

Инновационные технологии в семеноводстве картофеля от *in vitro* до элиты

Площадь посадок картофеля в Казахстане в 2024 году составила 192,5 тысячи гектаров, по сравнению с 2023 годом увеличилась на 4,2 тыс.га, средняя урожайность – 29,0 т/га, среднегодовой объем его производства в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах около 4 млн тонн. Отличительной чертой картофелеводства в республике остается его ориентированность на внутренний рынок.

На современном потребительском рынке отношение к картофелю, как к одному из важнейших и наиболее потребляемых растительных продуктов питания, в последние годы существенно меняется. Среди населения сейчас уже практически не пользуется спросом несортной («рядовой») картофель. Не востребованными становятся и так называемые «универсальные сорта», которые предназначались для использования как на продовольственные цели, так и для выработки крахмала, спирта, а также в качестве корма для сельскохозяйственных животных. Покупатели свежего картофеля все больше заинтересованы в хороших столовых сортах салатного или более рассыпчатого типа с привлекательным внешним видом и красивой выровненной формой клубней, неглубокими глазками и, что особенно важно, нетемнеющей мякотью до и после приготовления. В последние годы возникла необходимость перехода на целевой принцип селекции, то есть создание столовых сортов с высокими потребительскими качествами клубней, а также специальных сортов, наиболее пригодных для переработки на картофелепродукты или для производства картофельного крахмала.

Производство картофеля в республике полностью покрывает потребности населения в товарной продукции. Однако, обеспечение картофелевыращивающих хозяйств высококачественными семенами местных сортов было и остается острой проблемой отрасли, так как не во всех регионах республики имеются семеноводческие хозяйства по производству оригинальных и элитных семян картофеля. Это серьезно сдерживает рост урожайности картофеля, а также эффективное сортообновление и сортосмену. Сказывается устаревшая материально-техническая база семеноводства в целом.

Снижение зависимости от зарубежных поставщиков семенного картофеля может обеспечить, по нашему мнению, лишь более полное обеспечение отечественных производителей картофеля своим качественным и относительно недорогим семенным материалом. Для решения этой задачи необходимо производить достаточное количество исходного материала безвирусного семенного картофеля востребованных сортов и наладить систему репродуцирования исходного материала до уровня «элита» и «1-я репродукция» в количествах, позволяющих обеспечить практически всех нуждающихся в нем производителей продовольственного картофеля.

Для поэтапного перевода оригинального, элитного и репродукционного семеноводства картофеля на современный технологический уровень необходимо объединение усилий государства и производителей семенного

материала. Совместные усилия позволят казахстанским специалистам выйти на такие объемы производства семян картофеля высокого качества, какие требуются для эффективной сертификации на всех уровнях производства семян, модернизировать лаборатории, и как следствие, обеспечить продовольственную безопасность страны.

В этом случае возникает необходимость в каждом элитно-семеноводческом хозяйстве по картофелю проводить работы на уровне меристемных культур. Современные биотехнологические методы способствуют проведению быстрого размножения здорового исходного материала и его практическому использованию в элитном семеноводстве.

Применение в практике элитного семеноводства схемы выращивания элиты на основе абсолютно здоровых клубней и культуры ростковых черенков в сочетании с комплексом агроприемов, ограничивающих распространение инфекционных болезней в полевых условиях, обеспечивает надежное качество элиты и является экономически выгодным для семеноводческих хозяйств, а также для фермеров-картофелеводов.

При многолетнем репродуцировании картофель накапливает болезни, в основном вирусные, которые приводят к его вырождению. От больных растений здоровым вирус передается чаще всего тлями и колорадским жуком и далее переносится из поколения в поколение при вегетативном размножении картофеля.

В настоящее время эта задача наиболее успешно решается в системе безвирусного семеноводства картофеля через применение современных методов оздоровления сортов, клонального размножения меристемных микрорастений, а также использования различных технологий получения оздоровленных мини-клубней в качестве исходного материала для производства супер суперэлитного и элитного картофеля.

