

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ИЗУЧЕНИЮ СТИМУЛЯЦИИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН В ПОЧВАХ

Г.Н. Федотов<sup>1</sup>, М.Ф. Федотова<sup>2</sup>, В.С. Шалаев<sup>3</sup>, Ю.П. Батырев<sup>3</sup>, И.В. Горепекин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, Факультет почвоведения

<sup>2</sup>ООО «Почвенно-экологический центр МГУ имени М.В. Ломоносова» (ООО «Экотерра МГУ»), 119992, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 75 Б

<sup>3</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мы-тищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

gennadiy.fedotov@gmail.com

В течение длительного времени при разработке стимуляторов прорастания семян, способных повышать их посевные качества, семена рассматривали как относительно элементарный объект. Способ воздействия на семена выбирался в большинстве случаев эмпирически, а систему семян – воздействие рассматривали как «черный ящик». Такой подход, несмотря на его кажущуюся простоту и перспективность, не позволяет получать значимые и воспроизводимые положительные результаты. Цель работы — оценка выделения углекислоты различными составляющими надсистем субстрат — семена и изучение влияния предпосевной обработки семян стимулятором на выделение углекислоты компонентами надсистем. Проведены сравнительные исследования выделения углекислоты компонентами надсистем при помещении в субстрат живых и мертвых семян. Изучено выделение углекислоты семенами и микроорганизмами субстратов на песке, дерново-подзолистой почве, серой лесной почве, черноземе и каштановой почве. Установлено, что в песке вклад микроорганизмов субстрата в выделение углекислоты заметно ниже, чем в почвах, и составляет около 12 %. Показано, что обработка семян стимулятором приводит к активации развития микроорганизмов почв, включая патогены развития семян. Полученные данные свидетельствуют, что проведение в лабораторных условиях изучения эффективности применения стимуляторов по выделению системами углекислоты при использовании в качестве субстратов реальных почв не представляется возможным из-за большой доли углекислоты, выделяемой микроорганизмами почв, а использование препаратов-стимуляторов необходимо совмещать с применением фунгицидов. Подобные методические и экспериментальные подходы можно использовать для изучения семян лесохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** стимулятор прорастания семян, живые и мертвые семена, потребление выделений из семян микроорганизмами почв, выделяющие углекислоту компоненты почвенной надсистемы

**Ссылка для цитирования:** Федотов Г.Н., Федотова М.Ф., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Горепекин И.В. Применение системного подхода к изучению стимуляции прорастания семян в почвах // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 2. С. 28–34. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-28-34

В течение длительного времени при разработке стимуляторов прорастания семян, способных повышать их посевные качества, семена рассматривали как относительно элементарный объект, на который воздействовали физически или обрабатывали различными веществами. Элементарность семян при подобном подходе состояла в отсутствии детального рассмотрения всех подсистем, входящих в семена. Как правило, ограничивались только строением зерновок. Не рассматривали также системы, в которые входят семена в качестве подсистемы при прорастании. Метод воздействия выбирали в большинстве случаев эмпирически [1–6], а систему семян — воздействие рассматривали как «черный ящик», не имея детальных представлений о механизмах происходящих процессов. Такой подход, несмотря на его кажущуюся простоту и перспективность, не позволял получать значимые и воспроизводимые положительные результаты.

Авторам работы [7] благодаря использованию высокопроизводительной методики, позволяющей получать результаты с ошибкой не более 5 % и

дающей возможность за короткий срок провести большой объем исследований, удалось выяснить, что на песчаном субстрате эндофитные микроорганизмы оказывают положительное влияние на развитие семян. Эти данные коррелировали с существующими представлениями о роли эндофитных микроорганизмов в жизни растений [8, 9]. Стало понятно, что не следует рассматривать семена, их развитие и действие на них стимуляторов в отрыве от состава и развития эндофитов семян.

Однако данный подход тоже нельзя считать исчерпывающим, так как здесь принимаются во внимание только микробиологические подсистемы семян. Очевидно, что необходимо рассматривать и надсистему (почву), включающую развивающиеся семена в качестве подсистемы, и взаимодействие семян с другими подсистемами почв, в первую очередь с почвенными микроорганизмами.

