

Предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур гамма-излучением и анализ причин нестабильной воспроизводимости положительных эффектов в полевых условиях

И.С.Докучаева

Казанский государственный технологический университет, E-mail: 183561@mail.ru

Использование ионизирующей радиации с целью повышения урожая сельскохозяйственных растений привлекает внимание многих исследователей. Вместе с тем в литературе высказываются противоположные мнения относительно выявления эффекта и применения ионизирующей радиации в сельском хозяйстве. [1]

В основе повышения продуктивности сельскохозяйственных растений с помощью ионизирующих излучений лежит явление радиационного гормезиса, то есть «благоприятный эффект, который выражается в стимулирующем действии на организм малых доз радиации». К малым дозам принято относить дозы порядка 10 сГр. Однако хозяйственно-полезный эффект вызывается облучением в дозах 5-50 Гр. Если принять, что за счет естественной радиации семена за год хранения могут получить максимум 0,2-0,3 сГр, то получается, что стимулирующие дозы в сотни тысяч раз превышают естественную облученность. Поэтому, говоря о предпосевном облучении семян, неправильно использовать термин «малые дозы» и строить теорию воздействия этих доз исходя из предположений об усилении необходимого для жизнедеятельности семян естественного фона облучения.

Гормезис относится к эффектам, которые не всегда воспроизводятся на одних и тех же объектах исследования.

Причины этой невоспроизводимости до сих пор не установлены. Кроме того, гормезис, радиостимуляция охватывают далеко не все функции организма, а преимущественно те, которые причастны к накоплению биомассы растений и животных и увеличению их плодовитости, что не означает пользу для организма. Поэтому некоторые исследователи (Ивановский Ю.А. и др.) рассматривают гормезис не как благоприятный эффект, а как класс событий, в которых при действии ионизирующего излучения наблюдается превышение каких-либо жизненных функций, процессов или физиологических параметров над биологической или физиологической нормой, результат «гипервосстановления» от лучевого повреждения. [2]

В отличие от альфа- и бета-излучения гамма-фотоны не имеют заряда и не обладают непосредственным ионизирующим действием. Основными механизмами взаимодействия гамма-излучения с веществом являются:

1. *Фото-эффект.* Гамма-квант (при низкой энергии излучения до 0,05МэВ), взаимодействуя с орбитальным электроном внутренней оболочки атома, полностью передает ему свою энергию, выбивая электрон из электронной орбиты.

2. *Эффект Комптона или комптоновское рассеяние.* Это эффект упругого столкновения гамма-фотонов со слабо связанными орбитальными электронами. Он состоит в том, что гамма-квант (при средних энергиях облучения более 0,2МэВ) передает орбитальному электрону только лишь часть своей энергии, превращается в гамма-квант с меньшей энергией и отклоняется от своего первоначального пути.

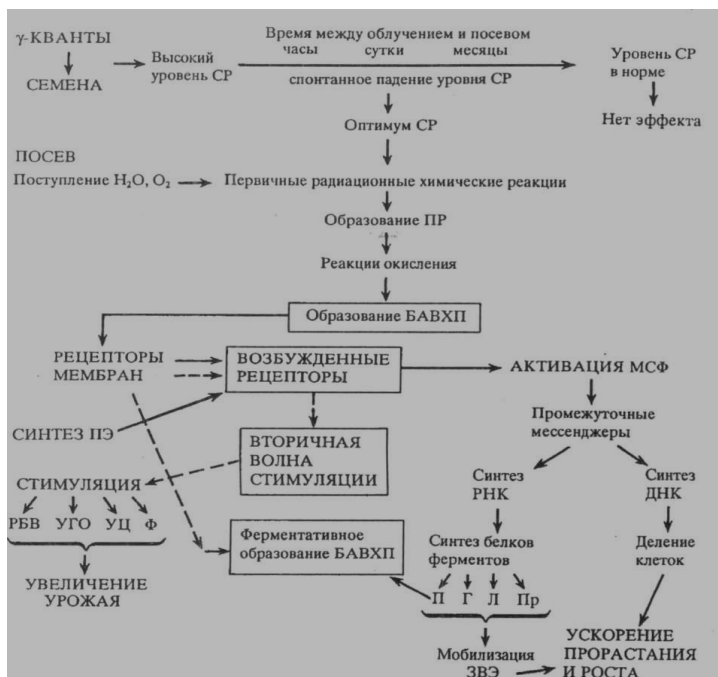
3. *Образование электрон-позитронных пар.*

4. *Ядерный эффект.*

При облучении семян наблюдаются первые два эффекта, для 3 и 4 энергии гамма-квантов недостаточно.

