



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Кафедра селекции и семеноводства

Курсовая работа

«Селекция картофеля на устойчивость к вирусным болезням»

Выполнил:
студент 505 группы
агрономического факультета
Вагун И.В.

Проверила:
доц. Буко О.А.

Москва
2007

<http://yadyra.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ТИПЫ УСТОЙЧИВОСТИ.....	4
ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И НАСЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ.....	6
Генетические особенности картофеля.....	6
Вирус Y.....	6
Вирус X.....	8
Вирус скручивания листьев (L).....	9
Вирус M.....	10
Вирус скручивания листьев (ВСЛК).....	11
Вирус S (SBK).....	12
Вирус A (ABK).....	12
Вирус погремковости табака (ВПТ).....	13
Вироид веретенovidности клубней (ВВКК).....	14
Методы испытания вирусостойчивости.....	16
Методы диагностики вирусных болезней.....	17
Методы подбора пар при селекции на комплексную устойчивость к вирусам.....	19
Каталог исходных форм для основных направлений селекции картофеля.....	20
Краткая характеристика родительских форм (линий), включенных в каталог.....	20
Генная инженерия.....	25
СХЕМА СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА.....	25
I. Коллекционный питомник.....	26
II. Родительский питомник.....	26
III. Селекционные питомники.....	29
Питомник сеянцев.....	29
Питомник одноклубневок или гибридов первого года.....	31
Питомник гибридов второго года (гибридов второй клубневой репродукции).....	32
Питомник предварительного испытания.....	32
Питомник основного испытания.....	33
Питомник конкурсного испытания.....	34
Питомник динамического испытания.....	34
Питомник селекционного размножения.....	34
Экологическое испытание.....	35
IV. Производственное испытание.....	35
V. Государственное испытание.....	35
Объемы селекции на разных этапах.....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	40
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	41

ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных факторов ограничивающих производство картофеля не только в нашей стране, но и во всем мире являются вирусные болезни. Использование вирусоустойчивых сортов служит эффективной альтернативой и источником получения здорового семенного материала. Выращивание сортов, устойчивых хотя бы к одному из наиболее вредоносных вирусов (L, Y, X, M) значительно снижает экономические затраты на поддержание сорта в здоровом состоянии. Устойчивость сорта к вирусным болезням определяет его долговечность.

Сложность создания вирусоустойчивых сортов состоит в разнообразии вирусных болезней (крапчатость, морщинистая и полосчатая мозаики, скручивание и закручивание листьев, карликовость, трещины и веретеновидность клубней, сетчатый некроз мякоти клубней и др.), в большом количестве вирусов вызывающих эти болезни (X, Y, L, M, S, A, F и др.) и трудности выделения форм с комплексной устойчивостью к нескольким вирусам. Кроме того, многие вирусы представлены разнообразными штаммами, в природе идет постоянный расообразовательный процесс, хотя и значительно медленнее по сравнению с фитопфторой. Например, к 4 группам штаммов вируса X, описанных Г. Коккерхемом в 1955г. по реакции с определенными генотипами, в 1977г. в Андах был обнаружен новый штамм X_{нв}, преодолевающий устойчивость некоторых иммунных сортов [9].

В 1996 г. обнаружен новый штамм вируса Y – Y^{NTN}, вызывающий некрозы клубней. Образцы с геном R_Y не поражаются этим штаммом [3].

Первые работы по созданию вирусоустойчивых сортов начаты в Германии в предвоенные годы, а наиболее методично проводятся с середины 20-го столетия. Поэтому Германия и ряд европейских стран (Польша, Венгрия, Чехословакия) добились преобладания в их ассортименте вирусоустойчивых сортов.

Селекция сортов устойчивых к вирусным болезням была развернута в нашей стране в 60-е годы, т.е. значительно позднее чем в других странах, что связано с господствующей у нас экологической теорией вырождения картофеля и отрицанием вирусной природы этого процесса.

Первые работы по выделению и созданию исходного материала устойчивого к вирусным болезням были проведены в стране А.Я. Камеразом в ВИРе и И.М. Яшиной в НИИ картофельного хозяйства.

ТИПЫ УСТОЙЧИВОСТИ

Различают несколько типов устойчивости по отношению к вирусам:

1. Иммуниет или крайняя устойчивость (в немецком написании преобладает термин крайняя устойчивость, в английском – иммуниет). У иммунных растений сильно тормозится размножение вирусов, что приводит к почти полному отсутствию внешних признаков заболевания и вирус не диагностируется никакими традиционными методами. Этот тип устойчивости не носит расоспецифического характера, он в основном присущ диким и культурным видам, а также сортам выведенным на их основе. Иммуниет контролируется доминантными генами.

Известны отдельные случаи обнаружения вируса у иммунных растений в корнях и столонах и при тройной прививке (носитель вируса -> испытуемый генотип -> индикатор), что объясняется пассивным передвижением активных вирусных частиц в проводящих системах иммунных растений но не их размножением. При низкой температуре (16°C) и слабом освещении иногда наблюдаются некротические симптомы (точечный или краевой некроз) при инокуляции иммунных к вирусу растений.

Иммуниет обнаружен только к вирусам А, Х и Y.

2. Сверхчувствительный тип устойчивости характеризуется некротической реакцией в ответ на внедрение вирусной инфекции в растение, окружающие ткани отмирают, создавая барьер для дальнейшего распространения вируса и происходит его инактивация. При неполной локализации вируса он проникает во флоэму и распространяется по растению, образуя системные некрозы (некроз верхушки или общий некроз растения), где погибает. Если нет полной гибели вируса, то к некротической реакции присоединяется мозаика. Все типы реакции сверхчувствительности наблюдаются только при искусственном заражении.

Реакция сверхчувствительности у диких видов картофеля защищает от всех штаммов вируса, у культурных сортов имеет расоспецифический характер.

Основываясь на терминологии Ван дер Планка по реакции растений к грибным и бактериальным патогенам различают два типа устойчивости: вертикальная (сверхчувствительная, контролируемая мономерными, доминантными генами) и горизонтальная (полевая, контролируемая полигенами). Х. Росс (1989) предложил объединить иммунную и сверхчувствительную устойчивость в сверхчувствительную. Это связано с тем, что и сверхчувствительность и иммуниет контролируются доминантными генами и в обоих случаях возможна некротическая реакция. Чем интенсивнее реакция, тем сильнее локализована инфекция. При этом различают системную сверхчувствительность,

локализованную сверхчувствительность и крайнюю устойчивость (иммунитет). В первом случае растения часто отмирают после заражения, во втором случае вирус сдерживается в точках внедрения и окружающих клетках и в последнем случае реакция на заражение в основном не проявляется.

Примером системной сверхчувствительности является реакция сорта Алта на заражение вирусом скручивания листьев. У него при заражении ботва некротируется полностью и клубни либо не образуются, либо вырастают очень мелкие. Такой вид устойчивости еще называется интолерантностью. Это надежный тип устойчивости для семеноводства, т.к. приводит к самоэлиминации больных растений.

3. Полевая или относительная устойчивость. Этот тип устойчивости включает такие компоненты как устойчивость к проникновению, распространению и размножению вируса. Все составляющие устойчивости контролируются большим числом малых генов. При этом типе устойчивости заражение происходит, но из-за особенностей сорта идет медленно. В основе этой устойчивости могут лежать морфологические, физиологические и биохимические особенности растений, их возрастная устойчивость и т.д., которые еще недостаточно изучены. Она зависит от уровня инфекции, климатических условий, появления новых штаммов.

Повышение полевой устойчивости вновь создаваемых сортов достигается за счет трансгрессивного действия генов вследствие ступенчатой гибридизации. Сорта с этим типом устойчивости могут сохранить ее в одних условиях и поражаться в других.

Этот тип устойчивости используют в селекции сортов устойчивых к вирусам L, M, Y, но он менее значим в сравнении со сверхчувствительностью и обеспечивает защиту только при низком инфекционном фоне.

4. Устойчивость к переносчикам. Поскольку многие вирусные болезни передаются тлями и другими насекомыми, то было обращено внимание на опушенность растений, т.к. более опушенные меньше поражаются тлями. Найдены дикие виды с сильным опушением железистыми волосками, на которые при контакте прилипают тли и другие переносчики. За счет выделения секретов короткими железистыми волосками сокращается или предотвращается период активности вируса в теле зеленых персиковых тлей при переноске вируса Y.

Ранее в литературе указывался еще один тип устойчивости – **толерантность**. В последние годы его перестали относить к устойчивости, т.к. вирус свободно размножается в таких растениях не оставляя внешних признаков болезни, что затрудняет их браковку в семеноводстве и способствует распространению вируса.

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И НАСЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ

Генетические особенности картофеля

Генетика культурного картофеля характеризуется некоторыми особенностями, обусловленными рядом факторов, среди которых: высокая гетерозиготность селекционных сортов и гибридов, используемых в качестве исходного материала; стерильность многих сортов и отсутствие цветения у некоторых из них; большая площадь питания одного растения; возможность генетической оценки потомства в клубневых репродукциях [2].

Вирус Y

Селекция на устойчивость к вирусу Y основывается на крайней устойчивости, сверхчувствительности и полевой устойчивости.

Крайняя устойчивость (иммунитет) к вирусу Y обнаружена у отдельных образцов видов *S. stoloniferum*, *S. chacoense*, *S. commersonii*, *S. spectabile*, *S. pinnatisectum*, *S. polyadenium*, *S. polytrichon*, *S. catarrhifolium*, *S. maculatum*, *S. magliana*, *S. etuberosum*, *S. bulbocastanum*, *S. verrucosum*, *S. vernei*, *S. fendleri*, *S. wittmackii*, *S. andigenum* [3].

Наиболее широко использовались в селекции *S. stoloniferum* и *S. chacoense*. На основе вида *S. stoloniferum* во ВНИИКХ созданы иммунные к вирусу Y сорта: Брянский ранний, Голубизна, Ресурс, Сокольский, Эффект, а на основе *S. chacoense* – Пересвет и Никулинский.

За рубежом на основе *S. stoloniferum* созданы следующие Y-иммунные сорта, внесенные в официальные списки: Сантэ (Голландия); Бекас, Бзура, Бобр, Брда, Пилица, Сан, Цеза (Польша); Мадьяр роза, Сигнал (Венгрия); Барбара, Бизон, Вега, Кордия, Пиррола, Фанал, Форелле, Франзи, Хейдрун, Эста (Германия). Эти сорта представляют 3-7-ое поколение беккроссов F₁ с культурными сортами.

У *S. stoloniferum* иммунитет ко всем штаммам контролируется одним доминантным геном и наследуется дисомически. Разная степень устойчивости зависит от действия самостоятельных генов: ген R_Y определяет крайнюю устойчивость, R_{Yn} – сверхчувствительность (локальные некрозы, некроз верхушки), R_{Ym} – сверхчувствительность типа системного некроза плюс мозаика (практического значения не имеет, т.к. инактивация вируса в некрозах идёт медленнее, чем размножение), гу –

восприимчивость. Гены более сильной устойчивости доминируют над генами более слабой устойчивости в следующем порядке: $R_Y > R_{Yn} > R_{Ym} > r_y$.

