

## РАЗВИТИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

Л.В. Хотылева, Н.А. Картель, А.В. Кильчевский

Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, 220072, Минск, Беларусь,  
e-mail: L.Khotyleva@igc.bas-net.by

Статья посвящена итогам научной деятельности Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси за 40-летний период. Дан краткий исторический очерк наиболее важных теоретических и практических достижений по проблемам гетерозиса, нехромосомной наследственности, полиплоидии, экспериментальному мутагенезу. Отражен вклад известных ученых академиков Национальной академии наук Беларуси А.Р. Жебрака, Н.В. Турбина, П.Ф. Рокицкого в развитие основных направлений исследований.

В статье представлены работы Института по генетике тритикале, секалотритикума, озимой ржи, пшеницы, томата, льна, картофеля и других культур. Совместные работы с институтами аграрного профиля привели к созданию новых высокоурожайных сортов и гибридов ряда сельскохозяйственных растений.

Институт выполнил большой объем исследований по генетическим последствиям аварии на Чернобыльской АЭС. В последние годы активно разворачиваются молекулярно-генетические исследования по структурно-функциональной организации геномов растений, культуре клеток и ДНК-технологиям.

Результаты работы Института генетики и цитологии НАНБ высоко оценены научной общественностью и руководством страны. Сотрудниками Института получено 3 Государственных премии Республики Беларусь и 4 премии Национальной академии наук Беларуси.

В 2005 г. исполняется 40 лет со дня основания Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси. За эти годы Институт вырос в крупный научный центр, в котором получили развитие новые научные направления генетических исследований, построена экспериментальная база, ведется подготовка научных кадров генетиков.

Становление Института совпало с периодом, когда в биологической науке еще господствовало псевдонаучное лысенковское направление. Белорусской генетике повезло – у ее истоков стояли такие выдающиеся генетики современности, как академики Национальной академии наук БССР А.Р. Жебрак, Н.В. Турбин, П.Ф. Рокицкий, которые заложили основы исследований и создали научные школы по фундаментальным проблемам классической генетики.

Начало теоретическим исследованиям в области генетики в Беларуси было положено

работами Антона Романовича Жебрака по экспериментальной полиплоидии сельскохозяйственных растений (Жебрак, 1944; 1957). Его работы по отдаленной гибридизации растений и цитогенетике полиплоидов ознаменовали собой начало нового этапа в развитии экспериментальной генетики. Глубоко продуманные работы по скрещиванию разных видов пшениц, а также использование для преодоления бесплодия колхичинирования позволили А.Р. Жебраку получить выдающиеся результаты в области экспериментальной полиплоидии.

Наиболее интенсивное развитие генетических исследований связано с избранием в состав Национальной академии наук Беларуси в 1953 г. профессора Ленинградского государственного университета Николая Васильевича Турбина. Человек глубокой научной эрудиции и неиссякаемой энергии, прекрасный лектор и талантливый организатор

науки Н.В. Турбин за сравнительно короткий период не только создал крупную научную генетическую школу, но и способствовал интенсивному развитию многих направлений генетики в Беларуси. По его инициативе в Институте биологии АН БССР создается отдел генетики, преобразованный в 1965 г. в Институт генетики и цитологии, и его назначают научным организатором и директором. В этот период начинается многоплановое развитие генетических исследований в Республике по биологии оплодотворения, теории гетерозиса, генетике количественных признаков, экспериментальной полиплоидии, нехромосомной наследственности, математической генетике, мутагенезу, теории отбора. Осуществляется активная подготовка научных кадров генетиков в стенах Института и на кафедре генетики Белорусского государственного университета, которую также возглавил Н.В. Турбин.

Одним из приоритетов в исследованиях Института становится изучение явления гетерозиса как проблемы, связанной с существенным повышением продуктивности растений. Выявление механизмов формирования гетерозиса обеспечивает возможность прогнозирования и целенаправленного использования этого явления в селекции высокопродуктивных гибридов сельскохозяйственных культур.

Н.В. Турбиным сформулирована новая генетическая концепция гетерозиса, основанная на теории генетического баланса, которая исходит из представления о разнонаправленном действии на развитие признака многих наследственных факторов (Турбин, 1961).

Разработаны принципы и методы оценки комбинационной способности компонентов гибридизации с использованием системы диаллельных скрещиваний, изучена наследуемость хозяйственно важных признаков у исходных популяций, проведен анализ генетических свойств инбредных линий кукурузы (Турбин и др., 1974). Разработан алгоритм статистических расчетов и выведены рабочие формулы, позволяющие оценивать комбинационную способность генетически разнокачественных наборов родительских форм (Савченко, 1984).

