

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН

Федотов Г.Н.¹, Федотова М.Ф.²

¹*Институт экологического почвоведения МГУ*

имени М.В.Ломоносова

gennadiy.fedotov@gmail.com

²*ООО «Почвенно-экологический центр МГУ*

имени М.В.Ломоносова»

В статье описан высокоточный экспресс-метод определения посевных качеств семян. Разработанную методику предлагается использовать для выбора наиболее сильных семян для посева, стимуляторов прорастания семян, фунгицидов и т.д.

Повышение урожайности выращиваемых культур за счет повышения посевных качеств семян при их предпосевной обработке (Строна, 1984) с использованием физических воздействий (Дворник и др., 1985; Дмитриев, Страцкевич, 1986; Крокер В., Бартон Л., 1955; Николаева и др., 1985; Строна, 1984) или биологически активных препаратов потенциально является чрезвычайно перспективным приемом увеличения доходов сельскохозяйственных предприятий. Однако, для внедрения этого приема в практику эффект от обработки должен быть достаточно значимым и воспроизводимым.

Одним из основных условий для успешного проведения исследований по разработке и выбору воздействий и препаратов для стимуляции прорастания семян (БАП) является наличие высокопроизводительной и достаточно простой методики, позволяющей получать статистически значимые результаты с ошибкой не выше 5 % при 95 % уровне значимости. Связано это с достаточно небольшим влиянием стимулирующих воздействий на прорастание семян, величина которых редко превышает 10-15 % (Дмитриев, Страцкевич, 1986), и при большей ошибке метода эффект стимуляции такой величины обнаружить практически невозможно.

В настоящее время при проведении исследований оценку проводят по конечному результату – урожайности (Аврамчук и др., 1989; Алехин и др., 2006; Андрианова, 1996; Бурмистрова и др., 2011; Гоник, 1989; Дворник и др., 1985; Кожухарь и др., 2010; Кравец и др., 2011; Куркина и др., 2010; Наумов и др., 1984; Рябчинская и др., 2009; Хатаева и др., 1993; Христева, Галушка, 1984; Ша-

кирова и др., 2009; Эйгес, 1989), изменению размеров и массы вегетативных органов растений (Аврамчук и др., 1989; Андрианова и др., 1996; Гоник, 1989; Гринев и др., 2011; Наумов и др., 1984; Рахманкулова и др., 2010; Рахматуллина и др., 2007; Рябчинская и др., 2009; Хатаева и др., 1993; Шакирова и др., 2009, 2010; Широких и др., 2007; Эйгес, 1989), по всхожести (энергии прорастания) (Аврамчук и др., 1989; Аксенова и др., 1990; Гоник, 1989; Кабузенко и др., 1989; Наумов и др., 1984; Рогожин и др., 1996; Христева и др., 1984; Чжан и др., 2010; Шакирова и др., 2010) или по физиологическим показателям (активности ферментов, содержанию биологически активных веществ и т. д.) (Андрианова и др., 1996; Гоник, 1989; Кабузенко и др., 1989; Кожухарь и др., 2010; Рахманкулова и др., 2010; Рахматуллина и др., 2007; Хатаева и др., 1993; Христева, Галушка, 1984; Чжан и др., 2010; Шакирова и др., 2009, 2010). Однако, все эти исследования достаточно трудоемки и длительны и требуют от недели (по всхожести) до месяцев (по урожайности) временных затрат.

В результате огромное количество вариантов, возникающих при выборе препаратов, их эффективных действующих концентраций, способов применения и т.п. требует участия большого научного коллектива. В противном случае исследования проводятся по относительно произвольно, «интуитивно выбранным точкам» – БАП, концентрация, параметры процесса обработки семян, культура, сорт и т.д., что сильно снижает достоверность сделанных выводов и вероятность достижения положительного результата.

Наличие высокопроизводительной методики, позволяющей проводить оценку посевных качеств семян с высокой точностью, позволило бы решить ряд актуальных для исследователей, разрабатывающих препараты-стимуляторы, и сельскохозяйственных предприятий задач:

- определять наличие биологической активности у разрабатываемых препаратов, выражающейся во влиянии на прорастание семян;
- выяснять оптимальную концентрацию БАП и состав растворов, обеспечивающих максимальную стимуляцию прорастания семян;
- оценивать сохранение биологической активности разрабатываемых препаратов при их использовании на стандартном оборудовании в условиях реального производства;

- выбрать из имеющихся в наличии или предлагаемых фирмами для закупки семена, обладающие лучшими посевными качествами;
- выбрать из набора фунгицидов препараты, которые не ухудшат посевные качества конкретных семян;
- оценить возможность эффективного использования стимуляторов совместно с фунгицидами на выбранных для посева семенах;
- определить время до посева, за которое можно обрабатывать семена стимуляторами без потери эффекта стимуляции на конкретных семенах.

Можно предлагать и другие варианты использования подобной методики, но уже очевидно, что ее наличие и внедрение в хозяйствах позволило бы осознанно подходить к выбору посевного материала, выбору и разработке препаратов для обработки семян, условий подобной обработки и, как следствие, дало бы возможность поднимать урожайность, используя организационные (всегда самые дешевые) решения, основанные на правильности выбора.

В связи с вышеизложенным целью работы явилось создание высокопроизводительной, простой и точной методики, позволяющей различать семена зерновых культур при отличии посевных качеств более чем на 8-10 %, и оценка с ее помощью качества семян, стимуляторов и способа их применения.