В настоящее время единственным эффективным способом производства оздоровленного семенного материала картофеля является метод выделения чистой от фитопатогенов апикальной меристемы, регенерации и микроклонального размножения *in vitro*. Для выполнения этого подхода, работа начинается с отбора наиболее продуктивных, по внешнему виду здоровых растений определенного сорта, который соответствует его характеристике. Затем отобранные растения подвергаются к анализу на предмет содержания в их тканях основных вирусов и вироидов. Безвирусные растения используют как исходный материал для получения культуры меристем.

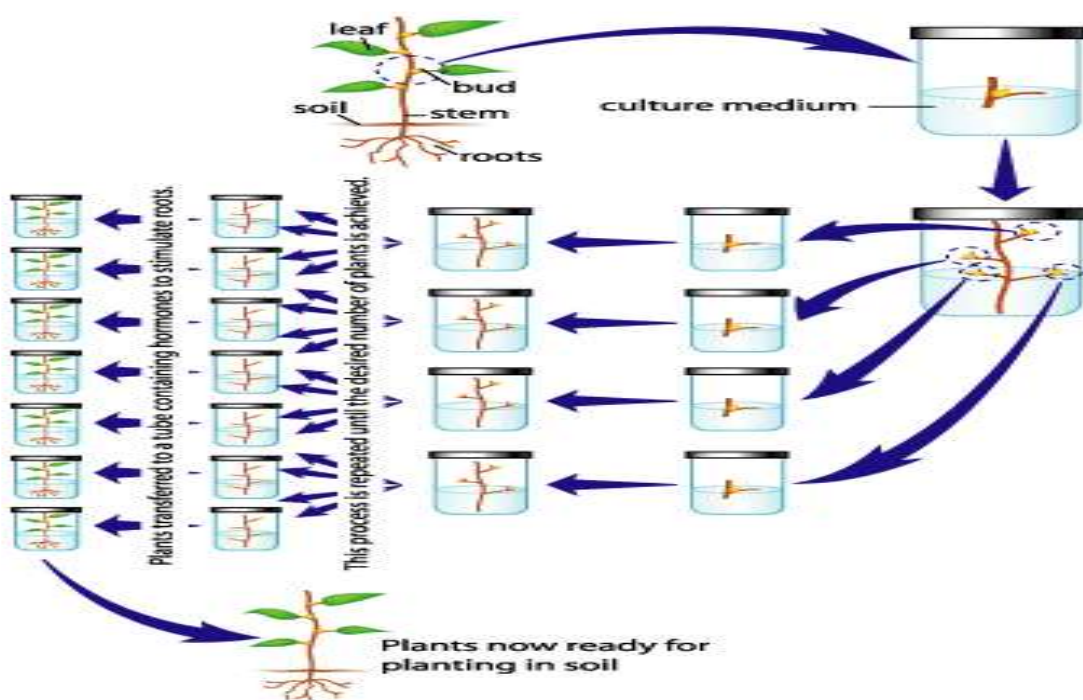
Установлено, что к оздоровлению от бактериальных и грибковых патогенов приводит микроклональное размножение растений, осуществляемое стерильными эксплантами в условиях *in vitro*, в то же время от вирусной инфекции поверхностной стерилизацией материала невозможно освободиться. Применения апикальной меристемы в качестве метода оздоровления зараженных вирусами растений может оказаться малоэффективной. Поэтому, для снижения попадания вирусов в здоровые ткани можно путем сочетания предварительной термо- или хемотерапии исходных растений с культурой апикальной меристемы.

примордиями, размером 500 и более мкм. Но из эксплантов такого размера риск попадания вирусов в здоровые ткани повышен.

После образования проростков длиной 0,3–0,5 см, апикальные меристемы пересаживают на новую питательную среду для стимуляции корнеобразования и роста стебля. При появлении 5–7 листьев эти растения - регенеранты черенкуют, и черенки высаживают на питательную среду.