Исследованы генетические основы и принципы селекции на комбинационную

способность компонентов гибридизации, разработаны модификации периодического отбора, выявлены типы действия генов при гетерозисе и определена роль среды в его проявлении у различных культур, показана возможность многократного использования эффекта гетерозиса (Палилов, 1976; Хотылева, Тарутина, 1982; Каминская, 1985; Тарутина, Хотылева, 1990).

Разработан метод оценки эколого-генетических параметров генотипов, популяций и сред, который позволяет определить общую и специфическую адаптивную способность генотипов растений и их экологическую стабильность; он дает возможность провести комплексную оценку среды как фона для отбора; расчленил фенотипическую вариацию популяции на вариации общей и специфической адаптивной способности и обоснованно выбирать направления адаптивной селекции. Предложены концепция и методы экологической селекции растений для создания высокопродуктивных, энергоэффективных и экологически стабильных сортов, обеспечивающих получение экологически безопасной продукции при использовании природоохранных технологий. Цикл научных разработок по экологической генетике и селекции растений удостоен в 1999 г. премии Национальной академии наук Беларуси (Кильчевский, Хотылева, 1989; 1997).

При разработке теории и методов формирования генетически сбалансированных гетерозисных популяций растений (синтетических сортов) предложена оригинальная математическая модель, позволяющая определять зависимость относительной продуктивности формируемых популяций от показателя общей комбинационной способности, степени инбридинга и числа объединяемых компонентов для полигенно контролируемого признака. С использованием этой модели разработан способ оценки сортов-популяций как исходного материала для заложения инбредных линий с высокой комбинационной способностью (Кедров-Зихман, 1974).

В последние годы для исследования механизмов гетерозисного эффекта привлекаются методы биохимии и молекулярной генетики. Результаты изучения биоэнергетических процессов при гетерозисе позволили реализовать

системный физиолого-биохимический подход к оценке селекционного материала и установить причинно-следственные связи между биоэнергетическими показателями и продуктивностью (Хотылева и др., 1991; Титок, 2004). Теоретические и методические разработки по проблеме гетерозиса нашли широкое практическое использование при выведении гетерозисных гибридов в Беларуси и других странах СНГ. Совместно с сотрудниками Института овощеводства НАНБ созданы и включены в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики сорта и гибриды томата, перца сладкого и острого.

За цикл работ «Генетика гетерозиса и пути его использования в селекции растений» сотрудникам Института Н.В. Турбину, Л.В. Хотылевой, В.Е. Бормотову, О.О. Кедрову-Зихману, В.К. Савченко, Е.А. Бычко, Л.Н. Каминской, Л.А. Тарутиной, Б.Ф. Матросову, А.И. Палилову в 1984 г. присуждена Государственная премия Республики Беларусь.

Большое влияние на развитие теоретических исследований в области генетики оказали работы академика НАНБ Петра Фомича Рокицкого. В 1965 г. по инициативе Н.В. Турбина в Институте создается лаборатория теоретической генетики, на руководство которой он приглашает академика П.Ф. Рокицкого. В эти годы благодаря усилиям П.Ф. Рокицкого в Институте возникает новое перспективное направление исследований – математическое моделирование генетических процессов в популяциях, что делает Институт одним из признанных центров страны по математической генетике.

П.Ф. Рокицкий разработал и внедрил в разные области биологии статистические методы. Его книги по биологической статистике остаются надежными помощниками для исследователей до настоящего времени (Рокицкий, 1973, 1978). За разработку вопросов статистической генетики и внедрение математических методов в биологию П.Ф. Рокицкому в 1974 г. присуждена Государственная премия Республики Беларусь.

Ученые Института внесли серьезный вклад в разработку проблем полиплоидии растений. Учитывая преимущество триплоидных гибридов сахарной свеклы, белорусские генетики в числе первых в бывшем СССР приступили к созданию кол-

лекции ее тетраплоидных форм и выведению на их основе высокопродуктивных триплоидных гибридов. В этих исследованиях изучены особенности роста и развития тетраплоидных и триплоидных растений сахарной свёклы, их цитогенетика, характер проявления гетерозиса у полиплоидов; разработаны методы создания триплоидных гибридов (Бормотов, Турбин, 1972).

Выполнен теоретический анализ расщепления генов у полиплоидов, исследовано влияние режима свободных скрещиваний и инбридинга на изменение генетической структуры популяций автополиплоидов. Выведены рекуррентные уравнения, описывающие процесс отбора, позволяющие определить частотные параметры в популяции при ее переходе в стационарное состояние (Савченко, 1976).