### Цель работы

Весьма важно учитывать влияние почвенных микроорганизмов на развитие семян, поскольку клеточные оболочки при созревании зерновок

частично разрушаются, что обеспечивает на начальном этапе прорастания семян выход в почву через дефекты в оболочках питательных веществ (сахаров, органических кислот и т. д.) [2], которые способны активировать развитие почвенных микроорганизмов в прилегающем к семенам слое почвы. Можно предположить, что подобное свойство семян не является случайностью или «ошибкой природы», а обусловлено эволюцией и направлено на активацию симбиотных семенам микроорганизмов.

Таким образом, при изучении прорастания семян в почвах по выделению из системы углекислоты можно ожидать, что выделение углекислоты связано с:

- прорастающими семенами;
- размножающимися эпифитными и эндофитными микроорганизмами семян;
- микроорганизмами почв, развивающимися на выделенных из семян питательных веществах;
- микроорганизмами почв, не контактирующими с продуктами выделения семян.

Цель работы — оценка выделения углекислоты различными составляющими надсистемы и влияния предпосевной обработки семян стимулятором на выделение углекислоты компонентами надсистем [7].

## Материалы и методы

Для оценки выделения углекислоты прорастающими семенами было необходимо предотвратить (заметно снизить) выделение углекислоты другими частями надсистемы или исключить выделение углекислоты самими семенами. Второй путь проще, так как достаточно убить семена термообработкой [2] перед помещением их в почву. В этом случае основной вклад в выделение углекислоты из надсистемы должны вносить микроорганизмы почв, не получающие питательных веществ от семян, и микроорганизмы почв, развивающиеся на выделенных из семян питательных веществах. Сравнение этих данных с данными о выделении углекислоты почвами без семян и с живыми семенами, прорастающими в почве, дает возможность оценить доли углекислоты, выделяемой разными компонентами надсистемы. При подобном подходе микроорганизмы семян и выделение ими углекислоты может рассматриваться 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 ожидать не очень большого искажения результатов.

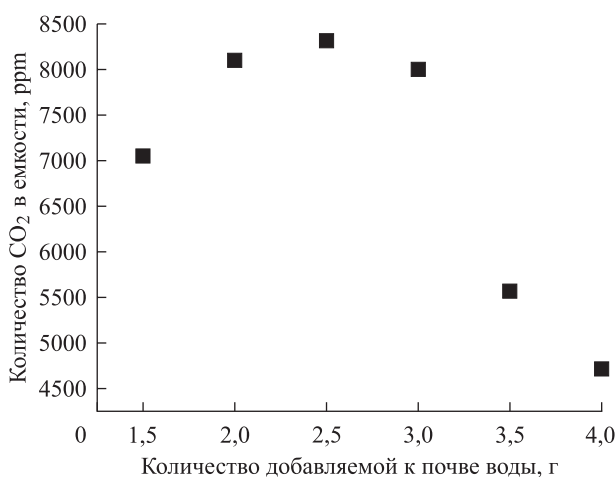
В опытах использовали семена озимого тритикале сорта Немчиновский-56.

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.

В качестве субстрата использовали: сухой отмытый речной песок с размером частиц 0,5...0,8 мм, дерново-подзолистую почву влажностью 22,5 %, серую лесную почву влажностью 21,6 %, чернозем влажностью 33,1 %, каштановую почву влажностью 19,3 %. Навеску воды подбирали для каждого субстрата по максимальному количеству углекислоты, выделяемому системой за двое суток. В качестве примера приведен график, полученный для дерново-подзолистой почвы (рис. 1), по которому 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.

Оптимальные навески воды составляли для используемых субстратов: 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 три литра, которую герметично закрывали. Использовали обычные стеклянные трехлитровые банки, закрывали их пластиком.



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

**Fig. 1.** Influence of the amount added to the glass with 2,5 g of winter triticale seeds Nemchinovsky-56 and with 20 g of sod-podzolic soil with a moisture content of 22,5 % water per day for two days the concentration of carbon dioxide in a three-liter container

выми 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. Емкости термостатировали при температуре 22 °С в камере, в которую входила 21 емкость. Опыты повторяли семь раз с последующей статистической обработкой результатов. Ошибка не превышала 5 % при 95%-ном уровне значимости. В каждой камере один из образцов (7 емкостей) был контрольным. По нему проводили пересчет. Емкости в камере располагали в шахматном порядке, чтобы уменьшить влияние неоднородности распределения температуры. С этой же целью в камеру помещали вентилятор, перемешивающий воздух. Через 48 ч измеряли концентрацию CO<sub>2</sub> в емкостях и рассчитывали количество выделившегося CO<sub>2</sub> на 1 г семян.