Исходные *in vitro* микрорастения, полученные на основе введения в культуру базовых клонов размножают до необходимых объемов, проводя несколько циклов черенкований на искусственных питательных средах в течение зимне-весеннего периода в культивационных помещениях (фитотронах). Обычно рекомендуется проводить не более 4-х циклов черенкований в процессе клонального размножения микрорастений, предназначенных для выращивания миниклубней.

От одной стерильной почки можно получить несколько тысяч растений в год (рисунок 5).



Выросшие из меристемы растения проверяются на вирусы методом ИФА и разделяются на отдельные черенки в стерильных условиях ламинар-боксов. Черенки выращиваются в пробирках с питательной средой при специальном освещении на стеллажах-фитотронах (рисунок 6).



Получение *in vitro* микроклубней

Технологический процесс получения *in vitro* микроклубней включает выращивание микрорастений по общепринятой технологии клонального микроразмножения с последующей индукцией клубнеобразования. В применяемых технологиях получения *in vitro* микроклубней существует ряд отличительных особенностей и различных модификаций относительно состава питательных сред, температурных условий и режимов освещения.

В течение 12 суток после черенкования растения выдерживают на обычном 16-часовом фотопериоде и затем на 30-35 дней переводят на короткодневный 10-часовой фотопериод. При выращивании в пробирочной культуре от одного растения обычно формируется 1-2 клубня размером 5-9 мм в диаметре. Последние разработки новых систем показали, что при надлежащем управлении средой и применении специальных методов *in vitro* клубнеобразования существует возможность увеличения числа клубней приемлемых размеров (свыше 9 мм в диаметре). Такие микроклубни могут быть вполне пригодны для прямой высадки в грунт в весеннее-летних теплицах или тоннелях из укрывного синтетического материала (ультрасил, лутрасил, спанбонд и др.).

Выращивание миниклубней

Весной пробирочные растения картофеля высаживаются в летние теплицы-изоляторы, для получения миниклубней, из которых на изолированных участках потом выращивают уже семенные клубни. Летние теплицы-изоляторы покрытые нетканым материалом типа "Агрил" ("Пегас", "Агротекс"), где обеспечивается изоляция картофеля от переносчиков вирусной инфекции – тлей, также не даст растениям перегрева в жаркую погоду (рисунок 7).

На следующий год тепличные ТМК высаживаются на специальном полевом участке, который удален от ближайших посадок картофеля на 2-3 км (питомник 1-го года). На участке соблюдается вся технология выращивания

картофеля с повышенной частотой обработок от вредителей и фитофторы. Два раза за период вегетации проводятся фитоочистки посадок, при которых удаляются все заболевшие растения (Рисунок 8).

Миниклубни могут быть получены из микроклубней или меристемной культуры. Они являются стадией производства безвирусного посевного материала картофеля, разделяющей лабораторные операции и размножение в полевых условиях (рисунок 11).



Рисунок 11 – Производства безвирусного посевного материала картофеля.

В большинстве случаев для выращивания миниклубней используются микрорастения, реже – микроклубни, полученные в культуре *in vitro*.

На основе этих технологий производится около 80% миниклубней, хотя в последние годы заметно повысилась заинтересованность производителей миниклубней в использовании усовершенствованных технологий, основанных на применении гидропонной (водной) и аэропонной (воздушной) культуры. Эти технологии становятся также востребованными, особенно для ускоренного размножения новых и дефицитных сортов (рисунок 12-13).



Рисунок 12. Получение миниклубней на гидропонной установке

В современной практике значительное развитие и применение получили комбинированные аэрогидропонные технологии, где активная аэрация

корневой системы (аэропоника) сочетается с периодическим погружением её в питательный раствор (гидропоника). Это позволяет наилучшим образом оптимизировать условия для роста вегетативной массы, развития корневой системы и клубнеобразования и снизить затраты, вести работы круглый год и уменьшить потери. Обычно размер миниклубней составляет 1,0-1,5 см, что идеально подходит для хранения, перевозки и механизированной посадки.