Теоретические и методические разработки по полиплоидии сегодня широко используются для создания сортов сахарной свеклы. Совместно с Опытной станцией по сахарной свекле и селекционными фирмами КВС (Германия) и Марибо (Дания) в последние годы в Беларуси созданы и районированы сорта сахарной свеклы, которыми засеваются 10–12 % посевных площадей Республики, занимаемых сахарной свеклой.

В Институте активно ведется разработка технологии создания нового генетического материала сахарной свеклы в культуре *in vitro*. При использовании в качестве экспланта неоплодотворенных семяпочек получены оригинальные дигаметоидные гиногенетические формы сахарной свеклы. Получен первый гибрид между удвоенными гаплоидными линиями гиногенетического происхождения (Svirshchevskaya, Dolezel, 2001).

Сотрудники Института были одними из первых, кто начал всесторонне исследовать проблемы нехромосомной наследственности. Н.В. Турбиным и А.Н. Палиловой предложена оригинальная теоретическая модель взаимодействия ядерных генов и плазмогенов при формировании цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). Изучены генетические, цитологические и биохимические основы возникновения ЦМС у растений и получены стерильные аналоги линий кукурузы и линии восстановители фертиль-

ности. Выявлено изменение набора изоформ ферментов различных групп, свидетельствующее о нарушении функциональной активности генов, кодирующих их синтез (Турбин, Палилова, 1975; Давыденко, 1984; Палилова, 1986).

Проводятся исследования молекулярных механизмов взаимодействия ядерной и цитоплазматических генетических систем, что позволит более целенаправленно использовать потенциал изменчивости митохондриального и хлоропластного геномов в селекции сельскохозяйственных культур. Сформулирована концепция преобразований клеточных геномов в процессе отдаленной гибридизации как способ взаимной коадаптации ядра и органелл. Полученные результаты расширяют представление о генетических механизмах контроля наследования органелльных геномов у высших растений. Монография «Миры геномов органелл» (Даниленко, Давыденко, 2003), посвященная проблемам молекулярной генетики пластид и митохондрий, особенностям функционирования их геномов в клетке, получила премию Национальной академии наук Беларуси 2003 г.

Установлена важная роль взаимодействия ядерных и цитоплазматических генов в защитных реакциях растений к грибным патогенам и вирусам. Показано участие цитоплазматических генетических систем в механизмах фитогормональной регуляции экспрессии генов, устойчивости картофеля к вирусной инфекции, генетическом контроле резистентности мягкой пшеницы к бурой ржавчине, мучнистой росе и другим грибным болезням. На основе результатов этих исследований совместно с Институтом земледелия и селекции НАНБ создан и с 2003 г. включен в Государственный реестр сортов сорт пшеницы Рассвет, который характеризуется высокими урожайностью и качеством зерна, а также устойчивостью к мучнистой росе.

За разработку фундаментальных и прикладных проблем взаимодействия ядерной и цитоплазматической генетических систем у растений сотрудники Института А.Н. Палилова, П.А. Орлов и Е.А. Волуевич удостоены Государственной премии Республики Беларусь 2002 г.

Много внимания в своих исследованиях Институт уделяет работе с новой для Рес-

публики и перспективной зерновой культурой тритикале.

Создана коллекция окто- и гексаплоидных линий тритикале с известной системой *Vrn*-генов, определяющих потребность в яровизации и играющих важную роль в адаптации и продуктивности растений. Она послужила экспериментальной моделью при изучении молекулярно-генетических основ экспрессии *Vrn*-локусов у тритикале в совместных с Институтом цитологии и генетики СО РАН исследованиях. Выявлены и количественно описаны закономерности экспрессии доминантных *Vrn*-генов и ее изменчивости у тритикале, изучены районы расположения этих генов на хромосомах, а также охарактеризованы кариотипы созданных линий тритикале. Обнаружен сильный ингибирующий эффект генетической среды тритикале на проявление всех доминантных *Vrn*-генов. Полученные данные объясняют относительную позднеспелость яровых гексаплоидных тритикале в условиях Беларуси и указывают на возможный путь преодоления этого недостатка путем реконструкции генома тритикале (Kaminskaya *et al.*, 2002).

Предложен и экспериментально обоснован новый путь расширения генофонда тритикале посредством интрогрессии генетического материала *Aegilops* в геном гексаплоидных тритикале (Орловская, 2002).

В процессе совместных исследований с лабораторией генетики и физиологии Всесоюзного института растениеводства им. Н.И. Вавилова был получен высокопродуктивный сорт ярового тритикале Немига 2, который районирован в Киргизии и Таджикистане в 1987 г.

Изучаются закономерности и механизмы формирования и реконструкции кариотипов при анеу- и аллоплоидии хлебных злаков. Особый интерес представляют работы по созданию и изучению нового типа гибридов секалотритикум, где в качестве материнской формы используется рожь.

