

DOI: 10.12731/2658-6649-2019-11-1-47-64

УДК 631.811; 631.417.1

## МИКРООРГАНИЗМЫ ПОЧВ И СТИМУЛЯТОРЫ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН

*Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Батырев Ю.П.*

***Цель.** Изучение влияния регуляторов роста и развития растений (стимуляторов), повышающих посевные качества семян, на развитие почвенных микроорганизмов.*

***Материалы и методы.** При изучении выделения углекислоты системами «прорастающие семена – субстрат» при проведении испытаний с живыми и умерщвленными семенами озимого тритикале сорт «Немчиновский 56» удалось, введя определенные приближения, разделить и оценить потоки углекислоты, выделяемые микроорганизмами почв и семенами.*

***Результаты.** На основании этого было установлено, что предпосевная обработка семян стимуляторами активизирует развитие микроорганизмов почв в значительно большей степени, чем ускоряет биохимические процессы в семенах. Причем почвы по влиянию ускоренного развития микроорганизмов на биохимические процессы в семенах отличаются друг от друга. Полученные результаты свидетельствуют, что препараты-стимуляторы действуют не только на семена, но и на микроорганизмы почв и, по-видимому, микроорганизмы семян, а результат их действия на микроорганизмы для изменения скорости прохождения биохимических процессов в семенах заранее предсказать нельзя, поскольку неизвестно действие патогенов, находящихся в почвах.*

***Заключение.** В связи с этим трудно ожидать, что разработка препаратов-стимуляторов при использовании инертных субстратов без учета взаимодействия этих препаратов с микроорганизмами почв может дать положительные результаты.*

***Ключевые слова:** стимуляция прорастания семян; живые и умерщвленные семена; питательные вещества семян и микроорганизмы почв; компоненты системы «прорастающие семена – почва»; выделяющие углекислоту.*

## SOIL MICROORGANISMS AND STIMULANTS OF SEED GERMINATION

*Fedotov G.N., Shalaev V.S., Batyrev Y.P.*

**Background.** *The study effects of plant growth and development regulators (stimulants), increasing sowing qualities of seeds, on development soil microorganisms.*

**Materials and methods.** *In study carbon dioxide allocation by systems “germinating seeds – substrate” when testing with live and mortified seeds winter triticale variety “Nemchinovskij 56” managed by entering a certain approximation, to divide and to estimate the carbon dioxide fluxes emitted by microorganisms of soil and seeds.*

**Results.** *On this basis, it was found that pre-sowing seed treatment with stimulants activates the development soil microorganisms to a much greater extent than accelerates the biochemical processes in the seeds. Moreover, the soils on the effect of accelerated development of microorganisms on the biochemical processes in the seeds differ from each other. The results obtained show that stimulant preparations act not only on seeds, but also on soil microorganisms and, apparently, seed microorganisms, and result of their action on microorganisms to change the rate biochemical processes passage in seeds cannot be predicted in advance, since the pathogens action in soils is unknown.*

**Conclusion.** *In this regard, it is difficult to expect that development of stimulants using inert substrates without taking into account the interaction these stimulants with soil microorganisms can give positive results.*

**Keywords:** *seed germination stimulation; live and dead seeds; seeds nutrients and soil microorganisms; system “germinating seeds – soil” components; releasing carbon dioxide.*

### Введение

Улучшение посевных качеств семян является важным методом повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Наряду с выведением новых сортов для этого пытаются использовать стимулирующие обработки семян физическими воздействиями [1–6] или биологически активными препаратами [7–11, 3, 12–16].

Несмотря на большое разнообразие методов предпосевной обработки семян, авторы нередко отмечают, что в лабораторных условиях статистически значимых различий между контрольными и опытными образцами семян обнаружить не удастся [2, 4, 6]. Проблема заключается в том, что

эффект от применения стимулирующих воздействий или препаратов редко превышает 10–15%, и при ошибке методик больше 8% эффект такой величины обнаружить невозможно.

Еще сложнее ситуация при проведении полевых испытаний. Во-первых, они – достаточно трудоемки, длительны и дорогостоящи, что не позволяет проверить все желаемые варианты в реальных условиях. Во-вторых, при их проведении большое влияние оказывают меняющиеся погодные условия и неоднородность почвенного покрова. В-третьих, как и микроделяночные опыты, они носят сезонный характер. Поэтому эксперименты необходимо проводить в поле 5–7 лет, чтобы уверенно говорить об эффекте от действия препарата. В связи с этим полевые испытания имеет смысл применять на последнем этапе исследования, когда получены надежные результаты лабораторных испытаний, вегетационных и микроделяночных опытов.

Все это говорит о необходимости создания высокопроизводительной лабораторной методики, которая позволит проводить испытания с большим количеством семян (500–1000 и более), что исключит влияние разноразличности семян [3] и позволит получать воспроизводимые данные.

Попытка проводить оценку регуляторов роста и развития растений (стимуляторов) по проклевыванию семян, по мнению физиологов растений [17] не может дать положительных результатов. Связано это с тем, что на первых этапах развития семян, протекающих до проклевывания, все питательные и биологически активные вещества уже запасены в зерновках. Поэтому дополнительное введение биологически активных веществ (стимуляторов) не должно значимо ничего изменять. На этапе же роста проростков стимуляторы уже могут оказывать влияние на развитие семян, так как в зерновках начинается синтез необходимых веществ.