Тетраплоидные гибриды и сорта, полученные на основе *S. stoloniferum* (Бизон, Фанал) содержат ген R_Y в большинстве случаев в симплексном состоянии ($R_Y r_y r_y r_y$) и показывают в потомстве от скрещивания с неустойчивыми сортами отношение устойчивых к неустойчивым 1:1 и при самоопылении 3:1 [3].

В большинстве случаев растения иммунные к вирусу Y также иммунны к вирусу A , что объясняется плейотропным действием гена R_Y . Крайняя устойчивость к вирусу Y у *S. andigenum* и сортов от него происходящих контролируется одним доминантным геном R_Y *adg*, и он не защищает от вируса A .

Наследование сверхчувствительности у диких видов *S. chacoense* и *S. commersonii* также контролируется одним доминантным геном (R_{Yn}). В потомстве от самоопыления экспериментальных аутотетраплоидных форм *S. chacoense* наблюдалось расщепление 3:1, 35:1 а при скрещивании с сортами 5:1. В двух последних случаях испытываемые образцы имели ген в дуплексном состоянии. При самоопылении диплоидного вида *S. commersonii* отмечалось расщепление 3:1 [3].

У отдельных форм *S. chacoense* обнаружен ген N_Y , контролирующей реакцию некроза верхушки к определенным группам штаммов вируса Y . Предполагается, что он сцеплен с геном N_X , контролирующим сверхчувствительность к отдельным штаммам вируса X .

У *S. demissum* и *S. simplicifolium* сверхчувствительность также контролируется геном N_Y , наследуется дисомически и имеет расспецифический характер.

Генетический контроль сверхчувствительности у *S. tuberosum* сходен с такими диплоидными видами как *S. simplicifolium*, *S. rubinii* и контролируется геном N_Y , но он защищает только от обычного штамма Y (Y^0). К некротическим штаммам (Y^0) контроль осуществляется геном N_C . Сверхчувствительность к вирусу Y у сортов *S. tuberosum*, контролируемая генами N_Y и N_C не представляет селекционной ценности, т.к. она расспецифична и при большой инфекционной нагрузке наблюдается системный некроз, или полная гибель.

Полевой устойчивостью к вирусу Y обладают следующие сорта, включенные в Реестр селекционных достижений РФ: Аркадия, Каратоп, Космос, Лотос польский, Марына, Монолиза, Фрегата, Фреско. Из российских сортов полевую устойчивость имеют: Волжанка, Камераз, Лорх, Лошицкий, Любимец, Невский и др. Согласно каталогу сортов белорусской селекции к этому вирусу устойчивы: Атлант, Белорусский-3, Верас, Гарант, Дельфин, Дина, Жиница, Орбита [3].

Полевая устойчивость контролируется полигенами.

Вирус X

Иммунитет к вирусу X обнаружен у образца *S. acatile*, *S. andigenum*, *S. sucrense*. Он также выявлен у американских сортов на основе чилийского образца *S. andigenum* – Атлантик, Джемонт, Карлтон, Рилайс, Сакко, Тава, Шошони и немецких, происходящих от *S. acaule* – Агути, Азия, Анетт, Барбара, Инта, Мони, Натали, Сафир, Серрана, Ута [4].

Иммунитет у *S. acaule* контролируется одним доминантным геном R_x и его наследование идет по типу дисомии. Различная степень устойчивости определяется действием аллеломорфных генов. Ген R_x по номенклатуре X. Росса контролирует иммунитет ко всем штаммам вируса, ген R_{xp} — сверхчувствительность ко всем штаммам, ген R_{xm} – образование некрозов с присоединяющейся мозаикой и ген gx – восприимчивость. Гены более сильной устойчивости доминируют над генами более слабой устойчивости в следующем порядке: $R_x > R_{xp} > R_{xm} > gx$.

В 1977 г. в Боливии был обнаружен штамм X_{nb} , преодолевающий иммунитет у *S. acaule*, *S. andigenum* и сортов на их основе. Иммунные образцы к этому штамму обнаружены среди гибридов *S. sucrense* (ОСН 11926). Поскольку штамм пока не встречается в Европе использование иммунных образцов на основе *S. acaule* и *S. andigenum* обеспечивает полную защиту.

Наследование иммунитета у *S. andigenum* изучалась голландским учёным Х. Вирсемой (1955) в потомстве клона СРС 1676 и показано, что он контролируется одним геном и наследуется тетрасомически. В последствии Д. Кокерхем дал ему название R_x [3].

На основе чилийского образца *S. andigenum* f. *villaroola* в Америке был создан сеянец 41956, иммунитет которого контролируется двумя доминантными, комплементарными генами, что было установлено Ф. Стивенсоном с соавторами в 1939 г. Эти исследования показали, что при скрещивании двух неустойчивых форм можно получить устойчивый гибрид. В дальнейшем изучение наследования устойчивости у его потомка сорта Сако, проведённое в НИИ картофельного хозяйства, подтвердило, что иммунитет контролируется двумя комплементарными генами. В потомстве от самоопыления сорта Сако наблюдалось расщепление на устойчивые и неустойчивые 9:7, что свидетельствует о том, что он имеет симплексный генотип по обоим генам — $Aaaa Bbbb$.

У сортов *S. tuberosum* сверхчувствительных к вирусу X обнаружено два доминантных гена Nx и Nb , определяющих некроз верхушки при прививке на заражённый подвой. Эти гены защищают только от определённых штаммов вируса. Английский исследователь Д. Кокерхем разделил штаммы вируса X на 2 группы – X и B по реакции на

определённых сортах картофеля и классифицировал их на четыре группы на основе взаимоотношения с генами N_x и N_b . Комбинация генов N_x и N_b не обеспечивает полной защиты от вируса X, поскольку они поражаются штаммами четвертой группы, но к счастью эти штаммы почти не встречаются. Оба гена наследуются тетрасомически и большинство изученных сортов являются симплексами по этим генам. Эти гены содержат многие европейские и американские сорта. Часто ген N_x сцеплен с генами N_a и N_c , контролирующими устойчивость к вирусу A и Y.

Сходный генетический контроль сверхчувствительности обнаружен у диких видов *S. brevimicrodontum*, *S. chacoense*, *S. saltense*, являющихся носителями гена N_x , сцепленного с геном N_a .

Полевой устойчивостью к вирусу X, контролируемой полигенами, обладают следующие российские сорта: Агрономический, Бульба, Волжанин, Детскосельский, Камераз, Любимец, Янтарный и др. Из белорусских сортов полевую устойчивость имеют: Белорусский-3, Верас, Гранат, Дельфин, Лазурит, Скарб, Сузорье, Явор [3].

Вирус скручивания листьев (L)

Селекция на устойчивость к этому вирусу основывается только на полевой устойчивости и интолерантности.

Устойчивые образцы выделены среди следующих видов: *S. acaule*, *S. andigenum*, *S. demissum*, *S. berthaultii*, *S. chacoense*, *S. raphanifolium*, *S. brevidens*, *S. etuberosum*, *S. fernandezianum*, *S. phureja*, *S. microdontum*, *S. hangassi*, *S. spgazzinii* [3].

Полевая устойчивость к вирусу L контролируется полигенно. В потомстве от самоопыления видов *S. demissum*, *S. chacoense*, *A. acaule*, *S. andigenum* наблюдалось не более 2% устойчивых растений. При скрещивании устойчивых клонов между собой число устойчивых повышалось до 9%. Комбинация 3-4-х устойчивых родителей ведёт к ещё большему количеству устойчивых потомков, т.е. наблюдается явление трансгрессии. Так, при скрещивании четырёх видов удалось получить до 40,8% устойчивых потомков.

Устойчивость диких видов *S. berthaultii*, *S. fendleri*, *S. simplicifolium* носит характер интолерантности или системной сверхчувствительности. Наличие такого типа устойчивости отмечено также у сортов Апта, Ида, Кама, Карла, Монза, Седира, которые при заражении вирусом L либо совсем не образуют клубни, либо дают нитевидные ростки, т.е. самоуничтожаются. Такой тип устойчивости контролируется одним доминантным геном NL и модифицируются малыми генами.

Показано, что многие сорта, происходящие от *S. demissum* имеют полевую устойчивость к вирусу L: Аквила, Амзель, Антинема, Биния, Хес-сенкроне, Швальбе, Шпац и др. Сорта, происходящие от *S. acaule* (Сафир) и *S. andigenum* (Антинема,

Фортуна) также устойчивы к вирусу скручивания листьев. Большие надежды на *S. acaule*, как источник устойчивости к L вирусу, возлагают в Международном центре по картофелю (Лима, Перу), используя для работы с ним популяционную рекуррентную селекцию. На основе этого образца получены пентаплоидные гибриды с расщеплением по устойчивости характерным для одного доминантного гена. Поскольку при механической инокуляции и прививке некрозы на растениях отсутствовали, предполагается, что это новый тип устойчивости к размножению вируса L.

По данным В.В. Сеницына (1986), среди 92 сортов в условиях Московской области высокой устойчивостью к этому вирусу отличались сорта: Адретта, Амекс, Войсен, Дорита, Швальбе; относительной устойчивостью - Алькмария, Анетт, Ганнибал, Ева, Лео, Мариэлла, Миранда; устойчивостью - Богна, Брда, Ирга, Лотос и диплоидный клон DW 84-1457 от *S. gaphanifolium*. Согласно каталогу белорусских сортов к устойчивым отнесены: Аксамит, Атлант, Гарант, Гранат, Живица, Явар, Яхант.

Вирус M

По отношению к этому вирусу не найдено иммунных и сверхчувствительных (с локальными некрозами) образцов среди диких видов. Образцы с высокой полевой устойчивостью имеются среди видов серии *Commersoniana* (*S. tarjense*, *S. chacoense*, *S. commersonii*). Наследование этой устойчивости контролируется полигенами. Число устойчивых в зависимости от инфекционной нагрузки колеблется от 1,4 до 4,1% и для выявления восприимчивых растений после искусственного заражения требуется длительный инкубационный период.

В исследованиях М. Дзивоньской с соавторами в Польше выделены образцы *S. megistacrolobum* (EB 1787), *S. stoloniferum* (EBS 2630) с реакцией системной сверхчувствительности типа интолерантности. Ген Nm, ответственный за эту реакцию, наследуется моногенно, доминантно и оказывает слабое действие, поэтому нуждается в использовании вторым партнёром при скрещивании форм и сортов с полигенной устойчивостью. Расоспецифический характер сверхчувствительности выявлен также у видов *S. microdontum*, *S. gigantophyllum*, *S. cardiophyllum*, который не обеспечивает гарантированной защиты от M-вируса [3].

Несколько более оптимистичные прогнозы возможны при использовании *S. gouglayi*, устойчивость которого к M-вирусу не некротического типа контролируется одним доминантным геном (Lm), и также обладает расоспецифическим характером. Он, возможно, имеет ещё гены, контролирующие полевую устойчивость к этому вирусу.

Относительную устойчивость к вирусу M имеют сорта, выведенные в разных странах: Ада, Варена, Гранола, Дорадо, Кардула, Корса, Миранда, Наусика, Туника, Эльгина

(Германия); Аба, Ирис (Польша); Самоковски (Болгария); Волжанин, Камераз, Фитофтороустойчивый (Россия); Аксамит, Альпинист, Атлант, Верас, Дельфин, Живица, Росинка, Явор, Яхант (Беларусь).