В основу разрабатываемой методики решили положить энергетический подход. Как известно, начало роста при прорастании семян зерновых является результатом процессов, происходящих в два этапа¹, на первом из которых активируется основной метаболизм (усиление дыхания, мобилизация запасных отложений), а на втором активируются процессы, подготавливающие растяжение клеток (Колесова, 2003). Таким образом, посевные качества семян должны коррелировать со скоростью биохимических процессов на стадии прорастания семян, при прохождении которых в семенах должна затрачиваться энергия. Следовательно, при росте скорости активации биохимических процессов должно возрастать количество производимой и потребляемой в семенах энергии. В связи с тем,

¹ Для разных стимуляторов и стимулирующих воздействий предлагаются разные механизмы (Вардапетян, 1970; Дмитриев, Страцкевич, 1986; Николаева и др., 1985; Рапопорт, 1989), но все они тем или иным способом оказывают влияние на активацию метаболизма в семенах.

что энергия в семенах образуется при окислении запасенных органических веществ, возрастание потребления энергии должно приводить к ускорению дыхания семян и возрастанию количества выделяемой ими углекислоты. В результате концентрация углекислоты в замкнутом объеме, в который можно поместить прорастающие семена, должна характеризовать при прочих равных условиях эксперимента² интенсивность прохождения биохимических процессов в семенах. Сравнение количества углекислоты, выделяемой на среднюю зерновку, дает возможность оценивать посевные качества семян.

Наличие в настоящее время приборов, позволяющих за несколько минут с высокой точностью определять концентрацию углекислоты, а также использование в экспериментах сотен семян³ дает возможность создать высокопроизводительную методику, позволяющую получать статистически достоверные результаты.

В работе в качестве объектов исследования использовали семена:

озимой пшеницы сортов «Галина», «Московская 39» и экспериментальный образец озимой пшеницы ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова сорт «Л-15 №222»;

яровой пшеницы сортов «Эстер», «Юбилейная 80», «Злата»;
ярового ячменя сортов «Московский 86», «Нур», «Владимир»;
озимой ржи сортов «Валдай», «Татьяна», «Московская 12»;
озимого тритикале сортов «Гермес», Немчиновский 56», «Нина».

Изучали действие препаратов-стимуляторов («Альбит», «Наногро», «Регоплант», «Фертигрейн старт») и фунгицидов («Тебу 60» и «Раксил ультра»).

Предпосевную обработку семян проводили на модели промышленно применяемого протравителя семян при расходе раствора 20 л на тонну семян, используя рекомендуемые дозы препаратов.

Измерение концентрации углекислоты проводили при помощи прибора «Testo 535», который позволяет определять концентрацию углекислого газа в газовой смеси при содержании 0-9999 ppm.

² К прочим равным условиям эксперимента следует относить количество и вес семян, а также количество воды, которое добавлено к семенам. Последнее связано с тем, что углекислота хорошо растворима в воде, и увеличение количества воды к навеске семян должно приводить к поглощению углекислоты, пропорциональному концентрации углекислоты в сосуде, избыточной водой, уменьшению концентрации углекислоты в сосуде и искажению результатов.

³ Их количество практически не оказывает влияния на производительность метода.

На первом этапе исследования было необходимо выяснить количество семян, количество воды, объем емкостей, температуру и время проведения эксперимента. Последние параметры было необходимо выбрать, основываясь на удобстве работы. В связи с этим эксперименты решили проводить в течение суток при комнатной температуре. Отрабатывали методику на озимой пшенице сорта «Экспериментальная». Семена этой пшеницы достаточно сильно отличаются по размеру и для исследования выбирали средние зерновки. Брали разное количество семян, взвешенных с точностью до 0,01 г, и помещали в 2 стаканчика объемом по 100 мл. После добавления к семенам воды стаканчики с семенами и водой ставили в емкость на 1 сутки. Использовали емкости разного размера. Количество воды было выбрано из данных по содержанию воды в семенах, необходимого для запуска всех биохимических процессов. Как следует из литературы (Обручева и др., 1997), оно составляет около 70 % от веса семян. Брали 2-х кратный избыток.

Из проведенных экспериментов были выбраны условия реализации методики. Следовало использовать емкости объемом 3 литра, помещая в них по 150 семян (75 семян в 1 стаканчик) и 3,75 г воды. Навеску семян контролировали с точностью до 0,01 г. Ошибка опытов при 95 % уровне значимости не превышала 6 %. При использовании емкостей меньшего размера или большего количества семян концентрация углекислоты возрастала за сутки слишком сильно, превышая возможности используемого прибора.

Наряду с экспрессностью, простотой и точностью, делающими данную методику, на наш взгляд, перспективной для сельского хозяйства, был негативный момент, затрудняющий ее внедрение – для использования выбирали средние семена. Подобный отбор, во-первых, требует много времени. Во-вторых, оценивая поведение «средних» зерновок, мы не можем быть уверены, что все зерновки будут вести себя аналогичным образом. В общей массе семян количество «средних» может сильно варьировать. Как следствие, все преимущества предлагаемого варианта методики с отбором «средних» семян исчезают, так как мы не можем давать достоверных прогнозов на поведение всего посевного материала.

Таким образом, результатом выполнения первого этапа работы стало понимание того, что нужно дорабатывать методику, обеспечив переход от количества с определенным весом средних семян к навеске «невыбираемого» семенного материала.