Дополнительные сложности по использованию лабораторной методики связаны с тем, что проверку препаратов необходимо проводить на реальных почвах. Трудно ожидать, что свойства почв не оказывают влияния на применение препаратов-стимуляторов для обработки семян, высеваемых на этих почвах. Однако в настоящее время на это обращается явно недостаточно внимания, а лабораторные исследования по выбору и проверке эффективности действия стимуляторов и стимулирующих воздействий часто проводят на инертных субстратах – фильтровальной бумаге, песке и т.д. [4–7, 18].

В работе [18] описано применение достаточно простой и высокопроизводительной методики, позволяющей по дыханию семян проверять эффективность применения стимуляторов с ошибкой, не превышающей 5%. Эта методика является интегральной, поэтому позволяет проводить исследования с большим количеством семян, а с небольшими изменениями ее можно

использовать для изучения развития семян на этапе развития проростков. Однако данную методику тоже применяли, используя для экспериментов инертный субстрат – промытый речной песок.

Основной проблемой, которая может помешать изучению стимуляции семян этим методом на реальных почвах, является выделение углекислоты микроорганизмами почв при развитии в них семян. Одним из фактов, говорящих в пользу такой возможности, является известное явление частичного разрушения клеточных оболочек при созревании зерновок. Это обеспечивает на начальном этапе прорастания семян выход в почву через дефекты в оболочках питательных веществ (сахаров, органических кислот и т.д.) [3], которые способны активировать развитие почвенных микроорганизмов в прилегающем к семенам слое почвы. Выяснение вклада почвенных микроорганизмов в выделение углекислоты системой «прорастающие семена – почва» позволит понять границы применимости данного метода.

При изучении прорастания семян в почвах по выделению углекислоты из системы «семена – почва» можно ожидать, что в этот процесс могут вносить вклад:

- прорастающие семена;
- размножающиеся эпифитные и эндофитные микроорганизмы семян;
- микроорганизмы почв, развивающиеся на выделениях питательных веществ из семян;
- микроорганизмы почв, не контактирующие с продуктами выделения семян.

Целью работы являлось изучение влияния стимуляторов, повышающих посевные качества семян, на развитие почвенных микроорганизмов.

### **Объекты и методы исследования**

В работе использовали сухой отмытый речной песок с размером частиц 0,5–0,8 мм, образцы дерново-подзолистой почвы из окрестностей поймы р. Яхромы влажностью 22,5% (после зерновых), серой лесной почвы из Тульской области (Щекинский район) влажностью 21,6% (после зерновых), чернозема типичного из Липецкой области (Данковский район) влажностью 33,1% (после картофеля), а также каштановой почвы из Волгоградской области (Иловлинский район) влажностью 19,3% (залежь). Свойства почв<sup>1</sup> представлены в табл. 1.

<sup>1</sup> Авторы выражают благодарность аспирантке кафедры общего земледелия факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова Н.А. Сафоновой и инженеру-лаборанту кафедры О.И. Филипповой за любезно предоставленные данные о свойствах почв.

Таблица 1.

**Некоторые физико-химические свойства используемых в работе почв**

Почва	рН	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	C	N
		мг/кг почвы		%	
Серая лесная (освоенная)	6.5 ± 0.04	249 ± 2	21 ± 1	1.88	0.13
Чернозем выщелоченный (освоенный)	7.5 ± 0.03	133 ± 9	41 ± 3	4.50	0.45
Каштановая (залежь)	8.2 ± 0.1	125 ± 9	72 ± 1	0.88	0.11
Дерново-подзолистая почва (освоенная)	6.3 ± 0.1	127 ± 8	27 ± 1	–	–

Исследования проводили на семенах озимого тритикале (*Triticosecale*) сорт «Немчиновский 56».

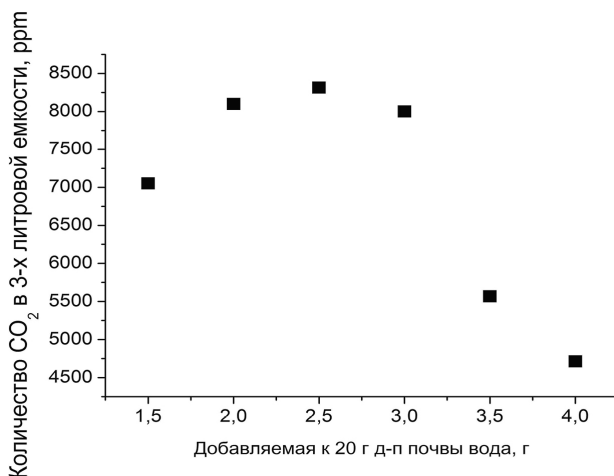
Для определения выделения углекислоты прорастающими семенами было необходимо предотвратить (заметно снизить) выделение углекислоты другими частями надсистемы или исключить выделение углекислоты самими семенами. Второй путь является экспериментально более простым, так как для этого достаточно умертвить семена термообработкой [3] перед помещением их в почву. В этом случае основной вклад в выделение углекислоты из системы «прорастающие семена – почва» должны вносить микроорганизмы почв, не получающие питательных веществ от семян, и микроорганизмы почв, развивающиеся на выделениях питательных веществ из семян. Сравнение этих данных с выделением углекислоты почвами без семян и с живыми семенами, прорастающими в почве, дает возможность оценить доли углекислоты, выделяемой разными компонентами системы. При подобном подходе микроорганизмы семян и выделение ими углекислоты можно рассматривать только совместно с семенами и разделить их нельзя, но представление о роли почвенных микроорганизмов получить можно. С учетом значительного превышения количества микроорганизмов почв над микроорганизмами семян можно было ожидать не очень большого искажения результатов.