Измерение концентрации углекислоты проводили прибором 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 мин до достижения равновесия углекислоты, находящейся в емкости, с углекислотой, адсорбированной на чувствительной части зонда. Ошибка опыта с вероятностью 95 % не превышала 5 %.

Данная методика обладает высокой производительностью, позволяет исследовать в одном опыте порядка 500 семян, что резко уменьшает ошибку экспериментов, связанную с разнокачественностью семян [2].

Состав стимулятора: 100 г/л автолизата пивных дрожжей (ООО «Биотех плюс», Россия), 16 г/л препарата «Бутон» (ООО «ПСК Техноэкспорт», Россия), содержащего натриевые соли гиббереллиновых кислот в количестве 20 г/кг, 5 г/л гумата калия (натрия) из бурого угля (5 г/л), (ООО НВЦ «Агротехнологии», Россия). Обработку семян суспензией данного стимулятора, проводили при расходе 20 л суспензии на 1 т семян. 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 примерно 1 мин до достижения равномерной окраски семян.

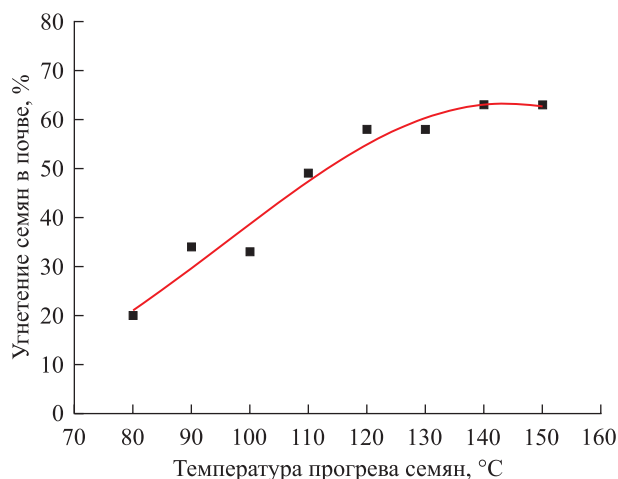
Изучено влияние обработки семян биофунгицидом «Фитоспорин-М» концентрации 100 г/л с расходом 20 л/т семян на изменение во времени длины проростков 7,5 г семян (~200 шт.) при их прорастании в дерново-подзолистой почве по сравнению с необработанными семенами. Опыты проводили, помещая на дно чашки диаметром 95 мм 30 г почвы, затем ровным слоем насыпали 7,5 г семян, а сверху — 30 г почвы. После этого в чашку равномерно добавляли из мерной пипетки 7,5 г воды. Площадь дна используемых чашек (как и навески почвы, семян и воды) была ровно в три раза больше площади дна используемых ранее стаканчиков.

Температурную обработку семян проводили, помещая их в разогретый до заданной температуры сухожаровой шкафа на 1 ч.

## Результаты и обсуждение

На первом этапе 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.

Установлено, что выделение углекислоты за двое суток теми количествами почв, которые используются в опыте (20 г), чрезвычайно мало и не выходит за пределы ошибки эксперимента, поэтому вклад, вносимый этой частью надсистемы в общее выделение углекислоты надсистемой, можно не учитывать.



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

**Fig. 2.** Influence of the heating temperature of the triticale seeds Nemchinovsky-56 on the reduction of the release of carbon dioxide by the sod-podzolic soil system - seeds in comparison with the system containing seeds not subjected to heat treatment

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, которая содержит семена, не подвергавшиеся термообработке, составляет чуть более 60 % максимум. При подъеме температуры наблюдается постепенное снижение выделения углекислоты, а при достижении температуры 120...130 °С выделение углекислоты изменяется незначительно, что можно трактовать как гибель всех биообъектов, способных дышать, т. е. — семян и находящихся на них микроорганизмов (полностью уничтожить микроорганизмы семян при термообработке не возможно, но численность их должна заметно снизиться). Поэтому дальнейшие сравнительные исследования с живыми семенами проводили на контрасте с мертвыми семенами, прогретыми при температуре 140 °С.