Первые же проведенные эксперименты с навесками несортированных семян показали, что ошибка определения заметно возрастает, но причина этого сначала не была понятна. Однако, в процессе проведения экспериментов обратили внимание на то, что при помещении навески семян в стаканчик с навеской воды не все семена погружались в воду даже при старательных попытках их «притопить». Многие из них продолжали находиться на поверхности воды, причем их количество варьировало достаточно сильно. Это позволило предположить существование гидрофобных свойств у семян.

Для проверки несколько десятков семян аккуратно поместили на поверхность воды. Они продолжали плавать даже через сутки, уже начав прорастать.

Было также отмечено одно весьма интересное свойство семян – при помещении на поверхность воды семена с расстояния 10-15 мм начинают двигаться навстречу друг другу. Причем движение происходит с ускорением, а семена во время движения стараются развернуться, чтобы соприкоснуться концевыми участками. Экспериментальная проверка показала, что точно также себя ведут гидрофобные частицы – кусочки парафина и стеарина.

Данное явление, по-видимому, является следствием капиллярного эффекта. Между гидрофобными частицами уровень воды ниже и частицы начинают двигаться вниз под действием силы тяжести. Чем ближе частицы друг к другу, тем больше глубина «ям» между ними, и тем быстрее они движутся.

Мы предположили, что различие в гидрофобных свойствах семян и, как следствие, в их взаимодействии с водой вполне может обеспечить наблюдаемую невоспроизводимость результатов. Для устранения этого эффекта было необходимо принудительно создать одинаковый контакт семян с водой. Поэтому мы внесли изменение в методику – после помещения в стаканчик семян их засыпали песком, а затем добавляли воду. В этом случае семена контактируют с песчинками, по поверхности которых к ним может поступать вода, и не могут всплывать, меняя поверхность соприкосновения с водой.

При отработке нового варианта методики было изучено влияние навесок семян, воды и песка на концентрацию углекислоты и воспроизводимость получаемых данных. В результате рекомендуемый для использования вариант методики заключается в помещении 5 г семян в 2 пластиковых стаканчика объемом 100 мл (по 2,5 г

в каждый), засыпке в каждый стаканчик по 10 г песка и добавлении по 2,5 г воды. После этого стаканчики помещают в 3 л емкость, которую тщательно закрывают⁴. Для подтверждения правильности выбора времени проведения опыта было изучено изменение концентрации углекислоты в 3 л емкостях во времени для различных культур (рис. 1).

Из полученных данных хорошо видно, что для всех культур в условиях эксперимента происходит изменение скорости выделения углекислоты. Кривые состоят из 2 участков. Начального – более пологого, на котором разные культуры мало различимы между собой. По прошествии 800-900 минут скорость выделения углекислоты возрастает, причем для каждой культуры наблюдается своя скорость выделения углекислоты, и разные культуры хорошо различимы между собой по концентрациям, которые они создают в герметичных емкостях. Полученные результаты позволяют выбрать время проведения эксперимента 16-28 часов. Нижняя граница определяется сменой скорости выделения углекислоты, а верхняя – возможностями используемого прибора и необходимостью проведения экспериментов за минимальное время, а также удобством проведения экспериментов. Время одни сутки удовлетворяет всем перечисленным выше условиям.

⁴ Удобно использовать 3-литровые банки с пластиковыми крышками, в которых вырезают отверстия под зонд прибора. В отверстия крышек изнутри вставляют резиновые пробки. Пробки при измерении выдавливают внутрь банок, и они падают на дно, а на их место вставляют зонд прибора.