Теория свободных радикалов объясняет радиобиологический эффект не столько прямым действием

поглощенной энергии (как в теории мишени), сколько косвенным, или вторичным, действием высокореакционных продуктов радиолитических веществ, составляющих клетку, и прежде всего, радиолитического воды. Свободные радикалы существуют довольно долго при отсутствии свободной воды, трудности доступа кислорода и температурных воздействий. При набухании облученных семян и начале прорастания происходят многочисленные повреждения внутренних структур, поверхностей раздела фаз, оболочек и мембран, активируется ряд ферментов, (усиливаются окислительные ферментативные процессы, начинается более быстрая мобилизация питательных веществ семени, что и приводит к лучшему прорастанию облученных семян, к ускорению развития проростков и лучшему их укоренению. (рис. 1) [3]



СР — свободные радикалы; ПР — перекисные радикалы; БАВХП — биологически активные вещества хиноидной природы; МСФ — мембрано-связанные ферменты; П — полифенолоксидазы; Г — гидролазы; Л — липазы; Пр — протеиназы; ЗВЭ — запасные вещества эндосперма; РБВ — рост боковых ветвей; УГО — увеличение генеративных органов; УЦ — ускорение цветения; Ф — усиление фотосинтеза; ПЭ — природные эффекторы (фитогормоны, ростовые факторы).

Рис. 1. Схема ведущих процессов в предпосевном облучении семян

Действие ионизирующей радиации на живой организм проявляется непосредственно в тех или иных отклонениях от нормы, а также в отдаленном эффекте действия.

Последствие облучения, проявляющееся в повышении урожайности зерна во втором поколении, обусловлено увеличением колосьев для пшеницы и многопочатковостью для кукурузы. Одним из характерных проявлений отдаленных последствий облучения является ускорение физиологического старения организма. Облученный организм скорее проходит цикл развития и быстрее стареет. По-видимому, эта же закономерность лежит в основе столь раннего цветения и созревания сельскохозяйственных растений, развивающихся из облученных семян.

Уже к середине 20 века сложились противоречивые представления о возможности ускорения развития растений и повышения их продуктивности с помощью ионизирующего излучения. В 1955 г. американский исследователь Спорроу, выступая на Первой международной конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве отмечал, что если задержка роста растения под влиянием радиации вполне очевидный факт, то стимуляция роста – явление спорное. На этой же конференции директор Института биофизики А.М.Кузин сообщил об итогах работ по предпосевному облучению семян в Советском Союзе и перспективах использования радиационных технологий в сельскохозяйственной практике, подчеркивая при этом, что вопрос о стимуляции роста растений под влиянием

гамма-облучения является дискуссионным. В 1968 г. в Вене был созван консультативный совет для решения вопроса о возможности практического использования гамма-облучения семян, на котором с докладом о состоянии вопроса по предпосевному облучению семян за рубежом и в Советском Союзе выступил исследователь из Германии Глюбрехт. В 70-е годы семена ячменя, обработанные гамма-радиацией в лаборатории МАГАТЭ в Зайберсдорфе, были высеяны в 18 странах по всему миру, и результаты этого эксперимента также подтвердили нестабильность положительных эффектов стимуляции. В дальнейшем большая часть зарубежных радиобиологов отказалась от применения стимулирующих доз радиации в практике сельского хозяйства в связи с плохой воспроизводимостью положительных эффектов и сосредоточилась на изучении и использовании радиационного мутагенеза.

В Советском Союзе, напротив, исследования были расширены и направлены на изучение механизма действия радиации и выяснение причин нестабильности вызываемых эффектов. Было показано, что радиостимуляция – это тонкий биологический эффект, который определяется не только значением дозы облучения, но и морфолого-физиологическим состоянием семян, цепью сопутствующих физиолого-биохимических процессов, протекающих в растительном организме и комплексом модифицирующих факторов внешней среды, таких как почвенные, погодные условия, уровень агротехники, фитопатогенная и энтомологическая обстановка во время вегетации и др. В дальнейшем были разработаны специальные методические указания для получения стабильных прибавок урожая и улучшения качества продукции и проведены широкомасштабные производственные испытания новой технологии.