Вирус скручивания листьев (ВСЛК)

Введение какого-либо типа устойчивости к ВСЛК, которая исключила бы зараженность этим вирусом картофеля, – одна из важнейших проблем в селекции. Если такие «исключающие» типы устойчивости (локализованная сверхчувствительность, крайняя устойчивость) к вирусам А, М, S и Y уже переданы сортам, то к ВСЛК она отсутствует. Выращивание сортов с комплексной устойчивостью к ВСЛК и вирусу Y позволит отказаться от обработок афицидами и даст возможность картофелеводам в развивающихся странах использовать получаемые урожаи на семенные цели. Высокая стоимость химических обработок и сертифицированных семенных клубней – одно из главных препятствий на пути интенсификации культуры картофеля в малопродуктивных хозяйствах развивающихся стран.

Существуют два типа устойчивости к ВСЛК - устойчивость к заражению и интолерантность; локализованная сверхчувствительность и крайняя устойчивость, к сожалению, не встречаются. Последнее может быть обусловлено тем, что ВСЛК находится только во флоэме и, по-видимому, передвигается по проводящей системе растений, не проникая в паренхиму [8].

Устойчивость к заражению ВСЛК контролируется малыми генами.

Уровень устойчивости потомства зависит главным образом от степени устойчивости обоих родителей и прародителей. Восприимчивый родитель может резко снизить устойчивость потомства. Для оценки устойчивости полевые испытания проводят в районах с умеренной и (по возможности) ежегодной заселенностью тлями. По десять или более растений каждого клона высаживают рядами, иногда чередуя их с рядами инфицированных растений. В полученном урожае отбирают по одному или несколько клубней от каждого растения и выращивают повторно на следующий год или оценивают на наличие вируса методом индексации либо другим путем. В годы и сильной инфестью процент зараженных растений варьирует от 10 до 70 в зависимости от устойчивости соответствующего генотипа.

Разработан метод предварительного отбора сеянцев. Зараженных ВСЛК тлей стряхивают на растения высотой в несколько сантиметров, выращенных в лотках. Тли распределяются по растениям удивительно равномерно, заболевшие растения можно выделить через несколько недель. Для определения степени устойчивости на

одностебельные растения высаживают по 5, 25 и 50 тлей, несущих ВСЛК, и позднее тестируют серологически на наличие вируса. Очевидно, в будущем этот очень трудоемкий метод удастся заменить оценкой на клеточном уровне (заражение культуры протопластов вирусом скручивания листьев). Можно надеяться, что такие методы найдут применение и при отборе устойчивых генотипов, появляющихся в результате соматической изменчивости [8].

Вирус S (SBK)

Вирусы картофеля S и M близкородственны, их не удается распознавать на растениях-индикаторах. Успешный диагноз возможен методом ИФА с моноклональными антителами. Потери урожая, вызываемые вирусом S, сравнительно невелики и редко достигают 15%. Передача вируса происходит контактно через поранения, некоторые его штаммы переносятся тлями. Симптомы поражения почти не видны, поэтому определить и выбраковать больные растения трудно. До 1950 г. очень многие сорта были латентно заражены вирусом S, некоторые даже полностью, но затем началось выращивание свободного от SBK семенного картофеля с использованием культуры меристем.

Хунниус изучал сортовые различия в устойчивости к заражению, применяя инокуляцию опрыскиванием. Сорт Adretta очень устойчив к SBK. Американский сорт Saco полностью защищен от заражения в полевых условиях, так как у него интенсивно проявляется этот тип устойчивости. По мнению Бэреке, признак наследуется рецессивно под контролем малых генов, но Багналл и Янг считают, что устойчивость к заражению определяется одним главным геном [8].

Тип локализованной сверхчувствительности обнаружен у боливийской линии P.1.258907 (ssp. andigena), и ее наследование обусловлено действием одного доминантного гена. Для целей селекции применяют те же методы, что и при работе с вирусом Y. Линия 258907 относительно восприимчива к ВСЛК и YBK, поэтому для скрещиваний рекомендуется подбирать устойчивую к YBK родительскую форму. Первые сорта с геном Ns: Ssignal и Fantasia [8].

Вирус A (ABK)

Вирус A картофеля (представитель потивирусов) близкородствен вирусу Y по биохимическим свойствам, но вызывает другие симптомы: грубую мозаичность или пятнистость. Его распространение носит в основном спорадический характер, и ABK не создает проблем для селекционеров, так как большинство сортов несут ген Na, обеспе-

чивающий локализованную сверхчувствительность. Присутствие гена устанавливают прививкой на зараженные вирусом А стебли картофеля. Некротическая реакция часто проявляется только на очень молодых верхушечных побегах. Ген $R_{y\ sto}$ экстремальной устойчивости к вирусу Y действует также против АВК [8].

Вирус погрешности табака (ВПТ)

Определенные штаммы ВПТ вызывают крупную крапчатость темного, но чаще ярко-зеленого цвета на листьях отдельных стеблей. У некоторых видов картофеля поражаются только корни. Клубни деформируются, в мякоти могут появляться некротические дуги шириной в несколько миллиметров. При заражении некоторыми штаммами в клубнях формируются округлые зоны неправильной формы диаметром до 1-2 см с внешним некротическим слоем, дающие некротические кольца и на поверхности клубня. Эти симптомы аналогичны вызываемым вирусом метельчатости верхушки картофеля (*mor top virus*, ВМВК), который иногда встречается в Великобритании, и симптомам физиологического нарушения, называемого железистой пятнистостью.

Определение ВПТ в клубнях было улучшено введением метода комплементарной ДНК.

ВПТ представлен штаммами различной вредоносности, одни из которых предпочитают для размножения стебли, другие - клубни, причем последние редко переходят в стебли. Вирус разносится несколькими видами нематод *Trichodorus* и *Paratrichodorus*, встречающимися главным образом в песчаных почвах. В большинстве случаев заболевание является следствием нового инфицирования, а не передачи вируса клубнями в поле, где почва заражена нематодами и ВПТ. Для достижения достоверных результатов необходимо повторение опытов в течение нескольких лет [8].

На сорте *Stormont Enterprise* симптомы ВПТ не появляются. По данным Джеллиса и Грея, около 50% потомства от скрещивания с восприимчивым сортом оставались бессимптомными. Авторы пришли к заключению о мономерно-доминантном типе наследования устойчивости с включением действия малых генов. Вирсема считает что некротическая реакция, часто наблюдаемая при заражении ВПТ указывает на тенденцию к сверхчувствительности, которая аналогична интолерантности к вирусу скручивания листьев [8].

Вироид веретеновидности клубней (ВВКК)

Симптомы заболевания во многих случаях отсутствуют или же появляются веретеновидные клубни, а у некоторых сортов - деформированные листья и клубни. Растения, выращенные из больных клубней, часто остаются здоровыми. Вироиды представляют опасность не только потому, что влияют на количество и качество урожая, но и потому, что передаются через семенные клубни контактно (раневая инфекция) и насекомыми. Распространение ВВКК среди родительских форм при скрещиваниях сильно осложняет селекционную работу по выведению сортов. Особую осторожность необходимо соблюдать при рассылке семян в другие страны. В качестве растений-индикаторов ВВКК используют *Scopolia sinensis* и сорт томата Rutgers, которые реагируют на заражение некрозом жилок. Слабые штаммы вириода часто не удается обнаружить. Сингх считает надежным индикатором *S. berthaultii*. Биохимическая диагностика осуществляется методами электрофореза в полиакриламидном геле и комплементарной ДНК. В опытах Пфанненштиля с соавторами через месяц после инокуляции появилось 20% больных растений, а через два месяца – 70%; все клубни, полученные от больных растений, давали положительную реакцию [8].

Сортов со сверхчувствительностью к ВВКК не обнаружено. Один из польских сортов оставался бессимптомным даже после повторной инокуляции соком, содержащим вириод. Из многих диких видов картофеля только *S. gueneroense* был свободным от ВВКК в повторных тестах. Попытка инфицировать *S. acaule* Och 11603 оказалась также неудачной [8].

Ниже в виде таблицы представлены краткие сведения о генах, контролирующей устойчивость картофеля к вирусам. Данные взяты из книги «Картофель России» под редакцией А.В. Коршунова.

Таблица 1. Краткие сведения о генах, контролирующих устойчивость картофеля к вирусам

Символ гена	Тип наследования	Источник
A и B (= R _x)	Комплементарно действующие доминантные гены, определяющие иммунитет к вирусу X. Включены в X-иммунные сорта Атлантик, Джемсиг, Релиейс, Сако, Тава, Шеподи и др.	Stevenson et al., 1939
R _{xacl}	Доминантный независимый ген, переданный от <i>S. acaule</i> . Контролирует иммунитет ко всем европейским штаммам вируса X, кроме боливийского штамма ХН. Ген включён в сорта Агути, Ассия, Барбара, Мони, Натали, Сапфир, Серрана, Инта и др.	Ross, 1986
R _{x adg(1)}	Независимый доминантный ген, контролирующий иммунитет ко всем европейским штаммам вируса X, передан от <i>S. andigenum</i> CPC 1673, введён в сорта, от него происходящие.	Wiersema, 1961
R _{x adg(2)}	Независимый доминантный ген, контролирующий иммунитет (возможно локализованную сверхчувствительность). Введён в гибрид-беккросс 62-33-3 (<i>S. vernei</i>) и голландские сорта Атрела, Дарвина, Панста, Продуцент, Промессе, Протон и Сантэ.	Ross, 1986
R _{x skr}	Независимый доминантный ген, контролирующий иммунитет к боливийскому штамму НВ вируса X. Передан от <i>S. sukrense</i>	Brown et al., 1984
R _{y sto}	Независимый доминантный ген, контролирующий иммунитет ко всем штаммам вируса Y и плеiotропно — к вирусу A, передан от <i>S. stoloniferum</i> . Включён в иностранные сорта Барбара, Бизон, Вега, Кордия, Корине, Мадьяр, Пирола, Роза, Сан, Сантэ, Сигнал, Фанал, Хейдрун и отечественные - Голубизна, Ресурс, Скороплодный, Эффект и др.	Stelzner, 1950; Ross, 1958; Cockerham, 1970; Яшина и др., 1999
R _{y adg}	Независимый доминантный ген, контролирующий иммунитет к вирусу Y, передан от <i>S. andigenum</i> .	Munos et al., 1975
R _{y che}	Независимый доминантный ген, контролирующий иммунитет к вирусу Y. Идентичен по своему действию гену R _{y sto} . Введён от <i>S. chacoense</i> в отечественный сорт Никулинский, по предварительным данным — в сортах Белоснежка, Брянский деликатес.	Ross, 1958; Яшина и др., 1999
N _{y che}	Независимый доминантный ген, контролирующий реакцию некроза верхушки к штаммам вируса Y. Передан от <i>S. chacoense</i> .	Ross, 1958; Ganguey, 1964
N _s	Независимый доминантный ген, контролирующий сверхчувствительную реакцию к вирусу S. Передан от <i>S. andigenum</i> . Введён в сорта Сигнал и Фантазия.	Baerecke, 1976
N _m	Независимый доминантный ген, контролирующий проявление сверхчувствительной реакции к вирусу M. Введён от <i>S. megistacrolobum</i> EBC 1778	Ross, Jacobson, 1976
G _m	Независимый доминантный ген, контролирующий устойчивость к заражению вирусом M; передан от <i>S. gourlayi</i> .	Dziewonska et al., 1978; Was et al., 1984
N _e	Независимый доминантный ген, контролирующий реакцию интолерантности к вирусу — скручиванию листьев. Включён в сорта Апта, Ида, Кама, Карла и ДР.	Butkiewicz, 1978; Zadina, Novak, 1983
N _t	Независимый доминантный ген, контролирующий устойчивость к раттл-вирусу, основанную на некротической реакции.	Jilles, Gray, 1980

Методы испытания вирусоустойчивости

В селекции на иммунитет используется метод, впервые предложенный американским исследователем Р. Тимианом в 1953 г. Он заключается в механической инокуляции сеянцев в стадии 2-х настоящих листьев с помощью опрыскивания под давлением 6 атмосфер инфекционным соком с вирусом X в смеси с карборундом или активированным углем. Впоследствии его стали применять и для заражения вирусами Y, S.