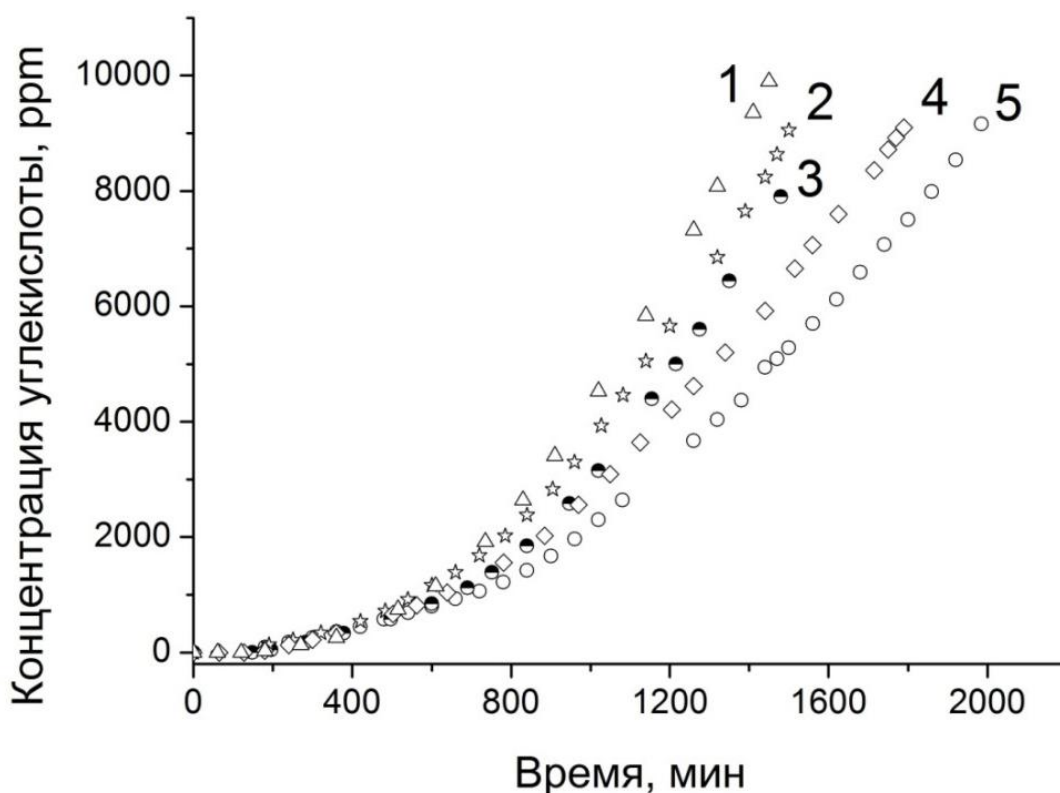


Рис. 1. Изменение концентрации углекислоты во времени в емкостях объемом 3 литра при помещении в них 5 г семян различных культур, 5 г воды и 20 г песка. 1 – яровой ячмень сорт «Нур»; 2 – озимая рожь сорт «Московская 12»; 3 - яровая пшеница сорт «МИС»; 4 – озимый тритикале сорт «Гермес»; 5 – экспериментальный образец озимой пшеницы

Ошибка при проведении эксперимента в соответствии с приведенной методикой не превышает 5 % при 95 % уровне значимости при 6-7 кратной повторности.

Необходимо отметить, что при изучении предлагаемым методом посевных качеств семян и их изменения под влиянием препаратов и различных стимулирующих воздействий необходимо учитывать, что испытания проводят в близких к оптимальным условиям (температура, влажность, отсутствие поллютантов и т.д.). В природных условиях все совершенно иначе – стресс-факторы присутствуют практически всегда. Можно ожидать, что посевные качества семян и величина их изменения будут отличаться при наличии или отсутствии стресс-факторов.

Из этого следует, что испытания по оценке семян и эффективности применения стимуляторов следует проводить не только в условиях, близких к оптимальным, но и при наличии действующих на

семена и развивающиеся из них растения негативных факторов, характерных для условий выращивания.

В ряде работ (Аксенова и др., 1990; Кабузенко и др., 1989; Рахматуллина и др., 2007; Чжан и др., 2010; Шакирова и др., 2010; Широких и др., 2007) изучали воздействие стимуляторов в условиях стресса и некоторые авторы (Аксенова и др., 1990) показали возрастание эффекта от их использования в сравнении с применением в условиях близких к оптимальным для развития семян и растений.

Причины данного явления достаточно очевидны. При отсутствии негативных факторов высвобождаемая из семян с определенной скоростью энергия идет на их развитие, которое осуществляется с максимальной (или близкой к максимальной) скоростью. Стимуляция, как предполагают, происходит за счет увеличения активности или количества ферментов. При высокой активности ферментов скорость реакции лимитирует уже не их активность, а какая-то другая стадия реакции (доставка субстрата или отвод продукта реакции). Поэтому повышение активности или количества ферментов в этом случае не позволяет значительно увеличить скорости выделения энергии и развития семян, последняя из которых в этом случае редко превышает ошибку проводимых экспериментов. При появлении же негативных факторов среды (недостаточная влажность, засоление и т.д.) активность ферментов падает и увеличение их активности или количества при помощи стимуляторов оказывает значительное влияние на развитие семян и растений и, как следствие, на урожайность.

Из всего изложенного выше следует вывод, что изучать посевные качества семян и эффективность стимулирующих препаратов необходимо в условиях, характерных для выращивания конкретных семян или прогнозируемых на период выращивания стрессовых воздействий.

Преимущество предлагаемой методики состоит в том, что с ее помощью можно оценивать посевные качества семян не только в условиях, близких к оптимальным, добавляя к семенам воду, но и в условиях, имитирующих те или иные стресс-факторы, заменив воду соответствующими растворами. Подобные подходы хорошо известны по литературе (Аксенова и др., 1990; Чжан и др., 2010; Шакирова и др., 2009, 2010; Широких и др., 2007). Для имитации засоления часто используют растворы хлорида натрия, а для имитации недостатка влаги – водные растворы полиэтиленгликоля (ПЭГ),

вещества, снижающего доступность воды из раствора, но нетоксичного для растений. «Сила воздействия» стресс-фактора не должна быть чрезмерной, чтобы полностью не угнетать растения, и в то же время она должна быть достаточно велика, чтобы на фоне угнетения можно было увидеть разницу между посевными качествами семян. По предлагаемой методике должно наблюдаться снижение выделения углекислоты в 1,5-2 раза, что соответствует 1 % раствору хлорида натрия или 5 % раствору ПЭГ (рис. 2).