Изучено выделение углекислоты из надсистем (субстрат — семена), приготовленных на разных субстратах: одни содержат живые и мертвые семена, не обработанные стимулятором (табл. 1), другие — живые и мертвые семена, обработанные препаратом-стимулятором (табл. 2).

Из данных табл. 1 видно, что в песке вклад микроорганизмов субстратов в выделение углекислоты заметно ниже по сравнению с почвами и составляет около 12 %. В дерново-подзолистой почве этот вклад равен ~32 %, в серой лесной почве ~43 %, в черноземе и в каштановой почве — приблизительно по ~33 %. Следовательно, выделение углекислоты микроорганизмами почв заметно выше выделения углекислоты микроорганизмами песка, по-видимому, из-за меньшего их количества в последнем. При этом трудно говорить об эволюционной обусловленности выделения из семян питательных веществ [2], которые стимулируют симбиотные семенам микроорганизмы в почвах, так как количество выделяемой прорастающими семенами углекислоты во всех изученных почвах значительно меньше по сравнению с песком (см. табл. 1).

Как видно из табл. 1 и 2, для всех субстратов результаты схожи. Следовательно, при обработке семян препаратом-стимулятором он относительно больше активизирует дыхание систем, содержащих мертвые семена, а не живые. 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 и дерново-подзолистой почве даже снижается.

Т а б л и ц а 1

**Выделение углекислоты семенами, не обработанными стимулятором, озимого тритикале сорта Немчиновский-56, в различных субстратах (почвах) за двое суток при 22 °С**

*Exhalation of carbon acid by seeds not treated with a stimulant, winter triticale Nemchinovsky-56, in various substrates (soils) for two day sat 22 °C*

Субстрат (почва)	Выделение CO <sub>2</sub> надсистемой субстрат — семена, мг CO <sub>2</sub> на 1 г семян		Выделение CO <sub>2</sub> семенами при прорастании, мг CO <sub>2</sub> на 1 г семян (доля выделения системы, %)
	Живые семена	Мертвые семена	
Песок	10,0	1,25	8,77 (87,7)
Дерново-подзолистая почва	11,89	3,83	8,06 (67,8)
Серая лесная почва	11,48	4,90	6,58 (57,3)
Чернозем	10,31	3,46	6,85 (66,4)
Каштановая почва	11,27	3,68	7,59 (67,3)

Т а б л и ц а 2

**Выделение углекислоты семенами озимого тритикале сорта Немчиновский-56, обработанными стимулятором, в различных субстратах (почвах) за двое суток при 22 °С**

*Exhalation of carbon acid by seeds of winter triticale Nemchinovsky-56, treated with a stimulator, in various substrates (soils) for two days at 22 °C*

Субстрат (почва)	Выделение CO <sub>2</sub> надсистемой субстрат — семена, обработанные стимулятором, мг CO <sub>2</sub> на 1 г семян		Выделение CO <sub>2</sub> только семенами при прорастании, мг CO <sub>2</sub> на г семян (доля выделения системы, %)
	Живые семена	Мертвые семена	
Песок	10,53	2,69	7,83 (74,4)
Дерново-подзолистая почва	12,47	5,97	6,50 (52,1)
Серая лесная почва	12,85	5,55	7,30 (56,8)
Чернозем	12,47	4,72	7,75 (62,1)
Каштановая почва	11,89	4,83	7,06 (59,4)

Т а б л и ц а 3  
**Активация выделения углекислоты микроорганизмами и семенами (на основании данных, представленных в табл. 1 и 2), мг/г**  
**Activation of carbon acid release by microorganisms and seeds (based on the data submitted in Table 1, 2), mg/g**

Субстрат	Активация микроорганизмов почв		Стимуляция препаратом выделения CO <sub>2</sub>	
	выделениями из семян	выделениями из семян и стимулятором	микроорганизмами	семенами
Песок	1,25	2,69	+1,44	-0,94
Дерново-подзолистая почва	3,83	5,97	+2,14	-1,56
Серая лесная почва	4,90	5,55	+0,65	+0,72
Чернозем	3,46	4,72	+1,26	+0,90
Каштановая почва	3,68	4,83	+1,15	+0,53

### Выводы

Полученные данные свидетельствуют о том, что обработка семян стимулятором во всех случаях активизирует микроорганизмы почв, но не всегда оказывает положительное влияние на ускорение биохимических процессов в семенах. Последнее может быть связано с наличием в субстратах микроорганизмов-патогенов. При их активации стимулятором возможно снижение скорости биохимических процессов в семенах.

