязь между микробной массой, поглощением кислорода системой почва – растение и проявлением ингибирующей активности почвы. Найдены способы повышения эффективности стимуляторов роста растений путем введения в почву активированного угля, а также крахмала.**

Стимулирующая способность почвы — один из недостаточно изученных факторов почвенного плодородия. Почва содержит большое разнообразие физиологически активных веществ [1]. Л.А. Христева считает, что для оценки почвенного плодородия следует принимать в расчет наличие активных веществ в почве и указывает на участие фенольных группировок гумуса в дыхании корневых систем, развивающихся в почве [13]. Наличие физиологически активных веществ в почве отмечают и другие авторы [5]. Они обращают внимание на тот факт, что токсические вещества корневых выделений при малых концентрациях могут оказывать стимулирующее действие на растения. После работ Ф.Ю. Гельцер [3] стало ясно, что можно говорить о стимулирующей активности почвы в целом, как о факторе плодородия. Она показала, что грибы эн-

дофиты, без которых не формируются полноценные растения, могут развиваться в корнях только при наличии стимулирующих начал, источником которых выступает почва. Стимулирующие вещества почвы действуют совокупно и одновременно, поэтому можно рассматривать их результирующее действие как фактор плодородия, который, образно говоря, «включает» грибной синтез в корнях растений. В конкретной ситуации могут одновременно действовать и ингибиторы, и стимуляторы. Поэтому мы решили использовать условный термин «физиологическая активность почвы» с целью обозначить это одновременное действие. В зависимости от характера указанного суммарного результата физиологическую активность почвы можно представить в двух формах, которые, на наш взгляд, могут быть названы: стимулирующая способ-

ность почвы и ее ингибирующая способность; последнюю можно рассматривать как форму почвоутомления. В работе [12] было показано, что физиологическую активность почвы можно регулировать, вводя в почву растворы препарата симбионт-2, тем самым вызывая усиление скорости поглощения кислорода почвой с корнями.

По интенсивности дыхания семян пшеницы, предварительно обработанных водными вытяжками из почвы, проводили количественную оценку физиологической активности почвы в условиях применения стимуляторов [9].

Ранее было установлено [8], что обработка семян стимулирующими препаратами симбионт-1 и симбионт-2 способствовала повышению скорости поглощения кислорода почвой с развивающимися корнями растений. Увеличение скорости поглощения кислорода свидетельствовало об усилении синтетических процессов в растении. Кроме того, усилению интенсивности поглощения кислорода почвой с корнями огуречных проростков, как правило, соответствовало повышение урожая растений, семена которых обрабатывали такими же стимуляторами и таким же способом. В результате стало ясно, что по скорости поглощения кислорода поч-

вой с корнями можно проверять качество изготовленных стимуляторов роста растений.

Однако в отдельных случаях предпосевная обработка семян стимуляторами роста приводит к понижению, а не к повышению скорости поглощения кислорода почвой с развивающимися в ней корнями; корневая система при этом оказалась более мощной, чем в контроле без стимулятора. Это означает, что стимуляторы действовали на растения положительно, но усиленное развитие корневой системы приводило к накоплению в почве токсических продуктов в результате усилившейся выделительной деятельности корней. Это, в свою очередь, частично подавляло почвенную микрофлору, что привело к снижению уровня дыхания системы почва — растение. Следует признать, что применение стимуляторов роста растений имеет существенное ограничение. Был проведен опыт на дерново-подзолистой почве с проростками озимой пшеницы, в качестве стимулятора использовали микроэлемент с органической кислотой, который привел к снижению скорости поглощения  $O_2$  системой почва — растение, хотя растение восприняло его положительно [9]. Аналогичная ситуация сложилась при использовании тепловой почвы (переходный торф) и

Таблица 1

**Влияние обработки семян огурца стимуляторами типа симбионт и медью на поглощение кислорода почвой с живыми корнями**

Вариант	$O_2$ мл/кг почвы · ч		P*
	без стимуляторов	со стимуляторами	
1 — ПРУ + С-2	38,8	63,6	0,99
2 — ПРУ + $CuSO_4$ (п) + С-2	47,0	73,1	0,99
3 — ПРУ + $CuSO_4$ (п) + $CuSO_4$ (с) + С-2	62,4	53,1	0,99
4 — ПРУ + $CuSO_4$ (п) + $CuSO_4$ (с) + С-3	62,4	44,7	0,99

Примечание. Здесь и далее П — тепличный грунт, Р — огуречные проростки, У — полное минеральное удобрение (NPK); С-2 — симбионт-2, 1:10000 от исходного; С-3 — симбионт-3, 1:200000 от исходного; (п) — внесение в почву; (с) — обработка семян. Концентрация раствора  $CuSO_4$  при обработке семян 0,002 %; P\* — доверительная вероятность (результат парного сравнения по критерию Стьюдента).