Согласно результатам Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, проводившей в

течение 9 лет испытание приема предпосевного гамма-облучения семян семи видов растений на 53 сортовых участках Московской и Ленинградской областей, Украинской и Латвийской ССР, из 194 опытов лишь в 20 была получена достоверная прибавка урожая, достигающая 10%. Более чем у 25% опытов было отмечено отрицательное действие радиации, хотя снижение урожая не превышало 10%. В остальных опытах влияния облучения на продуктивность растений не отмечали. К аналогичному заключению пришли сотрудники Института физиологии растений АН УССР, проводившие ширококомасштабные испытания на территории Украинской ССР с целым рядом сельскохозяйственных культур. [4]

И.Н.Гудков объясняет причины неудовлетворительной воспроизводимости эффекта увеличения продуктивности сельскохозяйственных растений в полевых условиях при предпосевном облучении семян повышенной чувствительностью проростков к повреждающим воздействиям, и считает ускорение прорастания семян и роста растений, индуцируемое облучением, кратковременным явлением, имеющим место лишь на начальных этапах их развития. При выращивании растений в оптимальных условиях лабораторного или вегетационного опытов, а нередко и в благоприятных полевых условиях, это полученное преимущество может более или менее быстро нивелироваться. В таких случаях, как правило, уже в фазе цветения не удается наблюдать сколь-либо достоверных различий в росте, массе и скорости развития контрольных растений и выросших из облученных семян. [5]

Но если после посева происходит подсыхание почвы, что в полевых условиях является нередким явлением, стимулированные проростки с более длинным корнем оказываются в более благоприятных условиях обеспечения влагой и питательными веществами по сравнению с контрольными. И чем продолжительней окажутся засушливые условия, тем в большей степени может проявиться стартовый эффект стимуляции роста,

индуцируемый облучением, большими будут различия в прохождении фаз развития растений. Относительное увеличение продуктивности растений, выросших из облученных семян, в данном случае, с одной стороны, может быть обусловлено за счет того, что контрольные вырастают неполноценными, а с другой, - того, что при одновременной уборке они окажутся недозрелыми.

Если же стимулированные облучением проростки подвергаются воздействию неблагоприятных факторов среды, например, нередких в весенний период заморозков, воздействию гербицидов, и других, это может привести к более высокой степени их повреждаемости, чем необлученных. В результате наблюдается снижение продуктивности растений.

К повреждающим воздействиям следует отнести и такие, как зараженность почвы бактериальной и грибной флорой, активность которой возрастает при переувлажнении почвы, и к которой стимулированные растения могут оказаться более чувствительными.

Имеются также данные о том, что облучение растений и других организмов не только в высоких повреждающих дозах, но и низких, сопоставимых, со стимулирующими, снижает их иммунитет. Безусловно, это также может быть причиной усиленного повреждения растений болезнями и вредителями.

Таким образом, метод предпосевного облучения семян нельзя рассматривать как естественную стимуляцию жизненных процессов малыми дозами ионизирующей радиации.

Эффективность предпосевного облучения семян в сельскохозяйственной практике в значительной степени определяется трудно контролируемыми погодными особенностями года, поэтому внедрение метода в сельскохозяйственное производство не может дать стабильных положительных результатов.

Литература.

1. Левин, В.И. Агрэкологические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур гамма-лучами: [монография] / В.И. Левин; науч. ред. Н.П. Кузнецов. – М.: ВНИИ «Агроэкоинформ», 2000. – 221 с.

2. Иваницкий, Ю.А. Радиационный гормезис. Благоприятны ли малые дозы ионизирующей радиации? // Ю.А.Иваницкий // Вестник ДВо РАН. – 2006. – № 6. – С.86-91.

3. Кузин, А.М. Идеи радиационного гормезиса в атомном веке / А.М.Кузин. – М.: Наука, 1995. – 158 с.: ил.

5. Гудков И.Н. Анализ причин неудовлетворительной воспроизводимости в полевых условиях стимулирующего эффекта ионизирующей радиации при предпосевном облучении семян сельскохозяйственных культур / И.Н.Гудков // Сельскохозяйственная радиобиология: межвуз. Сб. науч. Тр. – Кишинев, 1989. – С.49-56.

4. Гудков И.Н. Основы общей и сельскохозяйственной радиобиологии. Учебник для вузов. / И.Н.Гудков. – Киев; Изд-во УСХА, 1991. – 328 с.: ил.