Эксперименты проводили, помещая в стаканчик с диаметром дна 55 мм 10 г субстрата, на нем располагали ровным слоем 2,5 г семян и засыпали их 10 г субстрата, добавляя из пипетки необходимое количество воды, чтобы она достаточно равномерно увлажняла субстрат.

Навеску воды подбирали для каждого субстрата (песка и почв) по максимальному количеству углекислоты, выделяемому системой за 2 суток (на вторые сутки начинается развитие проростков). Постановка эксперимента подобным образом была связана с желанием исключить влияние

нехватки влаги или недостатка кислорода как лимитирующих факторов. Для примера приведена кривая, полученная для дерново-подзолистой почвы (рис. 1), на которой хорошо видно, что при добавлении навески воды менее 2 г выделение углекислоты заметно снижается за счет уменьшения доступности воды для семян и биоты, а при добавлении навески воды более 3 г – за счет снижения для них доступа кислорода. Для песка на подобной кривой наблюдается более острый пик, а для серой лесной почвы и чернозема – «плато» с максимумом выделения углекислоты сохраняется для большего интервала добавляемой воды.

Для проверки существования возможной нехватки кислорода, что могло лимитировать процесс прорастания семян, в стаканчик, дно которого имело в 1,5 раза большую площадь, помещали те же количества почв и семян. Затем добавляли воду в количестве, соответствующем точке правее максимума выделения углекислоты. Рост выделения углекислоты относительно опыта с использованием стаканчика с меньшей площадью дна при подобной постановке эксперимента должен был свидетельствовать о наличии затруднений в поступлении кислорода и его нехватке семенам и биоте. Проверка показала, что при использовании стаканчиков с диаметром дна 55 мм нехватки кислорода не наблюдается.



**Рис. 1.** Влияние количества добавляемой в стаканчик с 2,5 г семян озимого тритикале сорт «Немчиновский 56» и с 20 г дерново-подзолистой почвы влажностью 22,5% воды на изменение за 2 суток концентрации в 3-х литровой емкости углекислоты

Для используемых субстратов оптимальные навески воды составляли: песка – 5 г, дерново-подзолистой почвы – 2,5 г, серой лесной почвы – 4,5 г, чернозема – 4,5 г, каштановой почвы – 5 г.

После добавления воды стаканчики с семенами и субстратом ставили в стеклянную емкость объемом 3 литра, которую герметично закрывали<sup>2</sup>. Емкости термостатировали при температуре 22 °С в камере, в которую входила 21 емкость. опыты проводили в 7-кратной повторности с последующей статистической обработкой результатов. Ошибка не превышала 5% при 95% уровне значимости. В каждой камере один из образцов (7 емкостей) был контрольным. По нему производили пересчет. Емкости в камере располагали в шахматном порядке, чтобы уменьшить влияние неоднородности распределения температуры. С этой же целью в камере был размещен вентилятор, перемешивающий воздух. Через 48 часов измеряли концентрацию CO<sub>2</sub> в емкостях и пересчитывали количество выделившегося CO<sub>2</sub> на 1 г семян.

Измерение концентрации углекислоты проводили при помощи прибора «Testo 535», который позволяет определять концентрацию углекислого газа в газовой смеси при содержании 0-9999 ppm. Принцип работы прибора основан на поглощении лазерного излучения углекислотой, адсорбированной на поверхности зонда. Относительно большая площадь адсорбционной поверхности зонда приводит к усреднению колебаний концентрации углекислоты в сосуде, что заметно снижает ошибку метода по сравнению с отбором газовой смеси из сосуда шприцем и определением концентрации углекислоты в смеси при помощи хроматографа.

При проведении измерения зонд измерителя помещали в емкость на 5 минут до достижения равновесия углекислоты, находящейся в емкости, с углекислотой, адсорбированной на чувствительной части зонда.

Данная методика обладала высокой производительностью, позволяя исследовать в одном опыте порядка 500 семян, что резко уменьшало ошибку экспериментов, связанную с разнокачественностью семян [3].

Обработку семян суспензией комплексного стимулятора [19], включающей в свой состав АПД (100 г/л) – автолизат пивных дрожжей (ООО «Биотех плюс», Россия), препарат «Бутон» (16 г/л), произведенный ООО «ПСК Техноэкспорт» (Россия), содержащий натриевые соли гиббереллиновых

<sup>2</sup> Использовали обычные стеклянные 3-х литровые банки, которые закрывали пластиковыми крышками с отверстиями, в которые плотно мог входить зонд измерителя углекислоты «Testo 535». Отверстия в крышках затыкали изнутри резиновыми пробками, так чтобы их можно было выталкивать внутрь банок, вставляя зонд измерителя.

кислот в количестве 20 г/кг, гумат калия (натрия) (5 г/л), произведенный ООО НВЦ «Агротехнологии» (Россия) из бурого угля, проводили при расходе суспензии 20 л на тонну семян. Аналогично проводили обработку семян препаратом «Альбит» [8, 11, 20, 21] (концентрация 3 мл/л), действующим веществом которого является поли-бета-гидроксимасляная кислота, и гумата калия (натрия) (концентрация 10 г/л). Для этого 40 г семян помещали в пластиковую лодочку размером 20×7 см, глубиной 4 см, добавляли навеску суспензии стимулятора 0,8 г и тщательно перемешивали маленькой ложечкой примерно 1–2 минуты до достижения равномерной окраски семян.