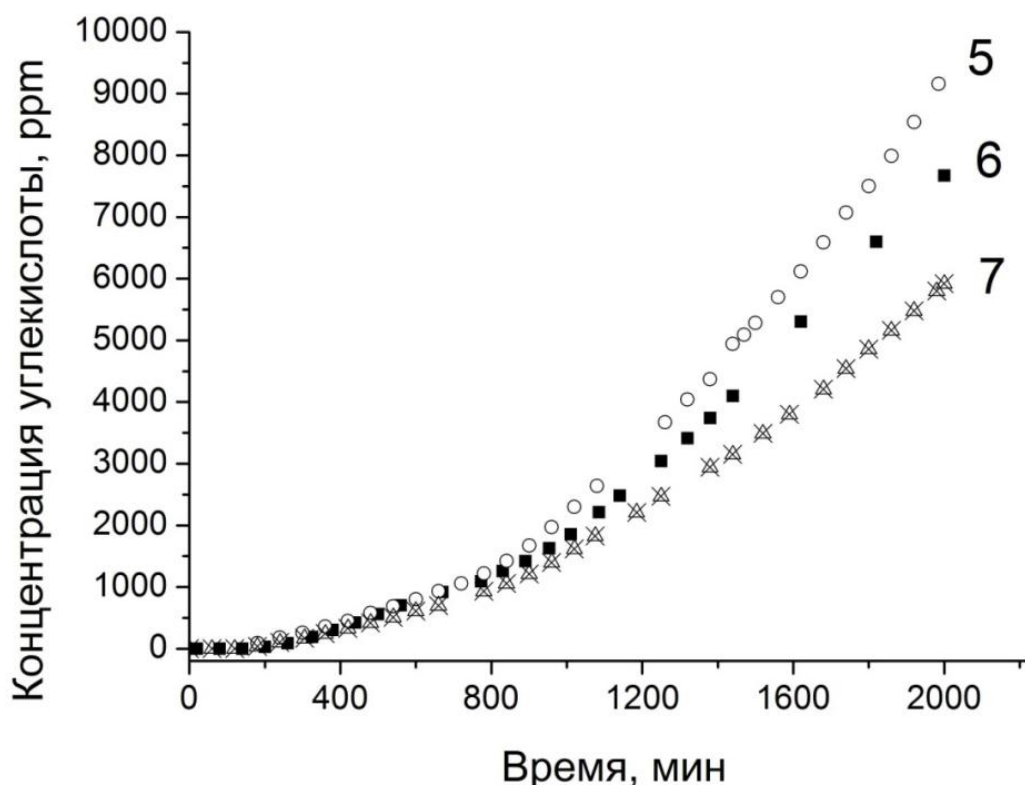


Рис. 2. Изменение концентрации углекислоты во времени в емкостях объемом 3 литра при помещении в них 5 г семян озимой пшеницы ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова сорт «Л-15 № 222», 5 г воды (5) или 5 г 5 % раствора полиэтиленгликоля (6) или 5 г 1 % раствора хлорида натрия (7) и 20 г песка

Из полученных данных хорошо видно, что при использовании растворов, имитирующих действие негативных факторов среды на прорастающие семена, кинетические кривые также состоят из 2-х участков.

Для проверки эффективности применения разработанной методики провели эксперименты по сравнению посевных качеств семян яровой и озимой пшеницы, ячменя, ржи и озимого тритикале

разных сортов в условиях, близких к оптимальным (с водой), в условиях, имитирующих засоление (1 % раствор хлорида натрия) и недостаток влаги (5 % раствор ПЭГ). Сравнивали между собой семена трех сортов каждой культуры, с целью найти в каждой группе (тройке) семена с лучшими посевными качествами. В связи с тем, что посевные качества посевного материала определяются интенсивностью биохимических процессов в средней зерновке, сравнивали выделение углекислоты 1000 семян.

При отсутствии подобной методики задача правильного выбора семян для посева не является простой. Необходимы критерии, которыми следует руководствоваться. Как правило, к подобным критериям относят всхожесть семян, энергию прорастания и массу семян. Причем у качественных семян, которые предлагаются различными фирмами, первые два показателя достаточно высоки и значимо для семян разных сортов могут не отличаться. В результате выбор семян, казалось бы, надо проводить по максимальной средней массе зерновки, полагая – чем крупнее семена, тем они качественней. Однако, подобный подход, как известно из литературы (Эйгес, 1989), оказывается не всегда правильным, и полученные результаты это подтверждают (табл. 1).

Табл. 1. Активность биохимических процессов на начальной стадии прорастания семян в различных условиях

Культура	Сорт	Оптимальные условия, мг CO ₂ на 1000 семян	Засоление, мг CO ₂ на 1000 семян	Дефицит влаги, мг CO ₂ на 1000 семян	Вес 1000 семян, г
Яровая пшеница	Злата	291,5	131,5	159,0	33,27
	Эстер	197,2	84,2	122,9	27,62
	Юбилейная 80	211,9	109,7	131,3	26,70
Тритикале	Нина	518,6	334,2	346,3	51,10
	Гермес	333,0	214,9	243,8	49,03
	Немчиновский 56	339,6	191,1	217,4	40,05
Озимая рожь	Валдай	297,0	166,3	191,7	35,1
	Московская 12	276,1	153,0	170,1	31,74
	Татьяна	331,8	175,6	206,9	31,00
Озимая пшеница	Галина	173,3	120,1	131,2	50,88
	Московская 39	198,0	104,7	127,5	42,25
	Экспериментальная	162,4	103,9	116,3	36,90
Яровой ячмень	Владимир Московский	398,3	226,3	277,4	45,97
	86	445,8	250,0	310,2	45,21
	Нур	395,9	206,6	268,8	40,99

В таблице все культуры расположены по возрастанию веса 1000 семян в сравниваемых «тройках». При этом хорошо видно, что биохимическая активность на начальных этапах развития семян ни для одной культуры полностью не коррелирует с весом семян.

Среди трех сортов яровой пшеницы самыми крупными оказались семена сорта «Злата», затем расположились сорта «Эстер» и «Юбилейная 80». При этом «Эстер» уступает другим сортам по активности биохимических процессов во всех случаях.

В данном случае для посева имеет смысл брать семена сорта «Злата» их посевные качества выше как в условиях, близких к оптимальным, так и при засолении и дефиците влаги. И разница эта весьма заметная.