применении стимуляторов типа симбионт, которыми обрабатывали семена огурца. Некоторые авторы [7] отмечали резкое снижение скорости поглощения кислорода при обработке семян огурца стимуляторами симбионт-2 и симбионт-3, и раствором медного купороса (табл. 1).

Применение медного купороса для предпосевной обработки семян на фоне использования стимулирующего препарата симбионт-2 и внесения меди в почву привело в 3-м варианте к снижению интенсивности дыхания почвы с развивающимися в ней корнями огуречных проростков. В работе [6] отмечалось, что совместное применение симбионта-2 и меди способствовало увеличению дыхания почвы с корнями. Это можно объяснить тем, что препарат может иметь различный уровень активности. В данном случае симбионт-2 имел повышенную активность, его применение совместно с медью на семенах оказалось излишним. В 4-м варианте замена препарата симбионт-2 [4] на более активный симбионт-3 [10] привела к еще большему снижению интенсивности дыхания. Таким образом, применение более эффективных стимуляторов привело к негативным последствиям в системе почва — растение.

Цель настоящей работы заключалась в оценке физиологической активности почвы и выявлении ее токсического действия.

### **Методы исследований**

Эксперименты проводили на кафедре почвоведения Московской с.-х. академии им. К.А. Тимирязева. Физиологическую активность оценивали по интенсивности поглощения кислорода прорастающим зерном пшеницы (сорт Заря) под воздействием почвенных водных вытяжек. Интенсивность поглощения кислорода прорастающим зер-

ном определяли на аппарате Варбурга при 25°C. На мысль использовать указанный способ для оценки физиологической активности нас еще раньше натолкнула Возняковская [2], которая рекомендовала выявлять микроорганизмы, продуцирующие стимуляторы по дыханию проросших семян, предварительно обработанных культуральными жидкостями.

Почвенные вытяжки приготавливали из тепличного грунта, в котором выращивали огуречные проростки (F1 Зозуля). В качестве растворителя для приготовления почвенной вытяжки использовали дистиллированную воду. Отношение тепличного грунта к воде 1:25. На момент приготовления почвенных вытяжек возраст огуречных проростков составлял 7 дней. В качестве тепличного грунта использовали переходный торф (рН 6,5). Минеральное питание осуществляли в следующих дозах: N — 122 мг/100 г, P — 57 мг/100 г, K — 189 мг/100 г, Cu — 1,8 мг/100 г [7].

Развитие корневой системы огуречных проростков определяли после их отрастания в том же тепличном грунте. Оценку корневой системы проводили по числу корневых окончаний на 7-дневных огуречных проростках.

Для определения количества микромицетов использовали метод засева питательных сред разведениями суспензий образцов. Использовали среду Чапека. Расчет количества микроорганизмов проводили на 1 г абсолютно сухой почвы. Биомассу микроорганизмов определяли регидратационным методом.

### **Результаты исследований**

Для оценки физиологической активности почвы нами был проведен опыт, в котором изучали сравнительное действие стимуляторов

роста растений. Все дозировки и почва указаны в табл. 1. Повторность 6-кратная, кроме табл. 3, 4, 5. В опыте были использованы стимулирующие препараты симбионт-2 и симбионт-3 (табл. 2).

Учитывая, что условия в лаборатории в разные дни неодинаковы, в каждом варианте был свой контроль. За контроль принимали показатели дыхания прорастающих семян пшеницы, обработанных дистиллированной водой. В остальных вариантах семена обрабатывали водной вытяжкой из почвы. Препараты симбионт-2 и симбионт-3 применяли в разведениях соответственно 1:10000 и 1:200000 от исходного. В качестве микроэлемента использовали медь в виде  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . В ходе эксперимента установлено снижение скорости поглощения кислорода прорастающим зерном пшеницы под действием водных вытяжек в вариантах 3 и 4, где кроме препаратов симбионт-2 и симбионт-3 применяли микроэлемент не только при внесении в почву, но и для предпосевной обработки семян. Это может свидетельствовать о накоплении в почве в данных условиях каких-либо ингибирующих веществ. Достоверность результатов увеличилась (от 0,5 до 0,9) от менее активного препарата (симбионт-2) к более активному