Через 2-3 недели после заражения выбраковывают растения с симптомами, а оставшиеся высаживают в грунт. Возможно двукратное опрыскивание с интервалом в несколько дней.

В последующем было показано, что механической инокуляции недостаточно, требуется дополнительное заражение бессимптомных растений методом прививки на инфицированный подвой, в частности, на томат или наоборот, чтобы можно было проверить заражённость клубней. Сочетание механической инокуляции и прививки эффективно для выделения иммунных растений.

Для отбора сверхчувствительных образцов и изучения наследования вирусоустойчивости метод механической инокуляции пистолетом не может быть применён, т.к. часть сверхчувствительных сеянцев может быть выбракована. Для этих целей применяют двукратную механическую инокуляцию вручную с интервалом 8-15 дней одностебельных растений, выращенных из глазков клубней и последующей проверкой выделенных образцов методом прививки. Бессимптомные после заражения растения диагностируют различными методами (серологическим, Элиза-тестом или индикаторным) [1].

В исследованиях на устойчивость к вирусу M, вследствие медленного размножения и различного распространения вируса по растению, используется метод инокуляции прививкой с последующей проверкой заражённости в следующих клубневых поколениях. Испытуемые образцы лучше использовать как подвой. Заражение сеянцев механической инокуляцией мало эффективно, т.к. симптомы в год заражения почти не появляются.

Оценка полевой устойчивости проводится лабораторным и полевым методом. Лабораторный метод оценки на вирус Y разработан венгерским селекционером И. Шарвари и модифицирован Р.В. Черепановой. Метод основан на инокуляции листьев испытуемых образцов путём натирания суспензией вируса. Степень устойчивости определяется по времени появления некрозов на листьях расположенных выше места

заражения. Ранние симптомы (через 15 дней) указывают на отсутствие устойчивости, поздние (через 40 дней) - на устойчивость образцов. Промежуточные сроки (20-25-30 дней) – показывают разную степень полевой устойчивости. Эта оценка не является окончательной, требуется дальнейшее полевое испытание в условиях инфекционного фона в течение 2-3-х лет.

Оценка полевой устойчивости к вирусу скручивания листьев лабораторным методом разработана в Германии. Испытание основано на заражении испытуемых растений с помощью тлей. Заражают по 10 растений в семикратной повторности (надевают на каждое растение трубочку с тлями на 3 дня). Оценку заражённости проводят через 6-7 недель. Здоровые растения проверяют затем методом индексации на наличие вторичных симптомов. Результаты испытания лабораторным и полевым методом как при испытании на вирус Y, так и при испытании на вирус L совпадают.

Многие авторы рекомендуют использовать тлей для заражения сеянцев вирусом L (путём стряхивания с заражённых томатов или определённых сортов картофеля сильно поражаемых вирусом L). Инфекционная нагрузка 2-3 тли на растение в возрасте 5-6 листьев у сеянцев [10].

Методы полевой оценки на устойчивость к вирусам основаны на возделывании испытуемых растений в поле путём чередования с заражёнными (можно в толерантной форме) растениями. Испытание проводят в местностях с высоким инфекционным фоном в течение 3-х лет: в первый год на 20 растениях, во второй — на 50, в третий — на 100 растениях. Сорты, у которых в этих условиях поражается не более 25% растений, считаются относительно устойчивыми [1].

Методы диагностики вирусных болезней

Для выявления в семенном картофеле клубней и растений, зараженных вирусами, применяются следующие методы.

Визуальный метод. Является основным для обнаружения растений, реагирующих характерными внешними симптомами на заражение вирусами.

При визуальной оценке следует учитывать, что у растений картофеля изменение окраски и деформация, вызванные неинфекционными факторами, могут внешне напоминать симптомы вирусных болезней: крапчатость, курчавость и готика – как фенотипические признаки некоторых сортов; морщинистость – как результат обработки клубней ростовыми веществами или опрыскивания растений гербицидами; некрозы и полосчатость – как результат резких колебаний температуры и влажности почвы или острого недостатка калия; хлороз – при высоких дозах хлорсодержащих удобрений или

резком недостатке азота и марганца в почве; скручивание нижних листьев – из-за недостаточного увлажнения и сильного уплотнения почвы; скручивание верхних листьев – вследствие ризоктони.

Серологический метод. Основан на способности растительного сока, содержащего вирус, давать характерное хлопьевидное образование при смешивании с кровяной сывороткой животных, содержащей специфические к этому вирусу белки (антитела). Серодиагностика позволяет выявлять растения, зараженные латентными скрытыми вирусами X, S, M, A, F и ратгл-вирусом. Латентные вирусы определяют летом в соке внешне здоровых растений, а также во второй половине зимы – в соке темновых ростков клубней, пророщенных при температуре 20-21° С.

Метод индексации глазков клубней. От каждого семенного клубня, закончившего период покоя или искусственно выведенного из него, в верхушечной части вырезают глазок с мякотью диаметром 1,5 см. В теплице при температуре 20° и освещенности 2 тыс. лк из таких глазков выращивают одностебельные растения. 4-5-дневные растения оценивают визуально, а затем серологическим и индикаторным методами. Весь цикл работ занимает два месяца. Выбраковка зараженных клонов в период зимнего хранения сокращает затраты труда на выбраковку в напряженное летнее время.

Индикаторный метод. Основан на способности различных растений реагировать на искусственное заражение вирусами. Различают растения-индикаторы с системной и некротической реакцией на вирусы. При заражении растений с системной реакцией у них возникают симптомы мозаичности (крапчатость, осветление жилок листьев и др.). *Nicotiana tabacum* – индикатор на вирусы X и Y, *Datura stramonium* – на вирус X, *Stellaria media* – на вирус пестростебельности картофеля и др. При заражении растений с некротической реакцией на них появляются некрозы. *Gomphrena glabosa* – индикатор на вирус X, *Solanum chacoense* – на вирус Y и др. Индикаторный метод широко используется для диагностики вирусов A и Y, диагностические сыворотки к которым не обладают достаточной эффективностью.

Анатомический метод. Используется для диагностики вируса скручивания листьев. Основан на способности вируса вызывать изменения в проводящих тканях (флоэме) стolonной (нижней) части клубня. На анатомических препаратах под микроскопом устанавливают изменения в тканях.

Электронная микроскопия. Этот метод показывает высокую достоверность выявления зараженности X-, S-, M-, Y-вирусами, применяется при диагностике вирусов на разных этапах оздоровления картофеля методом верхушечной меристемы. Преимущества метода: универсальность по отношению к различным палочковидным или нитевидным

вирусам; незначительное количество растительной ткани для приготовления препаратов; быстрота. Однако применение этого метода не всегда доступно.

Иммуноферментный метод (ИФА). Наиболее эффективный методом иммунодиагностики вирусов растений. Высокочувствителен, специфичен, позволяет проводить не только качественную, но и количественную оценку содержания вирусов, обеспечивает высокую производительность. Основан на применении антител (или антигенов), меченных молекулой фермента. Используется для диагностики X-, Y-, S-, M-, F-вирусов картофеля. Дает возможность выявить вирусы картофеля в глазках и проростках клубней, в листьях на различных стадиях вегетации, а также проводить контроль растений, оздоровленных методом культуры меристемы.

Существуют также такие методы: молекулярная гибридизация, электрофоретический анализ, микробиологический анализ, физико-химические тесты [5].

Методы подбора пар при селекции на комплексную устойчивость к вирусам

Селекция на устойчивость к одному вирусу, наследуемому доминантными мономерными генами, требует использования хотя бы одного устойчивого родителя; если преобладает полевая устойчивость полигенного характера, то оба родителя должны быть хотя бы со средней устойчивостью, чтобы выделить трансгрессивные образцы (с устойчивостью выше родительских форм) [6].

Основной метод получения иммунных сортов к вирусам Y и X на основе диких видов — беккроссирование. При беккроссировании (3-7 раз в зависимости от используемого вида) синтез устойчивости к обоим вирусам лучше проводить на последних этапах, т.е. скрещивать беккроссы высоких поколений, например B₅ S. stoloniferum и B₅ S. acaule, а не сами дикие виды, чтобы не растерять гены устойчивости в процессе скрещивания с сортами. Возможны скрещивания иммунных к X-вирусу сортов (например, Анетт, Сафир и др.) с сортами несущими ген иммунитета к вирусу Y (Голубизна, Никулинский, Ресурс, Фанал, Эффект и др.). В потомстве от таких скрещиваний можно получить до 25% гибридов с иммунитетом к обоим вирусам, если принять, что оба родителя имеют симплексный генотип по генам устойчивости.

При селекции на устойчивость к вирусам M и L, где присутствует, в основном, только полевая устойчивость, используются синтетические и накапливающие скрещивания между устойчивыми родителями. Объёмы популяций должны быть большими, т.к. устойчивых форм к обоим вирусам будет очень мало (2-4%).

Для комбинирования устойчивости к 3-4 наиболее вредоносным вирусам (X, Y, L, M) требуется два или три этапа: первый — получение сортов иммунных к X + Y вирусам; второй - скрещивание их с формами устойчивыми к вирусам M; третий — скрещивание форм устойчивых к X, Y, M с образцами устойчивыми к L-вирусу. Возможно этот процесс пройти за один — два этапа, если в получении X + Y устойчивых гибридов будут участвовать родительские формы устойчивые к M и L вирусам, но при этом могут возникнуть трудности с другими хозяйственно-ценными признаками (урожайность, скороспелость и т.д.).

Гибридам с иммунитетом к X + Y вирусам, для придания устойчивости к L-вирусу, наиболее подходит скрещивание с сортами обладающими интолерантной устойчивостью к L-вирусу (Апта, Карла и др.), контролируемой одним доминантным геном N_L . Растения с таким типом устойчивости в семеноводческих посадках будут самоэлиминироваться и эффективно защищать от 3-х вирусов (X, Y, L).