Выращивание миниклубней должно проводиться при строгом соблюдении фитосанитарных и агротехнических мероприятий, исключающих возможность новых заражений патогенами извне. В среднем за один оборот с площади 500 м² можно получить до 50000 клубней (в среднем 7-8 клубней на 1 растение).

Применение инновационной схемы открывает возможности более производительного использования культивационных помещений и лабораторного оборудования путем получения *in vitro* микроклубней в течение осенне-зимнего сезона (сентябрь-январь) и клонального размножения микрорастений до необходимых объемов в течение зимне-весеннего периода (январь-май) с последующим выращиванием миниклубней в контролируемой среде под защитой от насекомых-переносчиков инфекций в каркасных теплицах – тоннелях из легких укрывных материалов.

Это, в свою очередь, позволяет существенно увеличить производство миниклубней и практически удвоить объем производства супер-суперэлиты стандартного качества и обеспечить повышение рентабельности на 25-30%.

Затем эти миниатюрные растения (суперсуперэлита) депонируют, либо пересаживают в почву теплиц. Необходимо отметить, что пересадка растений-регенерантов в почву является ответственным этапом, завершающим процесс клонального микроразмножения. Из 40 вычлененных меристем за 7–8 месяцев

в культуре *in vitro* можно получить 30–40 тыс. клубней, что достаточно для оздоровления сорта.

Растения, полученные в тепличных условиях, являются суперэлитой, затем они размножаются в суперэлитных маточниках, от них получают элитные растения, которые размножаются в производственных питомниках, полученные от них клубни (посадочный материал) передаются в хозяйства для промышленного производства оздоровленного семенного материала. Однако, через 5–6 лет требуется новый, оздоровленный посадочный материал, так как сорт вновь заражается.

С практической точки зрения в ближайшей перспективе возможность снижения затрат и удешевления стоимости миниклубней может способствовать более широкому применению аэрогидропонных технологий и повысить их привлекательность для производителей оригинального семенного картофеля.

Выращивание первого полевого поколения и супер-суперэлитного картофеля.

Партии миниклубней, полученные в защищенном грунте, высаживают отдельно по фракциям в питомнике первого полевого поколения. Во время вегетации проводят полный комплекс семеноводческих и защитных мероприятий, включая фитосортопрочистки не менее 2-х раз за период вегетации.

Семенные клубни, полученные в питомнике первого полевого поколения из миниклубней, используют на следующий год для выращивания супер-суперэлитного картофеля.

Качество посадок суперэлитного семенного картофеля устанавливают по результатам апробации. Суперэлитный картофель по качеству посадок и качеству клубней должен соответствовать нормативным требованиям стандарта.

Посадки элитного картофеля подлежат апробации. Клубни элитного картофеля, отвечающие требованиям стандарта, используют для реализации семеноводческим предприятиям и хозяйствам с товарным производством картофеля для целей сортообновления и сортосмены.

Для закладки семенных участков используется семенной материал классов элита, первая и вторая репродукции после элиты. Посадки первой и второй репродукций подлежат апробации.

В тоже время оздоровленный семенной материал картофеля при выращивании в открытом грунте быстро поражается вирусной инфекцией, уже на второй-третий год размножения отмечается уровень вирусной инфекции до 50–60%, что инициирует исследовательские работы по защите безвирусного материала от вторичного заражения в полевых условиях.

При размножении картофеля меристемной культурой (*in vitro*) следует учитывать, что не все развивающиеся из меристемы растения обязательно свободны от вирусов, а поддерживающаяся при этом повышенная температура

способствует размножению виридов. Поэтому в процессе меристемного размножения обязательно следует проводить вирусологические анализы. Из-за большой опасности новой инфекции молодые растения картофеля, полученные из меристемы, и в теплицах, и в открытом грунте должны быть защищены от тлей-переносчиков.