(симбионт-3). Снижение интенсивности поглощения кислорода в 1-м варианте, где применяли стимулятор симбионт-2 без микроэлемента, недостоверно. Повышение интенсивности поглощения кислорода зафиксировано только во 2-м варианте, что подтверждает эффект от внесения в почву меди. Невысокий уровень достоверности (0,8; 0,9) может свидетельствовать о малоустойчивой системе. Таким образом, применение стимулирующих препаратов с целью повышения урожайности с.-х. культур имеет свой предел из-за изменения физиологической активности почвы за счет их ингибирующего влияния. Однако низкая достоверность полученных результатов заставила нас повторить часть эксперимента (табл. 3) с увеличенным числом повторностей (12 против обычных 6).

Из табл. 3 видно, что за счет увеличения числа повторностей достоверная вероятность повысилась до 0,95. Это подтвердило правильность представлений об отрицательном воздействии через растение избыточного стимулирования на физиологическую активность тепличного грунта.

Чтобы определить влияние токсинов на почвенную микрофлору была проведена количественная оценка почвенной микрофлоры. Ус-

Таблица 2

**Физиологическая активность тепличного грунта  
в условиях применения стимулирующих факторов**

Вариант	Физиологическая активность						P
	O <sub>2</sub> , мл/кг. зер · ч			O <sub>2</sub> , %			
	конт- роль	водная вытяжка	раз- ница	конт- роль	водная вытяжка	раз- ница	
1 — ПРУ+С-2	204	195	-9	100	97	-3	< 0,5
2 — ПРУ + $\text{CuSO}_4(\text{n})$ + С-2	176	207	+30	100	118	+18	0,8
3 — ПРУ + $\text{CuSO}_4(\text{n})$ + $\text{CuSO}_4(\text{с})$ + С-2	238	215	-23	100	90	-10	0,5
4 — ПРУ + $\text{CuSO}_4(\text{n})$ + $\text{CuSO}_4(\text{с})$ + С-3	238	204	-34	100	86	-14	0,9

П р и м е ч а н и е. Здесь и далее: семена огурца обрабатывали симбионтами и медью 30 мин, семена пшеницы обрабатывали почвенными вытяжками 24 ч.

Таблица 3

**Физиологическая активность тепличного грунта  
в условиях применения препарата симбионт-3**

Вариант	Поглощение O <sub>2</sub> , мл/кг зерна · ч	Разница с контролем, O <sub>2</sub> , мл/кг зерна · ч	Разница с контролем, %	P*
1 — Контроль	331	—	—	—
2 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п) + CuSO <sub>4</sub> (с) + С-3	277	-54	-16	0,95

тановлено, что чрезмерное повышение стимулирующего действия на систему почва — растение приводит не только к снижению интенсивности дыхания почвы с корнями растений, но и к уменьшению микробной биомассы при 3-кратной повторности (табл. 4). Аналогично снижается и количество микроскопических грибов в почве при 6-кратной повторности.

Из табл. 4 видно, что избыточная стимуляция в 3-м варианте привела к резкому снижению числа грибов и микробной массы. Во 2-м варианте имело место примерно такое же снижение микробной массы, но количество грибов почти не изменилось. Видимо, токсич-

ность не распространилась на грибы. Снижение микробной массы соответствовало снижению скорости поглощения O<sub>2</sub> почвой с корнями. Чтобы показать развитие корневой системы, мы провели эксперимент по определению числа корней огуречных проростков в условиях воздействия указанных стимуляторов на систему почва — растение, повторность 15-кратная (табл. 5).

Из табл. 5 видно, что число корней огуречных проростков в условиях эксперимента зависит от активности стимулятора при высоком уровне достоверности. Таким образом, стимуляторы (включая медь) не подавляют растение. Однако они становятся для почвы косвенной при-

Таблица 4

**Влияние обработки семян огурца препаратами симбионт-2, симбионт-3 и медью  
на поглощение O<sub>2</sub> почвой с корнями растений, развитие грибов  
и микробной биомассы в почве\***

Вариант	O <sub>2</sub> , мл/кг · ч	Микромицеты, КОЕ/г абс. сух. почвы	Микробная биомасса, мкг С/г почвы
1 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п) + С-2	73,6	2,2 · 10 <sup>6</sup>	0,195 (100%)
2 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п) + CuSO <sub>4</sub> (с) + С-2	53,1	2,1 · 10 <sup>6</sup>	0,105 (54%)
3 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п) + CuSO <sub>4</sub> (с) + С-3	44,7	1,3 · 10 <sup>6</sup>	0,108 (55%)

КОЕ — колониеобразующие единицы.