Подтвердилось предположение авторов о том, что, использование для обработки семян препаратов-стимуляторов оказывает влияние не только на семена, но и на микроорганизмы почв, а выделение углекислоты из систем субстрат — семена при прорастании последних связано с:

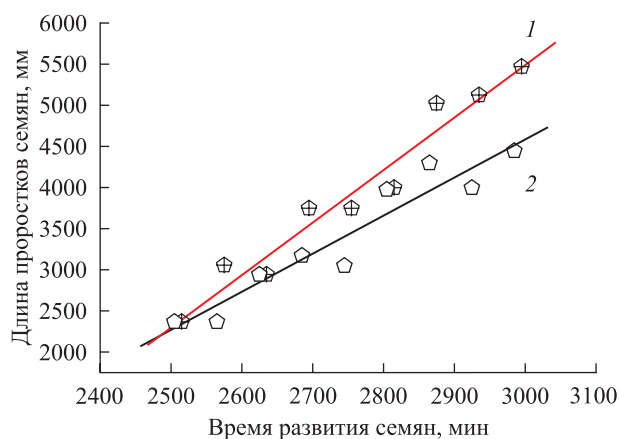
- прорастающими семенами;
- размножающимися эпифитными и эндофитными микроорганизмами семян;
- симбиотными, индифферентными и патогенными микроорганизмами почв, развивающимися на выделенных из семян питательных веществах и на веществах, входящих в состав препарата-стимулятора.

Проводить в лабораторных условиях изучение эффективности применения стимуляторов по выделению системами углекислоты при использовании в качестве субстратов реальных почв не представляется возможным из-за большой доли углекислоты, выделяемой микроорганизмами почв, и большего нарастания выделения угле-

кислоты микроорганизмами почв по сравнению с прорастающими семенами. При проведении подобных экспериментов увеличение выделения углекислоты может не отражать ускорения биохимических процессов, протекающих в семенах.

Активация стимуляторами в почвах микроорганизмов-патогенов развития семян может приводить к угнетению их развития. Особенно сильно подобные процессы могут развиваться на зараженных патогенами почвах или при использовании для посева зараженных семян.

Это предложение подтвердилось в опытах по изучению влияния обработки семян биофунгицидом «Фитоспорин-М» на их развитие в почвах. Обработанные фунгицидом семена в дерново-подзолистой почве развиваются значительно активнее (рис. 3).



**Рис. 3.** Влияние обработки семян тритикале сорта Немчиновский-56 раствором концентрации 100 г/л биофунгицида «Фитоспорин-М» (1) с расходом 20 л/т на увеличение длины проростков 7,5 г семян во времени в сравнении с увеличением длины проростков такой же навески необработанных семян (2) при их прорастании и развитии в дерново-подзолистой почве

**Fig. 3.** The effect of treating Nitchinovsky-56 triticale seeds with a solution of 100 g/l of «Fitosporin-M» biofungicide (1) at a rate of 20 liters per ton to increase the length of seedlings 7,5 grams of seeds in time in comparison with the increase in the length of seedlings is the same weights of untreated seeds (2) upon their germination and development in sod-podzolic soil

В связи с этим использование препаратов-стимуляторов необходимо совмещать с применением фунгицидов, в противном случае можно получить искаженные результаты об эффективности действия стимуляторов. Это касается стимуляции не только препаратами, но и различными физическими воздействиями, так как последние могут оказывать влияние на развитие семян не напрямую, а через изменение выделения из семян питательных веществ, используемых почвенными микроорганизмами, или через угнетение

(активацию) эпифитов или эндофитов семян. Данные предостережения относятся и к употреблению стимуляторов в реальных полевых условиях и к проведению модельных экспериментов при разработке состава препаратов-стимуляторов.