Температурную обработку для умерщвления семян проводили, помещая их в разогретый до заданной температуры сухожаровой шкаф на 1 час.

Оценку количества веществ, выходящих из живых и умерщвленных семян, проводили на основании того, что часть из этих веществ является электролитами [3]. По 7,5<sup>3</sup> г семян помещали на фильтровальную бумагу в чашку с диаметром дна 95 мм, сверху накрывали листом фильтровальной бумаги, добавляли по 15 г дистиллированной воды и оставляли на двое суток. После этого добавляли в чашки еще по 100 мл дистиллированной воды и оставляли на два часа для достижения равновесия. Затем раствор сливали и измеряли его электропроводность при помощи кондуктометра фирмы HANNA HI 98312.

### **Результаты и обсуждение**

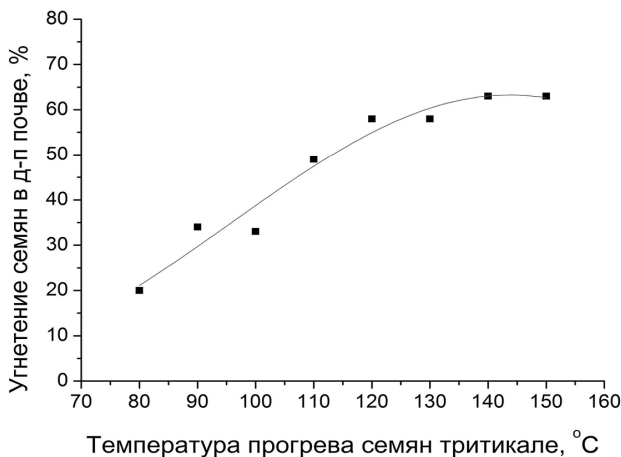
На первом этапе исследования было изучено выделение углекислоты почвами, не контактирующими с семенами, в которые не поступают питательные вещества из семян, а также влияние температурной обработки семян на выделение системой углекислоты.

Было установлено, что выделение углекислоты за 2 суток теми количествами почв, которые используются в опыте (20 г), чрезвычайно мало и составляет 0,5–1% от общего количества углекислоты в опытах, выделяемой живыми семенами, и не превышает 3% в опытах с умерщвленными семенами. Такие величины не выходят за пределы ошибки эксперимента, поэтому вклад этого потока углекислоты мы в дальнейшем не учитывали.

Из полученной зависимости влияния температуры обработки семян (рис. 2) хорошо видно, что угнетение выделения системой (дерново-подзолистая почва – термообработанные семена) углекислоты по сравнению с системой, содержащей семена, не подвергавшиеся термообработке, составляет максимально несколько более 60%.

<sup>3</sup>Мертвых семян брали 7,05 г, учитывая потерю их веса при прогреве.





**Рис. 2.** Влияние температуры прогрева семян тритикале сорт «Немчиновский 56» на снижение выделения системой «дерново-подзолистая почва – семена» углекислоты по сравнению с системой, содержащей семена, не подвергавшиеся термообработке

При подъеме температуры наблюдается постепенное снижение выделения углекислоты, но после достижения температуры 120–130°C выделение углекислоты меняется незначительно, что можно трактовать как гибель всех биообъектов, способных дышать (семян и находящихся на них микроорганизмов<sup>4</sup>). Поэтому дальнейшие сравнительные исследования с живыми семенами проводили на контрасте с умерщвленными семенами, прогретыми при температуре 140°C.

Измерение электропроводности растворов, по которому проводили оценку количества выходящих из семян питательных веществ, показало, что умерщвленные семена выделяют в субстраты в 2,3 раза больше питательных веществ по сравнению с живыми семенами. Это известное явление [3] связано с тем, что у живых семян мембраны через некоторое время восстанавливаются, и выделение питательных веществ прекращается, а у умерщвленных семян восстановления мембран не происходит, поэтому из них выделяется больше питательных веществ. Именно на этих питательных веществах развиваются микроорганизмы почв, способные внести заметный вклад в общее выделение углекислоты системой «прорастающие семена – почва».

<sup>4</sup> Полного уничтожения микроорганизмов семян при термообработке произойти не может, но численность должна заметно снижаться.

Было изучено выделение углекислоты из систем, приготовленных на разных субстратах, содержащих живые и умерщвленные семена (табл. 2).

Таблица 2.

**Выделение углекислоты живыми и умерщвленными семенами озимого тритикале сорт «Немчиновский-56» в различных субстратах (почвах) за 2 суток при 22°C, мг CO<sub>2</sub> на г семян**

Субстраты (почвы)	Выделение CO <sub>2</sub> системами «субстрат – семена»		Выделение CO <sub>2</sub> микроорганизмами в системах с живыми семенами	Выделение CO <sub>2</sub> семенами при прорастании в мг CO <sub>2</sub> на г семян и в % от выделения системы
	Живые семена	Мертвые семена		
Песок	10,0	1,25	0,54	9,46 (94,6%)
Дерново-подзолистая почва	11,89	3,84	1,67	10,22 (86,0%)
Серая лесная почва	11,48	4,90	2,13	9,35 (81,4%)
Чернозем	10,31	3,46	1,50	8,81 (85,5%)
Каштановая почва	11,27	3,68	1,60	9,67 (85,8%)

Анализ полученных результатов провели с позиций, во-первых, выделения живыми семенами в 2,3 раза меньшего количества питательных веществ по сравнению с умерщвленными семенами во всех применяемых субстратах, и, приняв, во-вторых, что дыхание микроорганизмов во всех субстратах пропорционально количеству поступающих в них из семян питательных веществ. Эти допущения позволили разделить углекислоту, выделяемую живыми прорастающими семенами в субстрате на два потока – выделяемую семенами совместно с их эпифитными и эндифитными микроорганизмами и выделяемую микроорганизмами почв.