\* В работе принимала участие Н.А. Кузнецова.

Таблица 5

**Развитие корневой системы огуречных проростков при действии факторов  
стимулирования роста растений\***

Вариант	Число корней, шт	В среднем, %	P*
1 — Контроль	19	100	—
2 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п)	22	116	0,9
3 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п) + С-2	23	120	0,95
4 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п) + CuSO <sub>4</sub> (с) + С-3	25	132	0,99

\* В работе принимала участие М.В. Георгиевская.

чиной увеличения токсинов, которые микроорганизмы не в состоянии перерабатывать полностью. Это является иллюстрацией почвоутомления в микромасштабе. Если бы накопления ингибирующих факторов в почве не происходило, то и растение могло бы, видимо, быть в лучшем состоянии. Тогда высокий уровень стимуляции мог бы обеспечивать повышенные урожаи.

Таким образом, выявилась проблема борьбы с накоплением токсинов в почве за счет усиления выделительной способности корней. Для решения этой проблемы мы попытались усилить активность почвенной микрофлоры путем внесения в почву растворимого крахмала (0,5% от массы абс. сух. почвы). Мы надеялись, что активизация микрофлоры с помощью крахмала усилит переработку микроорганизмами токсинов. Ранее такой подход оправдал себя в опыте с препаратом симбионт-2 [11]. Результаты опыта по применению крахмала представлены в табл. 6, из которой видно, что добавка в почву крахмала способствует повышению ин-

тенсивности поглощения кислорода прорастающим зерном пшеницы под воздействием водной вытяжки из этой почвы (5-й вариант). Это свидетельствует об активизации микрофлоры и воздействии ее на ингибирующие вещества. Этот способ оказался достаточно эффективным при решении проблемы накопления ингибиторов в тепличном грунте в вариантах с применением стимулирующего препарата симбионт-3 и меди при предпосевной обработке семян. Ингибирование сменилось стимулированием.

Другой путь решения проблемы накопления ингибиторов в почве — использование сорбентов. Сорбент частично снижает количество токсинов в почвенном растворе. Мы провели эксперимент по повышению эффективности применения стимулирующих препаратов. Для этой цели использовали активированный уголь в качестве добавки к тепличному грунту в количестве 5% от сухой массы почвы. Результаты эксперимента представлены в табл. 7.

Из табл. 7 видно, что при использовании активированного угля в ка-

Таблица 6

**Физиологическая активность тепличного грунта с добавкой крахмала**

Вариант	Поглощение O <sub>2</sub> , мл/кг зерна · ч	Разница с контролем		P*
		O <sub>2</sub> , мл/кг зерна · ч	%	
1 — Контроль	252	—	—	—
2 — ПР	249	-3	-1	0,5
3 — ПР+ крахмал	266	+14	+6	0,5
4 — ПРУ+ CuSO <sub>4</sub> (п) + CuSO <sub>4</sub> (с) + С-3	238	-14	-6	0,95
5 — ПРУ+ CuSO <sub>4</sub> (п) + CuSO <sub>4</sub> (с) + С-3+ крахмал	291	+40	+16	0,95

Таблица 7

**Влияние активированного угля (5%) на физиологическую активность тепличного грунта**

Вариант	Физиологическая активность						P*
	O <sub>2</sub> , мл/кг.зер · ч			O <sub>2</sub> , %			
	конт- роль	водная вытяжка	раз- ница	конт- роль	водная вытяжка	раз- ница	
1 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п) + CuSO <sub>4</sub> (с) + С-2	190	299	+109	100	157	+57	0,98
2 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п) + CuSO <sub>4</sub> (с) + С-3	190	261	+71	100	137	+37	0,8

честве добавки к тепличному грунту происходит резкое увеличение интенсивности поглощения кислорода прорастающим зерном пшеницы под воздействием почвенных вытяжек по сравнению с контролем. Активированный уголь сорбирова

тельную часть токсинов, что и привело к высокому положительному эффекту. С применением большего количества активированного угля (10%), как видно из табл. 8, доверительная вероятность увеличилась и составила 0,95 в варианте 2.