Для безвирусного семеноводства картофеля необходима передача селекционными учреждениями «свободного» от вирусов исходного материала семеноводческим хозяйствам. В первичном семеноводстве размножение тесно связано с поддерживающей селекцией. При этом каждый клубень картофеля должен проверяться современными иммуноферментными (ИФА) и молекулярными (ПЦР и др.) методами на заражение вирусами и виридами.

Таким образом, изучение методов воспроизводства семенного материала картофеля с использованием различных биотехнологических способов, наряду с ведением эффективной селекционной работы, является весьма актуальным и целесообразным для решения проблем обеспечения сельхозтоваропроизводителей и населения Казахстана качественным и сертифицированным семенным картофелем.

Только соблюдение перечисленных агроприемов с учетом особенностей хозяйств, условий года, устойчивости сортов и других факторов обеспечивает производство высококачественного оригинального, элитного и репродукционного семенного картофеля в большинстве картофелепроизводящих регионов Казахстана. Несоблюдение рекомендуемого комплекса основных агроприемов является, в свою очередь, серьезной причиной быстрого ухудшения сортовых и семенных качеств в процессе элитного и репродукционного семеноводства картофеля. В этой работе весьма важное значение имеет правильная диагностика зараженности растений.

Учитывая важное значение проблемы повышения качества семенного материала сортов картофеля, в Казахском НИИ плодовоовощеводства разработаны трехлетняя схема семеноводства, технология ускоренного размножения на безвирусной основе и индустриальная технология возделывания семенного картофеля.

Ведется первичное и элитное семеноводство по картофелю на основе биотехнологии. Ежегодно производятся 700-1000 тонн картофеля высших репродукций, которые реализуются элитно-семеноводческим, семеноводческим и товарным хозяйствам. Организационная структура семеноводства (схема): НИУ (оригинальная семена) → элитсемхозы (элита) → семхозы (I, II, III репродукции) → товарные хозяйства и частный сектор.

Первичное семеноводство проводится на основе пробирочных растений *in vitro*, микро- и миниклубней. Оздоровление исходного материала осуществляется методом культуры апикальной меристемы в сочетании с термотерапией. Ежегодно с применением методов биотехнологии культивируются 150-180 тыс. шт. пробирочных растений, из них в открытом и защищенном грунте производятся до 500 тыс. штук миниклубней картофеля.



Ежегодная потребность в семенном картофеле составляет 750-800 тыс. тонн, в т.ч пробирочных растений – 764,0 тыс. шт., супер-супер элиты – 382,0 тонны, суперэлиты – 2,18 тыс. тонн, элиты – 10,91 тыс. тонн, первой репродукции – 40,9 тыс. тонн, второй репродукции – 153,4 тыс. тонн, третьей репродукции – 575,19 тыс. тонн.

Остается непокрытой огромная потребность в семенах более мелких производителей – хозяйств населения (ЛПХ), для которых практически пока еще не создано нормальной системы обеспечения качественным семенным материалом. Каждую весну мелкие товаропроизводители вынуждены покупать семена в основном через посредников по завышенным ценам и чаще всего без всякой гарантии качества и без оформления соответствующих официальных документов, подтверждаемых происхождение и классность семян.

Чтобы повысить конкурентоспособность отечественных сортов на рынке семенного картофеля, требуется серьезное системное усовершенствование производства и обеспечения качества на всех основных этапах семеноводства картофеля.

Казахстан является крупнейшим производителем и экспортером зерновых культур. Можно предлагать еще один вариант экспорта экологически чистой продукции, которая может занять достойное место в списке экспортных культур Казахстана. Этой культурой может стать картофель. При проведении исследования выявлены, что на юге республики можно получать 2 урожая картофеля в год, не затрагивая при этом земли Северного Казахстана, которыми заняты зерновыми культурами.

Эксперт

Сулейменова С.Е.

**Первый заместитель
 Председателя Правления - Ректора**

Ибрагимов П.Ш.