Рассмотрим, как проводили анализ экспериментальных данных и использовали допущения для песка. Системы с живыми семенами выделяют 10 мг/г CO<sub>2</sub>, а с умерщвленными – 1,25 мг/г CO<sub>2</sub>. При этом, если бы мембраны у мертвых семян восстановились (как у живых), то микроорганизмы почв выделили бы CO<sub>2</sub> в 2,3 раза меньше, так как из них вышло бы в 2,3 раза меньше питательных веществ – 0,54 мг/г CO<sub>2</sub>. Вычитая это количество CO<sub>2</sub>, которое должно соответствовать (быть близко) количеству CO<sub>2</sub>, выделяемому микроорганизмами почв в системах с живыми семенами, мы получаем количество CO<sub>2</sub>, выделяемое семенами из систем с живыми семенами – 9,46 мг/г CO<sub>2</sub>, что составляет 94,6%.

Из представленных данных (табл. 2) видно, что в песке по сравнению с почвами вклад микроорганизмов субстратов в общее выделение угле-

кислоты системами «прорастающие семена – субстрат» заметно ниже и составляет около 5%. В дерново-подзолистой почве ~ 14%, в серой лесной почве ~ 19%, в черноземе и в каштановой почве по ~ 14%, что ожидаемо заметно выше из-за меньшего количества микроорганизмов в песке. Относительно небольшая доля углекислоты, выделяемая микроорганизмами при прорастании семян в песке, дает возможность сравнивать посевные качества различных семян путем измерения углекислоты, выделяемой ими в этом субстрате. Однако проведение подобных сравнений при использовании почв может привести к значительным ошибкам из-за заметно большего количества углекислоты, выделяемой микроорганизмами почв.

Полученные данные позволяли оценить влияние используемых стимуляторов на активацию микроорганизмов почв по выделению ими углекислоты, взяв за основу количества углекислоты, выделяемые микроорганизмами в различных субстратах при прорастании в них семян, и используя допущение об аддитивности выделения углекислоты микроорганизмами почв при попадании в почвы выделений из семян и препаратов стимуляторов. Поэтому на следующем этапе исследования было проведено изучение выделения углекислоты живыми и умерщвленными семенами, обработанными суспензией комплексного стимулятора, на основе АПД (табл. 3), который был выбран из-за своей достаточно высокой стимулирующей активности, определенной по выделению прорастающими семенами углекислоты.

Таблица 3.

**Выделение углекислоты обработанными стимулятором семенами озимого тритикале сорт «Немчиновский-56» в различных субстратах (почвах) за 2 суток при 22°C, мг CO<sub>2</sub> на г семян**

Субстраты (почвы)	Выделение CO <sub>2</sub> системами «субстрат – семена»		Выделение CO <sub>2</sub> микроорганизмами в системах с живыми семенами		Выделение CO <sub>2</sub> семенами при прорастании в мг CO <sub>2</sub> на г семян и в % от выделения системы ----- Изменение выделения CO <sub>2</sub> семенами при их обработке стимулятором
	Живые семена	Мертвые семена	За счет питательных веществ из семян	За счет препарата стимулятора	
Песок	10,53	2,69	0,54	1,44	<u>8,55 (81,2 %)</u> - 0,91
Дерново-подзолистая почва	12,47	5,97	1,67	2,14	<u>6,72 (53,9 %)</u> - 3,5

Окончание табл. 3.

Серая лес- ная почва	12,85	5,55	2,13	0,65	<u>10,07 (78,4 %)</u> + 0,72
Чернозем	12,47	4,72	1,50	1,26	<u>9,71 (77,9 %)</u> + 0,90
Каштановая почва	11,89	4,83	1,60	1,15	<u>9,14 (76,9 %)</u> - 0,53

Опять рассмотрим, как проводили анализ экспериментальных данных и использовали допущения для песка. Системы с живыми семенами выделяют  $10,53 \text{ мг/г CO}_2$ , а с умерщвленные –  $2,69 \text{ мг/г CO}_2$ . За счет питательных веществ из семян, как следует из табл. 2, из системы с умерщвленными семенами выделяется  $1,25 \text{ мг/г CO}_2$ , а из системы с живыми семенами –  $0,54 \text{ мг/г CO}_2$ . Следовательно, из системы с умерщвленными семенами за счет стимулятора выделяется  $1,44 \text{ мг/г CO}_2$ . Принимаем, что стимулятор действует на микроорганизмы почв независимо от питательных веществ, выделяемых семенами. Из этого следует, что количество  $\text{CO}_2$ , выделяемое микроорганизмами почв из системы с живыми семенами за счет стимулятора составляет тоже  $1,44 \text{ мг/г CO}_2$ . Тогда из систем с живыми семенами, обработанными стимулятором, семена выделяют  $8,55 \text{ мг/г CO}_2$  ( $10,53 - 0,54 - 1,44 = 8,55$ ), что составляет  $81,2\%$  от выделения углекислоты всей системой. Сравнивая количества  $\text{CO}_2$ , выделяемые семенами из систем с живыми необработанными стимулятором семенами (табл. 2) и с обработанными стимулятором семенами ( $9,46$  и  $8,55 \text{ мг/г CO}_2$ ), мы видим по выделению  $\text{CO}_2$ , что биохимические процессы в семенах несколько замедлились – на  $0,91 \text{ мг/г CO}_2$ .