Таблица 8

Влияние активированного угля (10%) на физиологическую активность тепличного грунта

Вариант	Физиологическая активность						P'
	O <sub>2</sub> , мл/кг. зер · ч			O <sub>2</sub> , %			
	конт- роль	водная вытяжка	раз- ница	конт- роль	водная вытяжка	раз- ница	
1 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п) + CuSO <sub>4</sub> (с) + С-2	95	177	+82	100	186	+86	0,99
2 — ПРУ + CuSO <sub>4</sub> (п) + CuSO <sub>4</sub> (с) + С-3	95	175	+80	100	184	+84	0,95

Полученные результаты с применением угля и крахмала дают основания для дальнейшего планирования исследований с целью преодоления почвоутомления, вызванного повышенной активностью стимулирующих препаратов.

### Выводы

1. Предпосевная обработка семян огурца стимуляторами роста растений может стать косвенной причиной увеличения стимулирующей или ингибирующей способности почвы.

2. Появление токсинов в почве при обработке семян стимуляторами повышенной активности в условиях опыта удалось обнаружить по изменению интенсивности дыхания проросших семян пшеницы, предварительно обработанных вытяжками из почвы.

3. Токсичность почвы, вызванная применением стимуляторов роста растений с избыточной активностью, в условиях опыта удалось снять путем введения в почву активированного угля, а также крахмала.

4. Снижение микробной биомассы и численности микроскопических грибов в почве в условиях модельных опытов наблюдалось при использовании стимулятора повышенной активности.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова И.В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов // Органическое вещество целинных и освоенных почв. М.: Наука, 1972. С. 30-96. — 2. Возняковская Ю.М. Микрофлора растений и урожаев. Л.: Колос, 1969. — 3. Гельцер Ф.Ю. Происхождение эндотрофной микоризы растений // Микробиология, 1962. Т. 31. Вып. 4. С. 662-668. — 4. Гельцер Ф.Ю., Игнатъев Н.Н. Авт. свид. 921488 СССР. Препарат симбионт-2, стимулирующий урожайность растений // Открытия. Изобретения, 1982. № 15 — 5. Гродзинский А.М. и др. Аллелопатическое почвоутомление / А.М. Гродзинский, Г.П. Богдан, Э.А. Головки и др. Киев: Наукова думка, 1979. — 6. Дозорцева Н.В., Игнатъев Н.Н. Влияние совместного применения меди и биостимуляторов симбионта — 1 и симбионта — 2 на поглощение кислорода тепличной почвой с корнями огуречных проростков // Изв. ТСХА, 1983. Вып. 2. С.90-96. — 7. Игнатъев Н.Н., Андрияшин Д.А., Бирюков А.О., Егерина Г.Н. Биологическая активность почвы и почвоутомление // Докл. ТСХА. Вып. 276. М.: Изд-во МСХА, 2004. С. 312-316. — 8. Игнатъев Н.Н., Дозорцева Н.В. Оценка активности биологических стимуляторов роста растений по интенсивности погло-

щения кислорода системой почва - растение // Изв. ТСХА, 1981. Вып. 1. С. 72-78. — **9.** *Игнатьев Н.Н., Егрина Г.Н.* Особенности влияния кобальта на поглощение кислорода дерново-подзолистой почвой и оподзоленным черноземом с развившимися в них корнями растений // Растениеводство (биологические основы), 1986. № 12. Деп. в ВНИИТЭИагропром, № 413ВС -86. — **10.** *Игнатьев Н.Н., Шуваев В.А., Полянская С.М., Покровский Н.П.* Способ получения стимулятора роста растений. Патент РФ № 2043027. Официал. Бюл. № 25. от 10.09.95. — **11.** *Полянская С.М., Игнатьев Н.Н.* Влияние крахмала на поглоще-

ние кислорода системой почва — растение // Актуальные проблемы развития сельского хозяйства. М.: МСХА, 1996. С. 82-89. — **12.** *Шуваев В.А., Игнатьев Н.Н.* Влияние биостимулятора симбионт — 2 на стимулирующую способность почвенного раствора // Актуальные вопросы агрономического почвоведения. М., 1988. С. 37-43. — **13.** *Христева Л.А.* Действие физиологически активных гуминовых кислот на растения при неблагоприятных внешних условиях // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Днепропетровск, 1973. Т. 4. С. 5-23.

*Статья поступила  
8 августа 2005 г.*

#### SUMMARY

Stimulating and intensifying greenhouse soil activity was investigated, plant growth stimulators of Simbyont type used. The term «soil physiological activity» was used in the article. Inter-relation between microbe mass, oxygen absorbtion in the system soil-plant and intensifying soil activity was established. Ways to increase effectiveness of stimulators were found by means of application of starch and activated carbon into soil.