Хорошим источником комплексной устойчивости к вирусам X, Y, S служат гибриды из Германии (69.5403.259) и Венгрии (Ke-23), на основе которых в ВНИИКХ получены сорта Ресурс и Сокольский, устойчивые к X, Y, S вирусам.

Каталог исходных форм для основных направлений селекции картофеля

Изучение методов и схемы создания специальных родительских линий картофеля для наиболее важных направлений селекции были начаты в 60-е годы, в наиболее значительных масштабах эти работы выполнены в США и Польше.

В нашей стране исследования в этом направлении также были начаты примерно в тот же период (1965) с применением методов межвидовой гибридизации, экспериментальной полиплоидии, радиационной селекции и насыщающих скрещиваний. К настоящему времени первые родительские линии уже использованы в селекционном процессе во ВНИИКХ и с их участием созданы сорта [4].

В каталоге представлена новая группа родительских форм, отселектированных по обязательным признакам для трех, наиболее важных направлений селекции на: иммунитет к вирусам Y и X; горизонтальную (полевую) устойчивость к фитофторе; повышенное содержание крахмала.

Краткая характеристика родительских форм (линий), включенных в каталог

Большинство представленных линий созданы в результате межвидовой гибридизации и последующих возрастных скрещиваний. Они относятся к поколениям 3-4

кратных ($B_3 - B_4$) и многократных (B_n) беккроссов, полученных на основе различных диких и реже – культурных видов картофеля. Главным направлением работы являлось создание родительских линий, иммунных к наиболее вредоносному вирусу Y, а также к вирусу X. Для этой цели использовали различные источники иммунитета из числа диких видов, промежуточных гибридов и доноров. По этой причине представленные родительские линии для селекции на вирусоустойчивость содержат ген иммунитета к Y-вирусу от разных источников и исходных форм [4].

1 – беккроссы накопления F_2B_n , отобранные в потомстве от самоопыления 8 различных популяций (*S. stoloniferum* (R_Y) \times *S. tuberosum*ⁿ) английской селекции. В селекцентре ВНИИКХ на основе этого источника созданы сорта Эффект, Голубизна, Скороплодный, Кумир, Бирюч и другие, обладающие геном $R_{Y_{sto}}$.

2 – экспериментальный автотетраплоид *S. chacoense* f. *garciae* ($2n=48$), носитель двойной дозы гена $R_{Y_{chc}}$, отличающийся также полевой устойчивостью к другим вирусам, альтернариозу, жаре и засухе; относительно устойчивый к колорадскому жуку. С использованием этого источника созданы сорта Никулинский, Красноярский ранний, Утенок и др.

3 – *S. chacoense* f. *commersonii* 58d ($2n = 24$), иммунный к вирусам Y и X (генотипы $R_{Y_{chc}} R_{X_{chc}}$), устойчивый к патотипу R o-I картофельной нематоды, альтернариозу, жаре и засухе. Введен в скрещивание с сортами через получение амфидиплоида *S. vernei* \times *S. chacoense* 58d ($2n = 48$). На основе этого источника созданы сорта Накра, Мастер, Брянский деликатес и др.

4 – пятивидовой венгерский гибрид 69.5403.259, иммунный к вирусам Y, X, S (генотип $R_{Y_{sto}} R_{X_{acl}} R_{S_{adg}}$)> устойчивый к вирусу скручивания и альтернариозу, с белыми клубнями. На основе этого источника созданы сорт Ресурс, иммунный к Y, X, S, и сорт Юбилей Жукова, иммунный к вирусу Y.

5 – пятивидовой венгерский гибрид-беккросс KE-23, иммунный к вирусам Y, X, S, устойчивый к альтернариозу, относительно - к жаре и засухе, клубни красные типа П. На его основе создан сорт Сокольский, иммунный к вирусам Y, X, S.

6 – гибрид 80-1, несущий ген иммунитета к Y-вирусу от сорта Фанал (генотип $R_{Y_{sto}}$). На основе этого гибрида созданы сорта Лира, Калинка, Прайса.

Сорта, полученные при использовании перечисленных источников иммунитета к Y-вирусу, применялись при беккроссировании в процессе создания новой группы родительских линий. Благодаря этому в некоторые линии включены гены от двух и даже трех различных исходных форм. Большинство вариантов возвратных скрещиваний проводились по типу накапливающих в отношении полигенных аддитивно наследуемых

признаков – горизонтальной устойчивости к фитофторе и повышенного содержания крахмала, в связи с чем выделена большая группа гибридов-беккроссов для этих направлений селекции.

Характеристика родительских линий представлена по трем основным направлениям селекции – на иммунитет к вирусу Y, горизонтальную устойчивость к фитофторе и повышенную крахмалистость. Многие гибриды отличаются высокими показателями всех трех признаков. Дополнительно все линии относительно устойчивы к альтернариозу, стрессовым факторам (жаре и засухе), многие устойчивы к вирусам X и S.

Родительские формы, происходящие от источников, иммунных к вирусу Y, прошли многолетнее испытание в условиях высокого естественного инфекционного фона и, по данным иммуноферментного анализа, остались свободными от вирусов Y, X, S, L. Это подтверждает высокую степень экспрессивности генов $R_{y_{sto}}$ и $R_{y_{chc}}$, контролирующих иммунитет к вирусу Y и генов $R_{x_{acl}}$ и $R_{x_{chc}}$, ответственных за иммунитет к вирусу X, что и свидетельствует о надежности использования представленных линий в программе селекции соответствующего направления. После испытания на инфекционном фоне многие линии содержат в латентном состоянии вирус M. В этом направлении селекция на устойчивость не проводилась из-за отсутствия надежных источников. Использовались лишь две формы, сверхчувствительные к вирусу M, принадлежащие к диким диплоидным видам *S. megistacrolobum* и *S. gourlayi*. Отдельные линии остались свободными от этого вируса и после испытания на инфекционном фоне. Их происхождение связано с источником 2 и однократно использованными дикими диплоидами.

По урожайности большинство отселектированных линий находится на уровне стандартных сортов или приближается к их показателям. Отдельные линии отличаются более высокой урожайностью, поэтому, кроме использования в качестве родительских форм, они рекомендованы для испытания по схеме селекционного процесса [4].

Таблица 2. Характеристика родительских форм, иммунных к вирусу Y, по результатам испытаний 1996-2000 гг.

Селекционный номер	Происхождение	Источники устойчивости	Устойчивость к вирусам в поле, балл	Урожайность, г/куст	Крахмалистость, %	Устойчивость к фитофторе в поле, балл	Мощность куста, балл	Интенсивность цветения, балл	Окраска венчика
94.20-50	Эффект × Резерв	1	8-9	800	16,2	7	8	8-9	Б
95.15-183	88.16/20 × 480-43	2	9	540	15,4	6-7	8	9	Кф
94.1-35	89.1/120 × 946-3	2-3	9	580	15,7	3	7-8	9	Кф
95.4-5	Сенатор × 88.16/20	2	9	620	19,0	7	8-9	8-9	Кф
96.5-8	Никулинский × 88.34/14	2	8-9	500	13,7	7-8	8-9	9	Б
95.17-12	88.16/20 × Адретта	2	8-9	500	14,5	7	8	7-9	Кф
1965-18	Эффект × Резерв	1	7-9	680	18,1	7	8-9	7-8	Кф
95.16-166	88.16/20 × Зарево	2	7-8	800	13,4	5-6	7-8	7	Кф
95.16-178	--/--	2	8-9	800	16,8	6-7	7-8	8-9	Кф
95.16-183	--/--	2	9	780	15,4	6-7	8-9	8-9	Кф
2134-13	Эффект × Резерв	1	8-9	820	12,8	6	8-9	9	Б
94.20-14	Никулинский × Сотка	2	8-9	600	18,4	8	9	9	Кф
96.7-3	91.29/37 × 88.16/20	2	9	400	13,8	5	9	9	Б
88.34/14	173m-142 × Белорусский-3	2	9	650	19,1	8	8-9	9	Б
2073-111	Эффект × Резерв	1	8-9	640		8	8-9	7	
95.16-41	88.16/20 × Зарево	2	8-9	740	14,0	5	7-8	9	Кф
2173-4	Эффект × Зарево	1	8-9	660	20,8	3-5	7-9	7	Кф
93.13-143	Жуковский ранний × 655m-30	3	8-9	520	22,6	1	9	5-7	Кф
2073-113	Эффект × Резерв	1		860	16,4	5	7	7	Б
94.19-45	91.1/21 × Сотка	3	9	840	16,0	6-7	9	8-9	Кф
95.16-77	88.16/20 × Зарево	2	9	560	14,7	5-6	9	9	Кф
2083-31	Эффект × 276-662	1	8-9	840	15,9	8	9	9	Кф
94.5-47	91.2/124 × 946-3	3	9	740	14,8	6	9	8-9	Б
2160-1	Эффект × Зарево	1	8	800	18,6	8	7-8	8-9	Кф
95.16-53	88.16/20 × Зарево	2	8	540	12,4	3-6	7	9	Кф
93.20-78	907-7 × 655m-30	3	8-9	600	16,8	5-6	7	9	Кф
2137-1	1672-10 × Адретта	2	8	760	15,8	6	8-9	9	

Селекционный номер	Происхождение	Источники устойчивости	Устойчивость к вирусам в поле, балл	Урожайность, г/куст	Крахмалистость, %	Устойчивость к фитофторе в поле, балл	Мощность куста, балл	Интенсивность цветения, балл	Окраска венчика
95.13-38	88.16/20 × 733-65	2	8	660	13,8	1-3	7-8		Б
94.25-23	Эффект × 946-3	1	8-9	920	18,0	3-4	7-9	7-8	Кф
95.5-5	88.17/122 × Россиянка	2	9	440	15,2	5	7-8	9	Б
93.28-23	Альянс × 655m-30	3	8-9	1000		8	8-9	9	Б
95.16-8	88.16/20 × Зарево	2	8-9	520	19,3	7	8	9	Кф
95.16-69	--/--	2	9	480	16,8	7	9	9	Б
95.16-40	--/--	2	9	620	16,1	7	9	9	Б
2173-4	Эффект × Зарево	1	8-9	680	20,8	3	9		Кф
88.16/20	173m-142 × Белорусский-3	2	8-9	440	20,5	7	8-9	9	Б
91.30-70/2	Россиянка × 88.34/14	2	9	400	17,5	7-8	9	9	Б
92.7-26	655-30 × Сотка	2	9	540	18,2	7-8	9	9	Б
91.14-65	78.8/13 × Гите	2+1	9	400	20,8	7	9	8-9	Б
96.2-6	88.16/20 × Россиянка	2	9	970	14,4	6-7	8-9	9	Кф
93.14-99	88.17/64 × Гранола	2	8-9	560	18,1	5-7	9	8	Кф
2085-54	Эффект × Аксеновский	1	9	1000	18,0	8-9	9	7	
2083-48	Эффект × 276-662	1	9	1300	18,9	9	8-9	7-9	
97.5-8	88.16/20 × 128-6	1+2	9	980	13,4	8	9	-	-
97.5-11	--/--	1+2	8-9	930	17,6	8	9	-	-
92.13-78	Ресурс × 655m-30	1+3+4	8-9	890	13,8	7	8-9	-	-
92.26-121	Ресурс × 88.17/146	1+4	7-8	660	17,8	7	8	-	-
2312-7	1946-87 × Калинка	1+6	9	700	11,1	9	9	-	-
	Эффект (стандарт)	1	8-9	880	18,0	6-7	7-9	7-8	-
	Ресурс (стандарт)	4	9	900	13,0	6-5	8-9	8-9	-

Примечание

1. По оценке методом ИФА, наличие вирусов X, Y, S, Z в латентном состоянии в родительских формах не обнаружено.
2. Окраска венчика: Б - белая, Кф — красно-фиолетовая.