В полученных данных обращает на себя внимание сходная картина, наблюдаемая для всех субстратов, из которой следует, что при обработке семян препаратом-стимулятором он относительно больше активизирует дыхание систем, содержащих «умерщвленные», а не «живые» семена (табл. 2 и 3). При этом активация препаратом-стимулятором микроорганизмов субстратов наблюдается во всех случаях (табл. 3), а выделение углекислоты самими семенами при их обработке препаратом-стимулятором в песке, дерново-подзолистой и каштановой почве даже снижается.

Таким образом, использование препаратов, которые могут являться питательной средой для микроорганизмов, активизирует их развитие, и по выделению углекислоты из систем «прорастающие семена – субстрат» невозможно сделать никаких выводов о развитии самих семян даже на инертных субстратах (песке).

На следующем этапе исследования было изучено влияние стимуляторов «Альбит» и гумат на выделение углекислоты прорастающими семенами и микроорганизмами при использовании в качестве субстрата дерново-подзолистой почвы (табл. 4).

Таблица 4.

**Влияние различных промышленно выпускаемых препаратов на развитие семян тритикале сорт «Немчиновский-56» в дерново-подзолистой почве и почвенных микроорганизмов за 2 суток при 22°C, мг CO<sub>2</sub> на г семян**

Применяемый для обработки семян препарат	Живые семена, мг CO <sub>2</sub> на г семян	Мертвые семена, мг CO <sub>2</sub> на г семян	Выделение CO <sub>2</sub> семенами и микроорганизмами (мг CO <sub>2</sub> на г семян) за счет выделений из семян и препарата и прирост выделения CO <sub>2</sub> (%)	
			Семена	Микроорганизмы
Без обработки	11,89	3,84	10,22	1,67
Альбит	12,81	4,21 (3,84 + 0,37)	10,77 (5,4%)	1,67 + 0,37 (22,0 %)
Гумат	13,47	4,42 (3,84 + 0,58)	11,22 (9,8%)	1,67 + 0,58 (34,9 %)

Полученные данные свидетельствуют (табл. 3 и 4), что обработка семян стимулятором активизирует микроорганизмы почв в значительно большей степени по сравнению с биохимическими процессами в семенах<sup>5</sup>. Так при использовании препарата «Альбит» выделение углекислоты семенами возрастает на 5,4%, а выделение углекислоты микроорганизмами почв – на 22 %. При использовании для обработки раствора гумата выделение углекислоты семенами возрастает на 9,8%, микроорганизмами – на 34,9%. В некоторых случаях даже наблюдается замедление в семенах биохимических процессов (табл. 3). Последнее может быть связано с наличием в субстратах или самих семенах микроорганизмов-патогенов, активация которых стимулятором может снижать скорость биохимических процессов в семенах.

### Заключение

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что препараты-стимуляторы действуют не только на семена, но и на микроорганизмы почв и, по-видимому, семян, а проявление на семенах их действия на ми-

<sup>5</sup> При этом следует отметить, что активация биохимических процессов в семенах может быть направлена не только на ускорение их развития, но и на борьбу с негативными факторами, в частности, с патогенами.

кроорганизмы заранее предсказать нельзя, так как неизвестно количество патогенов, находящихся в почвах и их реакция на появление стимуляторов.

В связи с этим трудно ожидать, что разработка препаратов-стимуляторов при использовании инертных субстратов без учета результатов взаимодействия этих препаратов с микроорганизмами почв может дать положительные результаты<sup>6</sup>.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 37.8809.2017/8.9.*

### **Список литературы**

1. Алтухов И.В., Федотов В.А. Взаимодействие ИК-излучения различных длин волн на семена пшеницы // Ползуновский вестник, 2011, № 2/1, С. 156–159.
2. Дмитриев А.М., Страцкевич Л.К. Стимуляция роста растений / Под ред. Н.Ф. Батыгина. Мн.: Ураджай, 1986, 118 с.
3. Сечняк Л.К., Киндрук Н.А., Слюсаренко О.К., Иващенко В.Г., Кузнецов Е.Д. Экология семян пшеницы. М.: Колос, 1983, 350 с.
4. Dmytryk A. et al. Innovative seed treatment with algae homogenate // Waste and Biomass Valorization, 2015, 6(4), pp. 441–448.
5. Hussein N H. F., Nail R. C. A., Jabail W. A. Effect of magnetic field on seed germination of wheat // Walailak Journal of Science and Technology (WJST), 2012, Vol. 9, No. 4, pp. 341-345 (DOI: 10.2004/vol10iss1ppaccepted manuscript).
6. Šerá V. et al. New physicochemical treatment method of poppy seeds for agriculture and food industries // Plasma Science and Technology, 2013, Vol. 15, No. 9, p. 935.
7. Аксенова Л.А., Зак Е.А., Бочарова М.А., Клячко Н.Л. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы поверхностно-активными веществами на их прорастание при неблагоприятных условиях // Физиология растений, 1990, 37(5). С. 1007–1014.
8. Алехин В.Т., Сергеев В.Р., Злотников А.К., Попов Ю.В., Рябчинская Т.А., Рукин В.Ф. Альбит на зерновых культурах и сахарной свекле // Защита и карантин растений, 2006, № 6. С. 26–27.
9. Бурмистрова Т.И., Удинцев С.Н., Терещенко Н.Н., Жилиякова Т.П., Сысоева Л.Н., Трунова Н.М. Влияние комплексного препарата гуминовых кислот и микроэлементов на урожайность и устойчивость к болезням яровой пшеницы // Агрохимия, 2011, № 9. С. 64–67.