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

## Список литературы

- [1] Дмитриев А.М., Страцкевич Л.К. Стимуляция роста растений / под ред. Н.Ф. Батыгина. Минск: Ураджай, 1986. 118 с.
- [2] Сечняк Л.К., Киндрок Н.А., Слюсаренко О.К., Иващенко В.Г., Кузнецов Е.Д. Экология семян пшеницы. М.: Колос, 1983. 349 с.
- [3] Алтухов И.В., Федотов В.А. Воздействие ИК-излучения различных длин волн на семена пшеницы // Ползуновский вестник, 2011. № 2/1. С. 156–159.
- [4] Кравец А.В., Бобровская Д.Л., Касимова Л.В., Зотикова А.П. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы гуминовым препаратом из торфа // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2011. № 4 (78). С. 22–24.
- [5] Balakhnina T., Bulak P., Nosalewicz M., Pietruszewski S., Wlodarczyk T. The influence of wheat *Triticum aestivum* L. seed pre-sowing treatment with magnetic fields on germination, seedling growth, and antioxidant potential under optimal soil watering and flooding // Acta Physiologiae Plantarum, 2015, v. 37, no. 3, p. 59.
- [6] Šerá V., Gajdvá I., Šerý M., Špatenka P. New physicochemical treatment method of poppy seeds for agriculture and food industries // Plasma Science and Technology, 2013, v. 15, no. 9, p. 935.
- [7] 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.
- [8] Чеботарь В.К., Щербаков А.В., Щербакова Е.Н., Масленникова С.Н., Заплаткин А.Н., Мальфанова Н.В. Эндофитные бактерии как перспективный биотехнологический ресурс и их разнообразие // Сельскохозяйственная биология, 2015. Т. 50. С. 648–654.
- [9] Ryan R.P., Germaine K., Franks A., Ryan D.J., Dowling D.N. Bacterial endophytes: recent developments and applications // FEMS Microbiol Lett, 2007, v. 278. pp. 1–9.

## Сведения об авторах

**Федотов Геннадий Николаевич** — д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, gennadiy.fedotov@gmail.com

**Федотова Магдалина Федоровна** — специалист ООО «Почвенно-экологический центр МГУ имени М.В. Ломоносова» (ООО «Экотерра МГУ»), gennadiy.fedotov@gmail.com

**Шалаев Валентин Сергеевич** — д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал) shalaev@mgul.ac.ru

**Батырев Юрий Павлович** — канд. техн. наук, доцент МГТУ имени Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), batyrev@mgul.ac.ru

**Горепекин Иван Владимирович** — студент факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, gennadiy.fedotov@gmail.com

Поступила в редакцию 28.09.2017.

Принята к публикации 20.12.2017.

## A SYSTEMATIC APPROACH APPLICATION TO THE STUDY OF SEED'S GERMINATION STIMULATION IN SOILS

G.N. Fedotov<sup>1</sup>, M.F. Fedotova<sup>2</sup>, V.S. Shalaev<sup>3</sup>, Yu.P. Batyrev<sup>3</sup>, I.V. Gorepekin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>M.V. Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory, 1, p. 12, Faculty of Soil Science

<sup>2</sup>Soil-Ecological Center of Moscow State University (Ecoterra MSU), 119992, Moscow, Leninskie gory, 1, p. 75B

<sup>3</sup>BMSTU (Mytishchi branch), 1 st. Institut'skaya, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

gennadiy.fedotov@gmail.com

For a long time, in the development of seed germination stimulants capable of raising their sowing qualities, the seeds were considered as a relatively elementary object. The method of influence on seeds was chosen in most cases empirically, and the system «seeds – impact» was considered as a «black box». This approach did not allow obtaining significant and reproducible positive results, despite its apparent simplicity and availability. The aim of this work was to assess the carbon dioxide extraction of various components of the meta-systems «substrate – seeds» and the study of the influence of pre-sowing seed treatment with stimulant on the allocation of carbon dioxide components of the meta-systems. For this, we carried out a comparative study of allocation of carbon dioxide components of the meta-systems when placed in a substrate of live and dead seeds. We have investigated the allocation of carbon dioxide seeds and microorganisms substrates on the sand, sod-podzolic soil, gray forest soil, black soil and chestnut soil. It is established that in sand in comparison with soils the contribution of microorganisms of the substrate to the release of carbon dioxide is significantly lower and is about 12 %. It is shown that seed treatment by stimulant leads to activation of soil microorganisms development, including seed development pathogens. The obtained data shows that the study of the effectiveness of stimulants for the release of carbon dioxide systems in the use of substrates in real soils is not possible due to the large proportion of carbon dioxide released by soil microorganisms, and the use of stimulant drugs necessarily need to be combined with the use of fungicides. Similar methodological and experimental approaches can be used to study the seeds of forest crops.