Генная инженерия

Практическая селекция картофеля испытывает острую нужду в методах, позволяющих свободно манипулировать отдельными генетическими признаками. Причем, во многих случаях, эти признаки вообще были вне досягаемости для обычных методов, применяемых в селекции, так как кодировались генами, принадлежащим видам, в таксономическом отношении далеких картофелю.

Это обуславливает необходимость поиска новых методов создания селекционных технологий, в частности технологии получения геномодифицированных растений. В настоящее время созданы линии и сорта трансгенных растений, способных противостоять различного рода насекомым, патогенам, неблагоприятным факторам среды.

В частности, получены трансгенные линии картофеля с встроенным геном белка оболочки PVY, устойчивые к вирусу Y; трансгенные линии с геном человеческого альфа-интерферона и двунитевой РНК с целью защиты от вирусной инфекции [6].

СХЕМА СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Задачей селекции картофеля является создание в возможно короткий срок новых сортов, имеющих улучшенные показатели по сравнению с районированными. Поэтому в каждом селекционном учреждении должна применяться продуманная во всех деталях схема селекционного процесса, обеспечивающая выполнение данной задачи. При этом необходимо учитывать следующее. Каждый оригинальный сорт возникает в результате полового скрещивания из единичного семени или путем вегетативной мутации. Константность, обусловленная вегетативным размножением картофеля, позволяет изучить и сохранить любой гибрид, полученный в результате скрещиваний. В то же время вегетативное размножение картофеля создает существенные объективные трудности, вызванные, в частности, качеством посадочного материала, которое может значительно влиять на выражение хозяйственных признаков, учитываемых при отборе в процессе селекции. Поэтому оценку селекционного материала картофеля нужно проводить не только по конечному урожаю, а прежде всего по реакции растений на заражение болезнями и их отношении к неблагоприятным факторам среды, что определяет, в конечном счете, и урожайность.

В современном сорте картофеля должно быть скомбинировано более 40-50 признаков, большинство которых контролируется полигенами. Поэтому для выведения одного нового сорта нужно выращивать не менее 100-150 тыс. сеянцев, хотя при подборе

проверенных родительских пар этот объем может быть значительно снижен. Очевидно, что такой объем селекционной работы можно осилить только при наличии надежных методов оценки селекционного материала и хорошей материально-технической базы, а также высокой квалификации специалистов и правильной организации селекции.

Схема и технология селекционного процесса, применяемая различными селекционными учреждениями, довольно различна. Ниже будут представлены наиболее перспективные технологии и схемы селекции картофеля, апробированные и модифицированные во Всероссийском научно-исследовательском институте картофельного хозяйства и других учреждениях страны и за рубежом [7].

I. Коллекционный питомник

Назначение этого питомника – подбор родительских форм для селекции. Поэтому в коррекционном питомнике каждого учреждения должно быть представлено, в соответствии с направлением работы наибольшее, по возможности, разнообразие родительских форм. В коллекционный питомник включают на основе данных литературы и опыта дикие и культурные виды, сорта отечественной и мировой коллекции, селекционный материал, полученный из других селекционных учреждений, свои перспективные гибриды, выделившиеся по каким-либо ценным хозяйственным признакам.

Каждый образец в коллекции высаживается по 10-20 кустов без повторностей на высоком агрофоне. В питомнике производятся прочистки, удаляют все примеси и больные кусты. Во время вегетации и уборки все образцы оценивают по комплексу признаков (устойчивости к болезням и вредителям, урожайности, содержанию крахмала в клубнях и др.). Отмечают и негативные признаки. По результатам оценки наиболее ценные формы рекомендуются для гибридизации и включаются в родительский питомник.

II. Родительский питомник

Родительский питомник для гибридизации размещают вблизи водоема или на защищенном лесном участке. В открытом поле работы по гибридизации часто бывают мало результативными. Поэтому родительский питомник обычно размещают в летнем домике, у которого крыша пленочная, а боковые стенки – марлевые. Схема посадки клубней - 40×90 или 50×100 см. Сбалансированный фон минерального питания поддерживают на среднем уровне, так как на высоком фоне развивается слишком мощная ботва и, вследствие затенения, снижается интенсивность цветения. Уход за растениями заключается в поддержании оптимальной влажности почвы, уничтожении сорняков и

подвязке ботвы к кольям или вертикальной шпалере. Окучивание растений не рекомендуется, поскольку оно усиливает клубнеобразование и снижает цветение. В период цветения не желательна обработка растений ядохимикатами, так как многие из них повреждают цветки и снижают скрещиваемость. Поэтому для борьбы с тлей и белокрылкой иногда применяют биологические методы защиты [7].

Пыльцу для гибридизации готовят заблаговременно. Для этого с отцовских растений обрывают цветки, удаляют венчики и пыльники, высушивают до полусухого состояния. Если объем работы небольшой, пыльцу из каждого цветка вытряхивают на лист бумаги (лучше темной или цветной), энергично ударяя по пыльникам препаровальной иглой или ученической ручкой с металлическим пером. Некоторые селекционеры для этой цели используют вибраторы, сделанные из электробритвы или звонка. Пыльцу ссыпают в пробирку, закрывают пробкой, этикетируют и хранят в холодильнике при температуре 3-6°C [11].

При массовом отборе пыльцы обламывают и собирают только пыльники. Их высушивают в вибрационное устройство, где при быстром встряхивании пыльца высыпается из пыльников и, проходя через мелко сито, попадает в пылесборник. Готовую пыльцу собирают в капсулы, этикируют и хранят в обычном бытовом холодильнике, используя для повседневной работы. В таких условиях пыльца не теряет жизнеспособности в течение 7 дней. Для длительного хранения (до 1 года) пыльцу предварительно высушивают до воздушно-сухого состояния, помещают в герметичную капсулу и хранят вместе с поглотителем влаги при температуре не выше -10°C.

Для генетических исследований перед скрещиванием обязательно проводят кастрацию цветков и заключают их в бумажные изоляторы. Для практической селекционной работы кастрируют цветки только тех исходных форм, которые легко завязывают ягоды от самоопыления. Обычно такие родительские формы встречаются довольно редко. В остальных случаях перед скрещиванием удаляют все цветки с растрескавшимися пыльниками и несозревшие бутоны. Пыльца наносится на рыльце пестика тех цветков, у которых собственная пыльца не созрела. До раскрытия пыльников яйцеклетки уже способны к оплодотворению и вероятность самоопыления практически исключается.

Лучшие результаты достигаются в том случае, если на рыльце пестика, не травмируя его, наносится обильное количество пыльцы. Для этого пестик осторожно погружают в пыльцу, набранную в трубочку от шариковой ручки. По мере расхода пыльцу из трубки выдавливают с помощью бумажного пыжа и спички. В жаркую погоду

опыление проводят в утренние и вечерние часы, в пасмурную – в любое время суток. Вечером процент удачных скрещиваний в 2 раза выше, чем в утренние часы.

После скрещивания к каждому соцветию привязывают по одной пластмассовой этикетке с выбитыми на них порядковыми номерами. При отсутствии пластмассовых этикеток их можно изготовить из прочной водостойкой бумаги. Затем в журнал записывают данные об условиях гибридизации, исходных формах, количестве опыленных цветков и порядковые номера этикеток, использованные в каждом отдельном варианте скрещивания. Этикетки удобнее привязывать к стеблям не ниткой, а тонкой металлической проволокой – прикрепляют их к растению на петлю. Это позволяет очень быстро привязывать этикетки к стеблю, снимать их и еще раз этой же проволокой подвязывать марлевые мешочки после надевания их на завязавшиеся ягоды.

При наличии стационарных теплиц по вышеописанной методике скрещивания проводят в зимних теплицах. Оптимальное время для высадки исходных форм – конец февраля – начало марта, работы по гибридизации проводят в апреле-мае до наступления летней жары. Скрещивание в теплицах позволяет независимо от погодных условий получать стабильные результаты. В случае отсутствия вегетационных сооружений, где можно размещать родительский питомник, гибридизацию проводят методом декапитации (на срезанных стеблях). Для этого с материнских растений в поле срезают стебли длиной не менее 30 см. Для предотвращения перезаражения растений болезнями режущий инструмент каждый раз дезинфицируют в спирте. С этой же целью от каждого куста можно осторожно выдергивать 1-2 стебля. Использование этого приема оправдывается тем, что на целых стеблях образуются более полноценные и крупные ягоды. Затем стебли, не давая им увядать, переносят в декапитационный (пленочно-марлевый) домик, устанавливая в проточную воду или сосуды с водой. Чтобы стебли не загнили, в сосуды желателно добавлять бактерицидные вещества (антибиотики или азотнокислосое серебро). После восстановления растениями тургора проводят гибридизацию по вышеописанной методике.

На завязавшиеся ягоды, чтобы их не потерять, надевают марлевый мешочек с этикеткой, на которой отмечен номер комбинации. Ягоды можно снимать через 4-5 недель после скрещивания. Собранные ягоды в 1-2 слоя расстилают в ящики и в комнатных условиях дозаривают в течение 1,5-2 мес.

Отмывают семена вручную или с помощью измельчителей тканей. Семена от мезги отделяют в воде методом осаждения. После этого их высушивают на фильтровальной бумаге, расфасовывают по комбинациям в бумажные пакетики, этикируют, кладут в герметичный контейнер и хранят в комнатных условиях для посева в текущем году. За это

время семена проходят период дозревания и несколько повышают всхожесть. Для длительного хранения семена высушивают до воздушно-сухого состояния и кладут на хранение в холодильную камеру с температурой от 3 до 5°C тепла [7].

III. Селекционные питомники

Питомник сеянцев

Сеянцы из семян выращивают в теплице или в поле, а так же на площадке. За рубежом сеянцы обычно выращивают в зимних теплицах в два оборота: весенний и летне-осенний. В БелНИИК сеянцы выращивают на открытой площадке, ежегодно меняя место. В обоих случаях применяют горшечную культуру сеянцев во ВНИИКХ в последние годы сеянцы выращивают как в поле, так и на площадке.

Важнейший этап при выращивании сеянцев – получение хорошей рассады. Семена картофеля имеют низкую всхожесть, поэтому требуют предпосевной обработки. Перед посевом их погружают в слабый раствор марганцовокислого калия (0,5-1,0%) для обеззараживания, а затем в течение 1-2 суток намачивают в растворе гиббереллина (25-50 мг растворяют в 5 мл этилового спирта и разводят водой до 1000 г). Это повышает всхожесть семян и энергию их прорастания. Перед посевом семена высушивают до сыпучего состояния.