<sup>6</sup> Аналогичные механизмы должны оказывать влияние на эффективность применения для повышения посевных качеств семян стимулирующих воздействий.

10. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л.: Наука, 1985, 348 с.
11. Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л., Саранцева Н.А., Бобрешова И.Ю., Злотников А.К. Полифункциональное действие препарата Альбит при предпосевной обработке семян яровой пшеницы // *Агрехимия*, 2009, № 10, С. 39–47.
12. Христева Л.А., Галушка А.М. Эффективность применения физиологически активных гумусовых веществ для предпосевной обработки семян // *Теория и практика предпосевной обработки семян*. К.: ВАСХНИЛ, 1984. С. 16–20.
13. Laila K.M. Ali and Elbordiny M.M. Response of Wheat Plants to Potassium Humate Application // *Journal of Applied Sciences Research*, 2009, Vol. 5, No. 9, pp. 1202–1209.
14. Nardi S., Conchery G., Dell' Agnola G. Biological activity of humus. In: *Humic substances in terrestrial ecosystem* /ed. A. Piccolo. Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1996, pp. 361–406.
15. Piccolo A., Celano G., and Pietramellara G. Effects of fractions of coal-derived humic substances on seed germination and growth of seedlings (*Lactuca sativa* and *Lycopersicum esculentum*) // *Biology and Fertility of Soils*, 1993, No. 16, pp. 11–15.
16. Szczepanek M., Wilczewski E. Effect of humic substances on germination of wheat and barley under laboratory conditions // *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 2011, Vol.10, No. 1, pp. 79–86.
17. Обручева Н.В., Антипова О.В. Физиология инициации прорастания семян // *Физиология растений*, 1997, т. 44, № 2. С. 287–302.
18. Федотов Г.Н., Федотова М.Ф. Методика оценки посевных качеств семян. // *Роль почв в биосфере. Труды Института экологического почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова*. М., 2015, № 15. С. 23-42.
19. Федотов Г.Н., Шоба С.А., Федотова М.Ф. Разработка стимулятора для повышения посевных качеств семян на основе автолизата дрожжей // *Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение*, 2017, № 2. С. 3–12.
20. Злотников А.К. Альбит в системе защиты тепличных культур / А.К. Злотников // *Гавриш*. 2016, № 6. С. 66–67.
21. Злотников А.К., Дурынина Е.П., Костина Н.В., Кураков А.В., Янушевская Э.Б., Леонов Н.Н., Подварко А.Т., Злотников К.М. Влияние биопрепарата Альбит на микрофлору почв // *Защита и карантин растений*, 2016, №5. С. 24–26.

### References

1. Altukhov I.V., Fedotov V.A. Vzaimodejstvie IK-izlucheniya razlichnykh dlin voln na semena pshenitsy [Interaction IR radiation of different wavelengths on wheat seeds]. *Polzunovskij vestnik*, 2011, issue 2/1, pp. 156–159.

2. Dmitriev A.M., Stratskevich L.K. *Stimulyatsiya rosta rastenij* [Stimulation of plant growth]. Minsk: Uradzhaj Publ. 1986. 118 p.
3. Sechnyak L.K., Kindruk N.A., Slyusarenko O.K., Ivashhenko V.G., Kuznetsov E.D. *Ehkologiya semyan pshenitsy* [Ecology of wheat seeds]. Moscow: Kolos Publ. 1983. 350 p.
4. Dmytryk A. et al. Innovative seed treatment with algae homogenate. *Waste and Biomass Valorization*, 2015, 6(4), pp. 441–448.
5. Hussein N.H.F., Hail R.C.A., Jabail W.A. Effect of magnetic field on seed germination of wheat. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 2012, 9(4), pp. 341–345 (DOI: 10.2004/vol10iss1ppaccepted manuscript).
6. Šerá B. et al. New physicochemical treatment method of poppy seeds for agriculture and food industries. *Plasma Science and Technology*, 2013, 15(9), pp. 935.
7. Aksenova L.A., Zak E.A., Bocharova M.A., Klyachko N.L. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan pshenitsy poverkhnostno-aktivnymi veshhestvami na ikh prorastanie pri neblagopriyatnykh usloviyakh [Influence of presowing treatment wheat seeds with surfactants on their germination under adverse conditions]. *Fiziologiya rastenij*, 1990, 37(5), pp. 1007–1014.
8. Alekhin V.T., Sergeev V.R., Zlotnikov A.K., Popov YU.V., Ryabchinskaya T.A., Rukin V.F. Al'bit na zernovykh kul'turakh i sakharnoj svekle [Albite on grain crops and sugar beet]. *Zashhita i karantin rastenij*, 2006, No. 6, pp. 26–27.
9. Burmistrova T.I., Udintsev S.N., Tereshhenko N.N., Zhilyakova T.P., Sysoeva L.N., Trunova N.M. Vliyanie kompleksnogo preparata guminovykh kislot i mikroelementov na urozhajnost' i ustojchivost' k boleznyam yarovoj pshenitsy [Influence of humic acids complex preparation and microelements on productivity and resistance to diseases of spring wheat]. *Agrokhimiya*, 2011, No. 9, pp. 64–67.
10. Nikolaeva M.G., Razumova M.V., Gladkova V.N. Spravochnik po prorashivaniyu pokoyashhikh semyan [Guide to dormant seeds germination]. Leningrad: Nauka Publ., 1985. 348 p.
11. Ryabchinskaya T.A., Kharchenko G.L., Sarantseva N.A., Bobreshova I.Yu., Zlotnikov A.K. Polifunktsional'noe dejstvie preparata Al'bit pri predposevnoj obrabotke semyan yarovoj pshenitsy [The multifunctional effect of the Albite during the pre-sowing treatment spring wheat seeds]. *Agrokhimiya*, 2009, No. 10, pp. 39–47.
12. Khrsteva L.A., Galushka A.M. Ehffektivnost' primeneniya fiziologicheski aktivnykh gumusovykh veshhestv dlya predposevnoj obrabotki semyan [Efficiency application physiologically active humus substances for presowing treatment of seeds]. In collected: *Teoriya i praktika predposevnoj obrabotki semyan*. Kiev: VASKHNIL Publ, 1984, pp. 16–20.