Весьма интересные данные получены для тритикале. Сорт «Нина» отличается по весу 1000 семян всего на 4 %, но активность биохимических процессов у семян этого сорта выше при всех условиях почти на 30 %. Семена сорта «Немчиновский 56» почти на 20 % легче семян сорта «Гермес», но несколько превосходят их по активности биохимических процессов в условиях, близких к оптимальным, немного уступая в условиях засоления и дефицита влаги.

Озимая рожь сорта «Татьяна», уступая другим сортам по весу 1000 семян, имеет при всех условиях заметно лучшие посевные качества, и для посева следует выбрать именно этот сорт.

Сложность выбора при анализе данных по озимой пшенице состоит в том, что сорт «Галина», имея более крупные семена (20-25 %), уступает по активности биохимических процессов сорту «Московская 39» более чем 10 % при прорастании в условиях, близких к оптимальным. Однако, при прорастании в условиях засоления более, чем на 15 %, превосходит другие сорта. При недостатке влаги несколько уступает другим пшеница сорта «Экспериментальная». Выбирая из этой группы сорт для посева, необходимо руководствоваться предполагаемыми метеоусловиями.

Сравнение результатов, полученных для ярового ячменя, свидетельствует, что лучшими посевными качествами обладает сорт «Московский 86», хотя по весу 1000 семян он несколько уступает сорту «Владимир».

Из представленных данных видно, что разработанная методика позволяет выбрать семена с лучшими посевными качествами в конкретных условиях выращивания. Последнее замечание крайне важно, так как каждый сорт выводился для конкретных условий

выращивания и имеет различную, генетически обусловленную, устойчивость к конкретным стресс-факторам. Поэтому, одни сорта - лучшие в условиях, близких к оптимальным, уступают другим сортам в условиях действия стресс-факторов. Это заметно по уровню снижения активности биохимических процессов для разных сортов при засолении и недостатке влаги по сравнению с условиями, близкими к оптимальным.

На следующем этапе работы была проведена проверка эффективности использования различных применяемых в сельском хозяйстве для обработки семян препаратов в условиях, близких к оптимальным, а также в условиях, имитирующих засоление и недостаток влаги. Результаты приведены в таблице (табл. 2).

Табл. 2. Активность биохимических процессов на начальной стадии прорастания семян озимой пшеницы сорта «Экспериментальная», обработанных используемыми в сельском хозяйстве БАП при различных условиях

Препарат	Количество CO ₂ , мг × 10 ³ на одну зерновку		
	Вода	1 % раствор NaCl	5 % раствор ПЭГ
Контроль (вода)	165	104	116
Наногро	162	109	113
Альбит	164	108	119
Регоплант	168	106	118
Фертигрейн старт	204 (23,6 %)	116 (11,5 %)	134 (15,5 %)

Из представленных данных следует, что обработка препаратами «Наногро», «Альбит» и «Регоплант» в пределах ошибки эксперимента не оказывает значимого влияния на повышение активности биохимических процессов на начальной стадии прорастания семян. То есть, при их применении на этих конкретных семенах эффективность крайне мала.

Использование препарата «Фертигрейн старт» показывает существование заметной стимуляции, которая выше для условий, близких к оптимальным, но заметна также для условий, имитирующих засоление и недостаток влаги (табл. 2).

В условиях, близких к оптимальным, была проведена проверка эффективности использования препарата-стимулятора «Фертигрейн старт» и на других сортах пшеницы (табл. 3).

Табл. 3. Влияние обработки препаратом-стимулятором «Фертигрейн старт» на активность биохимических процессов на начальной стадии прорастания семян пшеницы

Культура, сорт	Препарат	Количество CO ₂ , мг × 10 ³ на одну зерновку
Озимая пшеница сорта «Экспериментальная»	Вода	165
	Фертигрейн старт	204 (24 %)
Озимая пшеница сорта «Московская 39»	Вода	200
	Фертигрейн старт	215 (7,5 %)
Яровая пшеница сорта «Эстер»	Вода	204
	Фертигрейн старт	218 (6,5 %)
Яровая пшеница сорта «Злата»	Вода	290
	Фертигрейн старт	288 (0 %)

Из полученных результатов хорошо видно, что эффективность действия препарата зависит от свойств семян. Чем ниже активность биохимических процессов на начальной стадии прорастания семян, тем выше эффект от применения препарата-стимулятора. Это совпадает с литературными данными. В работе (Дмитриев, Страцкевич, 1986) отмечено, что стимулирующее влияние стимуляторов прорастания зависит от состояния семян, практически не проявляется на сильных и слабых семенах, но оказывает стимулирующее действие на средних семенах.

Проверку пригодности применения методики для определения состава и концентрации растворов провели для выяснения концентрации препарата «Фертигрейн старт» с просроченным сроком годности. Были проведены испытания препарата при повышенных по отношению к рекомендуемой дозах (табл. 4).

Табл. 4. Влияние концентрации препарата-стимулятора «Фертигрейн старт» в растворе, которым обрабатывали семена, на активность биохимических процессов на начальной стадии прорастания семян

Концентрация и характеристики препарата, л / тонну семян	Количество CO ₂ , мг × 10 ³ на одну зерновку
Вода	165
Свежий препарат, 1 (рекомендуется 0,75-1,2)	206
Просроченный препарат, 1,2	170
Просроченный препарат, 1,8	204
Просроченный препарат, 2,4	200

Из полученных данных хорошо видно, что повышение дозы препарата в 1,5 раза по отношению к рекомендуемой дозе полно-

стью восстанавливает эффективность его применения. Дальнейшее повышение дозы уже неэффективно.