Грунт для выращивания рассады готовят из равных частей огородной земли, торфа и песка. Для уничтожения вредной микрофлоры почвенную смесь предварительно пропаривают. Семена высевают в последней декаде апреля в посевные ящики или площадки на глубину 0,5-1,0 см. Для поддержания высокой влажности до появления всходов ящики укрывают пленкой или газетами. Площадь питания растений – 4-9 см².

Наиболее сложной проблемой при посеве гибридных семян картофеля является равномерный рассев определенного их количества на заданной площади ящика или площадки. Обычно это достигается перемешиванием семян перед посевом с сыпучим материалом (песком, опилками и др.). Но операция эта трудоемка и не дает желаемого результата. Равномерности можно добиться наклеиванием семян вручную на фильтровальную бумагу по заданной схеме и посевом их в микрокубики размером 15 мм с последующим их высушиванием, чтобы семена не прорастали преждевременно. Работа выполняется в зимнее, более свободное время; в институте НИИКХ сконструированы вибрационная микросеялка и рассеивающая колонка, позволяющая механизировать эту работу [7].

Для получения хорошей рассады необходимо обеспечить тщательный уход за сеянцами (полив, рыхление, удаление сорняков, подкормка). Сеянцы в фазе 5-7 настоящих листьев высаживают в поле или горшочки (через 45-55 дней после посева).

Один из наиболее эффективных методов выращивания сенцев – горшечная культура на площадках или в больших арочных теплицах, когда засыпка горшков почвой механизирована. Горшки (9-12 см в диаметре) устанавливаются лентами шириной 1,32 м каждая. Расстояние между лентами – 1,8 м. Засыпка горшков почвенной смесью осуществляется с помощью полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений 1–ПТУ–4 в агрегате с трактором МТЗ–80, у которого колея расширена до 1800 мм, а у прицепа-разбрасывателя отключен привод верхнего битера. Прицеп загружают почвенной смесью с помощью экскаватора. Агрегат медленно проходит над лентами горшков и высыпает почву в горшки. За 8 часов можно засыпать до 37 тыс. горшков. Засыпку горшков можно осуществить также с помощью других самосвальных машин, шасси Т-16 или вручную. В этом случае расстояние между лентами горшков уменьшают до 0,8 м.

Почвенная смесь для набивки горшков должна быть легкого механического состава, с хорошей влагоудерживающей способностью и средним уровнем содержания питательных элементов (N₉₀, P₁₂₀, K₁₂₀). Во ВНИИКХ используют чистый торф или смесь торфа и дерновой земли (в отношении 2:1).

Высокоэффективными для выращивания сеянцев (как рассады, так и распикированных растений в горшках) являются искусственные ионитные субстраты. Они получены на основе органических ионообменных смол (смесь КУ-2 и ЭДЭ-10П). Новый тип искусственной почвы (ионитный субстрат ИС-2) содержит все необходимые для растений питательные вещества в обменно сорбированном состоянии.

Эксплуатация этого субстрата проста и не отличается от использования естественной почвы. До посева семян и пикировки проростков в горшки ионитный субстрат увлажняется чистой водой до полной влагоемкости (1-1,2 л воды на 1 кг сухого субстрата), при этом облегчается уход за сеянцами. Он состоит лишь в поливе сверху через 2-3 суток. Улучшаются гигиенические условия труда, работа с ИС-2 намного чище, чем с почвосмесями.

Выращивание сеянцев на ионитном субстрате повышает их выживаемость на 19-30% по сравнению с общепринятой методикой и позволяет получить более качественный материал.

В поле рассаду высаживают непосредственно из посевных ящиков при достижении растениями фазы 5-7 листочков. Перед этим сеянцы в течение недели закаливают. На предварительно нарезанные рассадку высаживают вручную или рассадопосадочной

машиной по схеме 30-37×70 см при обязательном поливе. В период до полного приживания рассады при необходимости сеянцы поливают.

При обеспечении надежного ухода растения в поле бывают хорошо развитыми, и возможен индивидуальный (покустовой) отбор лучших сеянцев.

Уход за сеянцами заключается в обеспечении благоприятных условий для роста и развития, а также защиты от болезней и вредителей. В период вегетации удаляют больные растения.

Во время уборки сеянцев осуществляется браковка, бракуют только по негативным признакам (плохая форма клубней, глубокие глазки, длинные столоны, поражение болезнями). От оставшихся сеянцев берут по одному клубню и объединяют по гибридным семьям (комбинациям скрещиваний). При необходимости изучения материала в разных почвенно-климатических условиях от каждого сеянца берут по 2 клубня и более и объединяют в параллельные гибридные семьи. Клубни сеянцев хранят обычно в сетках на стеллажах в хранилище [7].

Питомник одноклубневок или гибридов первого года

В данном питомнике изучается селекционный материал первой клубневой репродукции, выращенной в прошлом году из семян и прошедший негативный отбор.

Весной клубни каждой гибридной семьи тщательно осматриваются, все больные бракуются. Клубни каждой семьи пересчитываются и в случае посадки их клоновой сажалкой (СН-4Б-К) делятся на 2-4 равные части, в зависимости от принятой посадки в 2-4 рядковые делянки. Схема посадки в поле: 70×60 или 70×70. Между гибридными семьями оставляют дорожки (пропускают 5-6 лунок), которые засевают кукурузой. Стандарты (3-4 районированных сорта разных групп спелости) располагают в центре или в нескольких местах участка. При ручной посадке предварительно нарезают гребни и участок разбивают на ярусы (длина яруса соответствует размещению 10 растений, т.е. 6-7 метров).

В питомнике одноклубневок проводятся обычно анализ некоторых комбинаций скрещиваний, особенно от новых родительских форм по общей комбинационной способности (СКС), по признакам устойчивости к болезням, адаптивности, крахмалистости и другим хозяйственно полезным признакам. Селекционная ценность комбинации определяется числом (%) отобранных ценных гибридов.

В период вегетации проводят фенологические наблюдения, учет пораженных болезнями растений и их удаление. При селекции на скороспелость через 70-75 дней после посадки проводят выборочный отбор скороспелых форм по типу ботвы. Остальной

материал убирают в обычные сроки путем подкапывания кустов вручную или скобой, навешанной на трактор Т-16. Клубни выкладывают в отдельную лунку, тщательно осматривают и проводят браковку по негативным признакам (форма клубней, длина столонов, глубокие глазки и т.д.). Отобранные гибриды убирают в отдельный пакет или капроновый мешочек и присваивают индивидуальный селекционный номер, который сохраняется до конца селекционного процесса [7].

Питомник гибридов второго года (гибридов второй клубневой репродукции)

В этом питомнике изучается селекционный материал, отобранный в питомнике гибридов первого года (одноклубневок) или в питомнике сеянцев.

Весной клубни всех отобранных гибридов тщательно осматривают, осуществляют браковку сильно изросших, больных. Клубни пересчитывают, помещают в пакеты или сетки с указанием селекционного номера.

Делянки в питомнике однорядковые по 12-15 клубней в рядке. Схема посадки - 30×70 или 35×70 см. Через 30-40 номеров размещают 4-5 стандартов.

В течение вегетационного периода в питомнике проводят фенологические наблюдения, учет пораженных болезнями растений, прочистку от больных кустов и примесей, оценку по морфологии и габитусу куста, физическому состоянию ботвы и браковку не подходящих по этим признакам форм. Определяют группу скороспелости, к которой относится. Для этого через 60-65 дней после посадки выкапывают по два куста.

Во время уборки, осуществляемой вручную или механической скобой, отбор гибридов проводят по следующим признакам: компактности гнезда, количеству и выравненности клубней, их форме и глубине глазков, длине столонов и прочности прикрепления к ним клубней, устойчивости ботвы и клубней к болезням [7].

Питомник предварительного испытания

В этом питомнике впервые определяется урожайность гибридов картофеля – главного хозяйственного признака нового сорта, начинается семеноводческая работа с гибридами.

Каждый гибрид высаживается на двурядковых делянках по 13 клубней в рядке в двукратной или трехкратной повторности, всего $13 \times 2 \times 2 = 52$ или $13 \times 2 \times 3 = 78$ клубней. Размещение делянок в повторности – рендомизированное. Остальные клубни каждого гибрида высаживают в питомнике размножения селекционного материала для отбора клонов (по 15-20 клубней каждого гибрида). Стандарты, районированные сорта всех групп спелости, размещают через 20-25 номеров.

Во время вегетации проводят те же фенологические наблюдения, визуальную оценку и браковку гибридов, как и в предыдущем питомнике. Во время уборки клубни каждого незабракованного гибрида взвешивают, определяют общий и товарный урожай.

Гибриды, существенно уступающие районированным сортам аналогичной группы спелости по товарному урожаю, бракуются.

Во время уборки у отобранных гибридов набирают пробы для оценки крахмалистости, кулинарных качеств.

Остальной клубневой материал объединяется, хранится до весны и используется для закладки питомника основного испытания [7].

Питомник основного испытания

Цель основного испытания – существенно сократить число изучаемых гибридов до включения их в конкурсное испытание, в результате более глубокой оценки хозяйственно-ценных признаков в сравнении с районированными сортами. Делянки в этом питомнике двух-четырёх рядковые (по 25 растений) в рядке, повторность трёх-четырёх кратная. Стандарты высаживают через 20-25 гибридов. Размещение делянок в повторности рендомизированное.

Кроме наблюдений и учётов таких же, как и в предыдущие годы, проводится оценка гибридов по комплексу хозяйственно-ценных признаков. Берётся проба на скороспелость по 1 растению в рядке при 4х-рядковых делянках и по 2 растения – при 2х-рядковых (всего 12 кустов при 3-х кратной повторности и 16 – при 4х-кратной).

Оценка фитотроустойчивость по ботве в полевых условиях проводится в динамике: первый раз при явном поражении ранних стандартных сортов, последний раз – перед уборкой. В фазе полного цветения определяют устойчивость гибридов к фитотро по ботве методом искусственного заражения отдельных листьев в лабораторных условиях, а после уборки определяют в лабораторных условиях устойчивость клубней. Во время уборки набирают пробы для проведения биологической оценки на содержание в клубнях сухих веществ, аскорбиновой кислоты, крахмала. Для предварительного испытания на устойчивость к раку картофеля набирают по 10 клубней, нематоды – 5 клубней, фитотро – 3 клубня. В питомнике размножения, размещённом вне питомников испытания, осуществляют тщательную семеноводческую работу с каждым гибридом: прочистку, оценку и отбор клонов.

Весной во время уборки клубни гибридов оценивают по лежкости и поражённости болезнями. Гибриды, превосходящие районированные сорта, передаются в конкурсное испытание [7].

Питомник конкурсного испытания

Перспективный селекционный материал испытывают в течение 3 лет по методике государственного сортоиспытания. Делянки 4х-рядковые по 50 клубней в каждом рядке в 4х-кратной повторности, всего 800 клубней. Семенной материал для конкурсного испытания берут в течение двух следующих лет в питомнике селекционного материала [11].

Гибриды, прошедшие конкурсное испытание 1-го года (по тем же признакам, что в основном испытании), дополнительно оценивают на устойчивость к механическим повреждениям при уборке комбайном, на имитаторе или при уборке копателем. При уборке берется проба на пригодность к кулинарной обработке и переработке на полуфабрикаты, на государственное испытание ракоустойчивости (по 80 клубней) и полевого испытания на устойчивость к нематоде (70 клубней).