13. Laila K.M. Ali and Elbordiny M.M. Response of Wheat Plants to Potassium Humate Application. *Journal of Applied Sciences Research*, 2009, 5(9), pp. 1202–1209.
14. Nardi S., Conchery G., Dell' Agnola G. Biological activity of humus. In: Humic substances in terrestrial ecosystem /ed. A. Piccolo. Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1996, pp. 361–406.
15. Piccolo A., Celano G., and Pietramellara G. Effects of fractions of coal-derived humic substances on seed germination and growth of seedlings (*Lactuca sativa* and *Lycopersicum esculentum*). *Biology and Fertility of Soils*, 1993, No. 16, pp. 11–15.
16. Szczepanek M., Wilczewski E. Effect of humic substances on germination of wheat and barley under laboratory conditions. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 2011, Vol. 10, No. 1, pp. 79–86.
17. Obrucheva N.V., Antipova O.V. Fiziologiya initsiatsii prorastaniya semyan [Physiology of seed germination initiation]. *Fiziologiya rastenij*, 1997, 44(2), pp. 287–302.
18. Fedotov G.N., Fedotova M.F. Metodika otsenki posevnykh kachestv semyan. In: Rol' pochv v biosfere [The estimation technique sowing seeds qualities]. Trudy Instituta ehkologicheskogo pochvovedeniya Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta im. M.V. Lomonosova. Moscow: MSU Publ., 2015, No. 15, pp. 23–42.
19. Fedotov G.N., SHoba S.A., Fedotova M.F. Razrabotka stimulyatora dlya povysheniya posevnykh kachestv semyan na osnove avtolizata drozhzhej [Development of stimulator to improve seed sowing qualities on the basis yeast autolysate]. *Vestnik MGU. Ser. 17. Pochvovedenie*, 2017, No. 2, pp. 3–12.
20. Zlotnikov A.K. Al'bit v sisteme zashhity teplichnykh kul'tur [Albite in system greenhouse crops protection]. *Gavrish*, 2016, No. 6, pp. 66-67.
21. Zlotnikov A.K., Durygina E.P., Kostina N.V., Kurakov A.V., YAnushevskaya E.H.B., Leonov N.N., Podvarko A.T., Zlotnikov K.M. Vliyanie biopreparata Al'bit na mikrofloru pochv [The influence biopreparation Albit on the soil microflora]. *Zashhita i karantin rastenij*, 2016, No. 5, pp. 24–26.

#### ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Федотов Геннадий Николаевич**, ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук  
*МГУ им. М.В. Ломоносова*  
*Ленинские горы, 1, стр. 12, г. Москва, ГСП-1, 119991, Российская Федерация*  
*gennadiy.fedotov@gmail.com*

**Шалаев Валентин Сергеевич**, главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор  
*МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал)*  
*ул. 1-я Институтская, 1, г. Мытищи, Московская область, 141005,*  
*Российская Федерация*  
*shalaev@mgul.ac.ru*

**Батырев Юрий Павлович**, доцент, кандидат технических наук  
*МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал)*  
*ул. 1-я Институтская, 1, г. Мытищи, Московская область, 141005,*  
*Российская Федерация*  
*batyrev@mgul.ac.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Fedotov Gennadiy Nikolaevich**, Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher  
*Lomonosov Moscow State University*  
*1/12, Leninskie Gory, Moscow, GSP-1, 119991, Russian Federation*  
*gennadiy.fedotov@gmail.com*  
*SPIN-code: 1451-7807*  
*ORCID: 0000-0001-8910-3433*  
*Scopus Author ID: 7003630407*

**Shalaev Valentin Sergeevich**, Dr. Sci. (Tech.), Professor  
*Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi branch)*  
*1, 1 Institutskaya Str., Mytishchi, Moscow region, 141005, Russian Federation*  
*shalaev@mgul.ac.ru*  
*SPIN-code: 5763-7761*  
*ORCID: 0000-0002-1815-0176*

**Batyrev Yuriy Pavlovich**, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor  
*Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi branch)*  
*1, 1 Institutskaya Str., Mytishchi, Moscow region, 141005, Russian Federation*  
*batyrev@mgul.ac.ru*  
*SPIN-code: 9653-3096*  
*ORCID: 0000-0002-8621-7766*  
*ResearcherID: C-7621-2017*