Была также проведена проверка влияния снижения поверхностного натяжения применяемых растворов на эффективность использования препарата «Фертигрейн старт». Для снижения поверхностного натяжения и, следовательно, улучшения смачивания семян использовали водные растворы изопропилового спирта (ИПС).

Из полученных данных (табл. 5) следует, что использование водно-спиртовых растворов не повышает эффективность применения препарата «Фертигрейн старт».

Табл. 5. Влияние концентрации изопропилового спирта (ИПС) в растворе препарата-стимулятора «Фертигрейн старт», которым обрабатывали семена, на активность биохимических процессов на начальной стадии прорастания семян

Препарат	Количество CO ₂ , мг × 10 ³ на одну зерновку
Вода	165
Фертигрейн старт	206
Фертигрейн старт + 10 % ИПС	203
Фертигрейн старт + 20 % ИПС	208

Крайне важной характеристикой стимуляторов при обработке ими семян является время сохранения эффекта стимуляции после обработки. Во многих случаях при использовании физических воздействий эффект пропадает очень быстро, поэтому рекомендуют сеять сразу после обработки «из под луча» (Дмитриев, Страцкевич, 1986). Было интересно проверить изменение этой характеристики при использовании препарата «Фертигрейн старт».

Из полученных результатов (табл. 6) хорошо видно, что через неделю после обработки эффект несколько снижается, но остается еще достаточно большим. Это позволяет проводить обработку семян стимуляторами заранее за несколько дней до посева.

Табл. 6. Влияние хранения семян после обработки препаратом-стимулятором «Фертигрейн старт» на активность биохимических процессов на начальной стадии прорастания семян

Характеристика семян	Количество CO ₂ , мг × 10 ³ на одну зерновку
Обработка водой	165
Семена свежеработанные препаратом	206 (25 %)
Семена, хранившиеся после обработки препаратом 5 дней	193 (17 %)

Из полученных данных хорошо видно, что за 5 дней хранения эффект от обработки уменьшается на треть – с 25 % до 17 %. Из этого следует, что лучше использовать свежеработанные семена, но и использование семян, хранившихся 5 дней после обработки, тоже допустимо.

Следует отметить, что по технологии, принятой в сельском хозяйстве, перед посевом проводят обработку семян зерновых культур фунгицидами и обработку семян препаратами-стимуляторами, как правило, совмещают с обработкой фунгицидами. Поэтому представляло интерес выяснение вопроса о сохранении стимулирующего эффекта у препарата «Фертигрейн старт» при его совместном использовании с фунгицидами (табл. 7).

Табл. 7. Влияние обработки препаратами-стимуляторами совместно с фунгицидами на активность биохимических процессов на начальной стадии прорастания семян

Препарат	Количество CO ₂ , мг × 10 ³ на одну зерновку
Вода	165
Фертигрейн старт	204
Фертигрейн старт + Тебу 60	226
Фертигрейн старт + Раксил ультра	230

Из полученных данных видно, что применение препарата-стимулятора «Фертигрейн старт» совместно с фунгицидами «Тебу 60» и «Раксил ультра» повышает активность биохимических процессов на начальной стадии прорастания семян на 35-40 %, в то время, как использование одного препарата-стимулятора «Фертигрейн старт» повышает активность биохимических процессов на 23-24 %.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанная методика позволяет выбирать семена с оптимальными посевными качествами, стимуляторы, повышающие посевные качества семян, а также определять оптимальные условия их применения – концентрацию препаратов, состав растворов, время от обработки до посева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврамчук Н.Г., Бигун Ю.И., Дорощук В.А., Дорошкевич П.П. Эффективность использования ПАБК для предпосевной обработки семян

ярового ячменя / Сб. Химические мутагены и пара-аминобензойная кислота в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. М.: Наука, 1989, с. 123-126.

2. 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, т. 37, № 5, с. 1007-1014.

3. 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.

4. Андрианова Ю.Е., Сафина Н.И., Максютова Н.Н., Кадошникова И.Г. Влияние янтарной кислоты на урожай и качество сельскохозяйственных культур // Агрохимия, 1996, № 8-9, с. 117-122.

5. Бурмистрова Т.И., Удинцев С.Н., Терещенко Н.Н., Жиликова 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.

6. Вардапетян Р.Р. Биохимические механизмы действия гиббереллина на прорастание изолированных зародышей пшеницы. Автореферат дисс. д.б.н. Ереван, 1970, 47 с.

7. Гоник С.А. Изучение действия ПАБК на яровую пшеницу / Сб. Химические мутагены и пара-аминобензойная кислота в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. М.: Наука, 1989, с. 94-98.

8. Гринев В.С., Любунь Е.В., Егорова А.Ю. Рострегулирующая активность бензо-(2,3-*b*)-1,4-диаза- и бензо-1-аза-4-окса-бицикло (3.3.0) октан-8-онов на растениях мягкой пшеницы // Агрохимия, 2011, № 3, с. 46-50.

9. Дворник В.Я., Кавунец В.П., Мищенко В.И. Влияние предпосевной стимуляции семян на урожайность зерновых культур / Сб. научн. тр. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника зерновых и кормовых культур. Л.: Минсельхоз СССР, Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина, 1985, с. 25-29.