**Keywords:** stimulator of seed germination, the living and the dead seeds, the consumption of secretions from the seeds by microorganisms of soil, components of soil supersystem that emit carbon dioxide

**Suggested citation:** Fedotov G.N., Fedotova M.F., Shalaev V.S., Batyrev Yu.P., Gorepekin I.V. *Primenenie sistemnogo podkhoda k izucheniyu stimulyatsii prorastaniya semyan v pochvakh* [A systematic approach application to the study of seed's germination stimulation in soils]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 2, pp. 28–34. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-28-34

### References

- [1] Dmitriev A.M., Stratskevich L.K. *Stimulyatsiya rosta rasteniy* [Stimulation of plant growth]. Minsk: Uradzhay Publ., 1986, 118 p.
- [2] Sechnyak L.K., Kindruk N.A., Slyusarenko O.K., Ivashchenko V.G., Kuznetsov E.D. *Ekologiya semyan pshenitsy* [Ecology of wheat seeds]. Moscow: Kolos, 1983, 349 p.
- [3] Altukhov I.V., Fedotov V.A. *Vozdeystvie IK-izlucheniya razlichnykh dlin voln na semena pshenitsy* [The influence of IR radiation with different wavelengths on wheat seeds]. *Polzunovskiy vestnik*, 2011, no. 2/1, pp. 156–159.
- [4] Kravets A.V., Bobrovskaya D.L., Kasimova L.V., Zotikova A.P. *Predposevnyaya obrabotka semyan yarovoy pshenitsy guminovym preparatom iz torfa* [Presowing treatment of spring wheat seeds with humic preparation from peat]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, no. 4 (78), pp. 22–24.
- [5] Balakhnina T., Bulak P., Nosalewicz M., Pietruszewski S., Wlodarczyk T. The influence of wheat *Triticum aestivum* L. seed pre-sowing treatment with magnetic fields on germination, seedling growth, and antioxidant potential under optimal soil watering and flooding. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2015, v. 37, no. 3, p. 59.
- [6] Šerá B., Gajdová I., Šerý M., Špatenka P. New physicochemical treatment method of poppy seeds for agriculture and food industries. *Plasma Science and Technology*, 2013, v. 15, no. 9, p. 935.
- [7] Fedotov G.N., Shoba S.A., Fedotova M.F. *Razrabotka stimulyatora dlya povysheniya posevnykh kachestv semyan na osnove avtolizata drozhzhey* [Development of a stimulant to improve the sowing qualities of seeds based on yeast autolysate]. *Vestnik MGU*, ser. 17 (Pochvovedenie), 2017, no. 2, pp. 3–12.
- [8] Chebotar' V.K., Shcherbakov A.V., Shcherbakova E.N., Maslennikova S.N., Zaplatkin A.N., Mal'fanova N.V. *Endofitnye bakterii kak perspektivnyy biotekhnologicheskiy resurs i ikh raznoobrazie* [Endophytic bacteria as a promising biotechnological resource and their diversity]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2015, v. 50, pp. 648–654.
- [9] Ryan R.P., Germaine K., Franks A., Ryan D.J., Dowling D.N. Bacterial endophytes: recent developments and applications. *FEMS Microbiol Lett*, 2007, v. 278, pp. 1–9.

### Authors' information

**Fedotov Gennadiy Nikolaevich** — Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher of Lomonosov Moscow State University, gennadiy.fedotov@gmail.com

**Fedotova Magdalina Fedorovna** — Specialist of Soil Ecological Center of Moscow State University (Ecoterra MSU), gennadiy.fedotov@gmail.com

**Shalaev Valentin Sergeevich** — Dr. Sci. (Tech.), Professor of BMSTU (Mytishchi branch), shalaev@mgul.ac.ru

**Batyrev Yuriy Pavlovich** — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of BMSTU (Mytishchi branch), batyrev@mgul.ac.ru

**Gorepekin Ivan Vladimirovich** — student of Lomonosov Moscow State University, gennadiy.fedotov@gmail.com

Received 28.09.2017.

Accepted for publication 20.12.2017.