Весной семенной материал гибридов передается для испытания на вирусоустойчивость и фитотфороустойчивость на провокационных фонах, на экологическое испытание (по 120-280 клубней в 5-7 пунктах), предгосударственное испытание. По 10 клубней отсыпаются для оценки на устойчивость к фитотфоре.

Конкурсные испытания 2-го и 3-го годов проводятся по той же методике, что и 1-го года. После уборки гибридов 2-го года конкурсного испытания перспективные номера передаются для оценки на устойчивость к черной ножке, кольцевой гнили и фузариозам, по 40 клубней – для оценки мехповреждений.

Питомник динамического испытания

Параллельно питомнику конкурсного испытания в течение 3 лет закладывают питомник динамического испытания (по 50 кустов в 4 кратной повторности, всего 200 кустов). Для определения группы спелости гибридов за вегетацию делают 4 пробные копки (по 10 кустов в каждой повторности, всего по 40 растений) и определяют структуру урожая (число клубней на куст, массу одного клубня, товарность). Первую пробу берут в начале образования клубней у скороспелого стандарта (через 60-65 дней после посадки), последующие – через каждые 10 дней [7].

Питомник селекционного размножения

Служит для размножения гибридов, находящихся в конкурсном испытании. Повторность однократная, размер делянки, в зависимости от наличия материала, от 65 м²

до 1 га. Проводят фенологические наблюдения, учет болезней (3-4 раза), прочистки, предварительный учет. Питомник размещают на изолированном участке, материал для него отбирают по результатам индексации и серологического анализа [11].

Экологическое испытание

Проводят в 5-7 пунктах для определения пластичности гибридов в течение 3-х лет: в первый год – по методике предварительного, во второй и третий годы – основного испытания. Изучаемый материал рассылается на опытные станции, в селекционные зоны, лаборатории по первичному семеноводству, где его используют в первый год. В последующие годы оценивают материал, выращенный в пункте испытания.

IV. Производственное испытание

Одновременно с конкурсным испытанием гибридов 2-го года начинают производственное испытание лучших перспективных гибридов в сравнении со стандартными сортами соответствующей группы спелости и репродукции. Семенной материал берется из питомника селекционного размножения. Площадь делянок – 0,5 га для каждого гибрида и стандарта, повторность 2-х кратная.

На 2-й год испытания после накопления достаточного количества посадочного материала, производственного материала, производственный опыт закладывают в хозяйствах.

По результатам конкурсного испытания и производственной проверки лучшие гибриды рекомендуют для испытания в Госсортсети. На этом работа по выведению сорта считается законченной [7].

V. Государственное испытание

Перспективные гибриды, успешно выдержавшие конкурсное и производственное испытание, передаются на государственные испытания. Для этого оригинатор сорта (научное учреждение) должно иметь достаточное для рассылки количество посадочного материала стандартного размера (2-3 тонны). Посадочный материал для рассылки в Госсортсеть берется с участков селекционного размножения. Он должен отвечать по качеству требованиям элиты. Одновременно по каждому переданному на государственные испытания гибриду начинают первичное семеноводство. Его организацию необходимо начать с отбора 150-200 клонов каждого гибрида. К моменту

районирования (через три года) это позволит иметь около 100-200 т семенного материала для посадки нового сорта на площади примерно 50 га.

Продолжительность селекционного процесса от этапа выращивания сенцев до передачи гибрида на Госиспытание составляет 8 лет, а до момента районирования – 11 лет. Однако для многих гибридов этот срок увеличивается, ввиду вынуждения повторных испытаний или медленного их размножения. Ниже приведена схема селекционного процесса картофеля, демонстрирующая последовательность оценок селекционного материала в разных питомниках и их постепенную усложненность от первых этапов к последним. При этом количество изучаемых гибридов сокращается, а число клубней каждого гибрида (клона), переводимого в следующий питомник, увеличивается [7].

Наглядно схема селекционного процесса представлена в таблице 3.

Таблица 3. Схема селекционного процесса картофеля

0	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-8-й годы	9-11-й год	13-й год
Родительский питомник	Сеянцы	Одноклубневые комбинации (1-й питомник отбора)	Гибриды 2 года (2-й питомник отбора)	Предварительное испытание	Основное испытание	Конкурсное испытание	Государственное испытание	Районирование
	I – способы выращивания:	I – схема посадки 70×60 см; в каждой комбинации 500-1000 гибридов (возможно до 3-5 тыс., в зависимости от ценности комбинации), посадка клоновой сажалкой в 2-4 рядные делянки	I – схема посадки 70×30-35 см; однорядные делянки по 10-15 кустов; стандарты – через 30-50 номеров	I – схема посадки 70×30-35 см; двухрядные делянки по 13 клубней в рядке; всего 52-78 кустов, стандарт – через 20-30 номеров	I – схема посадки 70×30-35 см; 2-4-х рядные делянки по 25 клубней в рядке; повторность 3-4-х кратная, всего 200-400 кустов, стандарты по группам спелости	I – схема посадки 70×30-35 см; 2-4-х рядные делянки по 25 клубней в рядке; повторность 4-х кратная, всего 200-400 кустов, стандарты по группам спелости	Материал берется с участка селекционного размножения, полученного от клонов, отобранных в питомнике основного испытания	Первичное семеноводство: суперэлита (3-4 к.) элита (20-30 га), 100-150 га в производственных посадках
а) подбор пар	а) рассадный с последующей пикировкой в поле по комбинациям	II – индивидуальный отбор по комплексу хозяйственно ценных признаков, нумерация отобранных клонов	II – фенологические наблюдения; оценка на устойчивость к болезням в поле (вирусы, фитофтора, макроспориоз, ризиктония, парша, бактериозы), оценка по урожайности, компактности гнезда, форме клубней, глубине глазков; отбор лучших гибридов	II – дополнительно к оценкам предыдущего года: определение скороспелости по летней пробе; крахмалистости, оценка на устойчивость к раку и нематоде	II – дополнительно к оценкам предыдущего года: оценка на устойчивость к фитофторозу методом искусственного заражения; биохимическая оценка клубней на содержание сухих веществ, аскорбиновой кислоты, вкуса	II – дополнительно к оценкам предыдущего года: оценка на устойчивость к бактериозам, пригодность к промпереработке на готовые продукты и полуфабрикаты, определение содержания редуцирующих сахаров, потемнение мякоти; государственное испытание на устойчивость к раку и нематоде		
б) гибридизация	б) прямой посев наклонувшихся семян в теплице по	III – оценка комбинации по СКС, устойчивости		III – закладка питомника селекционного	III – отбор клонов в питомнике селекционного	III – параллельное изучение гибридов в динамическом и		

0	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-8-й годы	9-11-й год	13-й год
	комбинациям	к болезням и другим ценным признакам, по % отбора хозяйственно-ценных форм		размножения	размножения: 15-20 клонов каждого гибрида для организации семеноводства	экологическом испытании		
в) получение гибридных ягод	II – негативный отбор, подборка по одному клубню от каждого гибрида, объединение по комбинациям, браковка по болезням и другим показателям и другим показателям, формирование 2-3 наборов от каждой семьи					IV – производственное испытание		
г) извлечение семян, их упаковка, хранение	III – искусственное заражение сеянцев на устойчивость к отдельным болезням (вирусы, фитофтора)					V – клоны 2 года объединенные клоны супер-суперэлиты		

Объемы селекции на разных этапах

Средний объем селекционного материала на разных этапах селекционного процесса для одной селекционной точки по годам испытаний представлен ниже (табл. 4).

Таблица 4. Объем выращиваемого селекционного материала на разных этапах селекционного процесса картофеля

Год испытания	Питомник	Количество гибридов		Средний % отбора	Среднее количество растений одного гибрида (клона)
		Изученных	Отобранных		
1	Сеянцы	150000	100000	66	1
2	Одноклубневки	100000	50000	5	1
3	Гибриды 2 года	50000	1000	20	10-12
4	Предварительное испытание	1000	250	25	70-100
5	Основное испытание	250	50-60	25	600-1000
6	Конкурсное испытание 1 года	50	12-15	30	3-5 тыс.
7	Конкурсное испытание 2 года	15	6-8	50	15-25 тыс.
8	Конкурсное испытание 3 года	5-6	2-3	50	0,5-2 га
9	Госиспытание 1 года	1-2	1-2	–	2-10 га
10	Госиспытание 2 года	1-2	1	–	10-50 га
11	Районирование	1	1	–	100-200 га

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вирусные болезни – один из главных факторов, ограничивающих производство картофеля во всем мире. Вирусная инфекция приводит к снижению урожая и ухудшению его качества. Кроме того, требуются дополнительные экономические затраты на поддержание сорта в здоровом состоянии. Устойчивость сорта к вирусным болезням определяет его долговечность. Использование вирусоустойчивых сортов служит эффективной альтернативой и источником получения здорового семенного материала, снимает необходимость проведения химических обработок против распространителей вирусной инфекции.

В своей курсовой работе я постарался раскрыть тему селекции картофеля на устойчивость к вирусным болезням. В ней рассмотрены вопросы, касающиеся различных типов устойчивости растений картофеля к вирусам: их сущность, источники и характер наследования. Изложены принципы подбора пар при селекции на комплексную устойчивость к вирусам, представлен каталог родительских линий по трем основным направлениям селекции – на иммунитет к вирусу Y, горизонтальную устойчивость к фитофторе и повышенную крахмалистость. Описаны методы испытания на вирусоустойчивость и диагностики вирусных болезней. Приведены достижения генной инженерии в области создания вирусоустойчивых линий картофеля. Представлена схема селекционного процесса от коллекционного питомника до государственного сортоиспытания.

24 февраля 2007г. _____ / Вагун И.В.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Блоцкая Ж.В. Методы селекции на устойчивость к болезням. Под ред. чл.-корр. АН БССР А.Л. Амбросова. – Минск: Ураджай, 1984.
2. Будин К.З. Генетические основы селекции картофеля. – Л.: Агропромиздат, 1986.
3. Картофель России / под ред. А.В. Коршунова. – М., 2003.
4. Каталог исходных форм для основных направлений селекции картофеля. – М.: Всерос. НИИКХ, 2002.
5. Келдыш М.А., Помазков Ю.И. Вирусы, вириды и микоплазмы растений: Учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2003.
6. Кучко А.А. Создание и использование исходного материала в селекции картофеля: сборник научных трудов. – Киев: Укр. акад. аграр. наук. Институт картофелеводства, 1992.
7. Методические указания по технологии селекции картофеля. – М.: Всерос. НИИКХ, 1994.
8. Росс Х. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы: пер. с англ. – М.: Агропромиздат, 1989.
9. Селекция и семеноводство картофеля: научные труды. – М., 1992.
10. Селекция картофеля на иммунитет и защита от болезней и вредителей. Научные труды. – М.: НИИКХ, 1986.
11. Частная селекция полевых культур / В.В. Пыльнев, Ю.Б. Коновалов, Т.И. Хупацария и др.; Под ред. В.В. Пыльнева. – М.: КолосС, 2005.