10. Дмитриев А.М., Страцкевич Л.К. Стимуляция роста растений / Под ред. Н.Ф. Батыгина. Мн.: Ураджай. 1986. 118 с.

11. Кабузенко С.Н., Блохин В.Г., Копылов Н.И. Влияние биологически активных веществ на прорастание семян и рост проростков культурных растений на фоне засоления / Сб. научн. тр. Регуляторы роста растений. Л.: Минсельхоз СССР, Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина, Всесоюзный НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, 1989, с. 25-29.

12. Кожухарь Т.В., Кириченко Е.В., Кохан С.С. Влияние минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биологическими препаратами на содержание хлорофилла в листьях озимой пшеницы // Агрохимия, 2010, № 1, с. 61-67.

13. Колесова Т.К. Приемы повышения посевных качеств семян пшеницы. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. с-х. наук. Якутск. 2003. 149 с.
14. 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.
15. Крокер В., Бартон Л. Физиология семян. М.: Изд-во Иностран. лит-ры., 1955, с. 157-170.
16. Куркина Ю.Н., Газманов Р.О., Кочетов В.М. Влияние препарата нано-гро на урожайность и качество зерна яровой пшеницы и ячменя // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2010, № 9 (8), вып. 11, с. 59-64.
17. Наумов Г.Ф., Насонова Л.Ф., Подоба Л.В. Эффективность биологической стимуляции семян полевых культур / Сб. научн. тр. Теория и практика предпосевной обработки семян. К.: ЮО ВАСХНИЛ, 1984. с. 20-27.
18. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В. Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л.: Наука, 1985. 347 с.
19. Обручева Н.В., Антипова О.В. Физиология инициации прорастания семян // Физиология растений, 1997, т. 44, № 2, с. 287-302.
20. Рапопорт И.А. Действие ПАБК в связи с генетической структурой / Сб. Химические мутагены и пара-аминобензойная кислота в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. М.: Наука, 1989, с. 3-37.
21. Рахманкулова З.Ф., Федяев В.В., Рахматуллина С.Р., Иванов С.П., Гильванова И.Р., Усманов И.Ю. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы салициловой кислотой на ее эндогенное содержание, активность дыхательных путей и антиоксидантный баланс растений // Физиология растений, 2010, т. 57, № 6, с. 835-840.
22. Рахматуллина С.Р., Федяев В.В., Талипов Р.Ф., Рахманкулова З.Ф. Влияние препарата рифтал на морфобиологические параметры проростков пшеницы при нормальном и дефицитном минеральном питании // Агрохимия, 2007, № 5, с. 42-48.
23. Рогожин В.В., Сабардахова М.Е., Попова А.С. Действие строфантина на прорастание семян / Известия ТСХА, 1996, вып. 4, с. 211-217.
24. 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 // Агрохимия, 2009, № 10, с. 39-47.
25. Сечняк Л.К., Киндрук Н.А., Слюсаренко О.К., Иващенко В.Г., Кузнецов Е.Д. Экология семян пшеницы. М.: Колос, 1983. 349 с.
26. Строна И.Г. Допосевная и предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур / Сб. научн. тр. Теория и практика предпосевной обработки семян. К.: ЮО ВАСХНИЛ, 1984. с. 5-16.
27. Хатаева Л.Ю., Орлова Н.С., Ключкова И.Н., Сулова Т.А., Норичина М.В. Изучение влияния некоторых новых гетероциклических соединений на продуктивность и биохимический состав сортов пшеницы и тритикале

/ Сб. Вопросы генетики и селекции зерновых культур на юго-востоке России, Саратовский сельскохозяйственный институт, 1993, с. 141-147.

28. Христева Л.А., Галушка А.М. Эффективность применения физиологически активных гумусовых веществ для предпосевной обработки семян / Сб. научн. тр. Теория и практика предпосевной обработки семян. К.: ЮО ВАСХНИЛ, 1984. с. 16-20.

29. Чжан Ш, Ван М.И., Ху Л.Я., Ван С.Ш., Ху К.Д., Бао Л.И., Ло И.П. Сероводород стимулирует прорастание семян пшеницы при осмотическом стрессе // Физиология растений, 2010, т. 57, № 4, с. 571-579.

30. Шакирова Ф.М., Нургалиева Р.В., Исаев Р.Ф., Масленникова Д.Р., Фатхутдинова Р.А., Безрукова М.В., Лубянова А.Р., Авальбаев А.М., Сахабутдинова А.Р., Хлебникова Т.Д. Влияние фэтила на гормональный статус растений пшеницы в онтогенезе в связи с устойчивостью к *Tilletia caries* (DC) *Tul* // Агрохимия, 2009, № 3, с. 40-44.

31. Шакирова Ф.М., Сахабутдинова А.Р., Ишдавлетова Р.С., Ласточкина О.В. Влияние предобработки метилжасмонатом на устойчивость проростков пшеницы к солевому стрессу // Агрохимия, 2010, № 7, с. 26-32.

32. Широких И.Г., Абубакирова Р.И., Карпова Е.М., Кучин А.В. Оценка Na-солей суммы тритерпеновых кислот *Abies sibirica* L. В качестве регулятора роста и стресспротектора яровой пшеницы // Агрохимия, 2007, № 1, с. 52-56.

33. Эйгес Н.С. Влияние ПАБК на сорта озимой пшеницы в условиях производственного опыта / Сб. Химические мутагены и парааминобензойная кислота в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. М.: Наука, 1989, с. 38-64.