Показано, что при создании секалотритикума в качестве источников геномов пшеницы лучше использовать гексаплоидные тритикале (AABBRR,  $6x = 42$ ), а источником генома ржи – более совместимые с тритикале сорта тетраплоидной озимой ржи (RRRR,  $4x = 28$ ). Выделены сорта тетраплоидной

озимой ржи (Новосибирская и Пуховчанка) и формы тритикале (NE 83-12 и Ugo), характеризующиеся повышенной совместимостью (Гордей, 1992).

В Институте выполнено экспериментальное реконструирование кариотипа злаков путем межгеномных замещений хромосом. С использованием замещенных форм гексаплоидных тритикале изучен процесс формирования кариотипа при межгеномных замещениях хромосом. Установлено, что интрогрессия хромосом D-генома в кариотипе гексаплоидных тритикале способствует улучшению ряда хозяйственно полезных признаков. Сделан вывод о перспективности синтеза форм тритикале с комбинированным A/B/D-геномом пшеницы и полным набором хромосом ржи, что позволяет вести селекцию на одновременное улучшение нескольких хозяйственно полезных признаков (Дубовец, Бормотов, 1993). Цикл работ по созданию и цитогенетическому исследованию 28-хромосомных пшенично-ржаных гибридов удостоен премии Академии наук Беларуси в 1993 г.

Теоретически обоснованы и методически разработаны новые программы селекции озимой ржи на основе гетероплоидных скрещиваний, предложен метод переноса доминантных генов с диплоидного на тетраплоидный уровень, получена низкостебельная тетраплоидная форма, которая несет ген карликовости (*Ddw1*), созданы уникальные коллекции инбредных самофертильных линий и трисомная серия линий озимой ржи (Кедров-Зихман, Шилко, 1979).

Предложена генетическая концепция создания экологически стабильных гибридов и популяций важнейшей для Республики культуры картофеля, которая включает оригинальные подходы оптимального сочетания генетических манипуляций с материалом на диплоидном и тетраплоидном уровне, получение гаплоидов в культуре пыльников и эффективную технологию микроклонального размножения ценных генотипов (Ермишин, 1998).

В процессе генетических исследований пшеницы создана новая серия моносомных линий ярового сорта Опал, которая зарегистрирована в Европейском объединении по анеуплоидам пшеницы (EWAC) в 1992 г. и передана для использования в ряд научных

учреждений России, Украины, Казахстана, КНР (Дыленок, Яцевич, 1984). Создана и изучена серия дисомных линий пшеницы Опал на цитоплазме Опал. Выявлена гетерогенность линий на уровне ДНК. Установлено, что линии различаются между собой и отличаются от исходного сорта по белок-ферментным системам. Определены маркеры, позволяющие дискриминировать генотипы отдельных линий по наличию уникальных и полиморфных локусов (Шаптуренко и др., 2003).

В Институте выполнены разносторонние исследования по генетике льна. Проведен систематический анализ генетических систем, контролирующих развитие признаков продуктивности волокна и семян у льна долгунца; оценены интегральные показатели энергетического метаболизма у образцов льна разной продуктивности (Хотылева и др., 1997; Титок и др., 2005). Для идентификации генотипов-доноров высокого качества льнопродукции разработаны принципиально новые методы его оценки на основе термогравиметрического анализа, сканирующей электронной микроскопии и инфракрасной спектроскопии.

С целью изучения генофонда этой ценной для Республики культуры начаты молекулярные исследования генетического разнообразия и родственных связей представителей рода *Linum* с последующей идентификацией видов и сортов. Проведенный RAPD-анализ геномной ДНК различных видов льна позволил решить проблему дифференциации некоторых видов рода *Linum*, трудно различимых по морфологическим маркерам. Метод молекулярного маркирования генома на основе RAPD-PCR дает возможность четко определить таксономический статус представителей рода *Linum* и установить филогенетические взаимоотношения между разновидностями льна культурного и его дикими сородичами, и тем самым снять спорные вопросы систематики (Lemesh, Khotyljova, 2000).

По инициативе молодых ученых в Институте в 1980 г. были начаты генетические исследования с экзотической для Республики культурой – соей. Собрана богатая коллекция различных форм и сортов, на основе которой методами гибридизации и отбора вы-

ведены и внесены в Государственный реестр сортов и кустарниковых пород Республики новые сорта сои. Сейчас работа по созданию и семеноводству новых высокоурожайных сортов и гибридов сои, а также подсолнечника, фасоли, льна масличного успешно проводится созданной при участии Института компанией «Соя – Север».

В последнее время в сотрудничестве с Институтом животноводства НАН Беларуси получили развитие исследования по генетике животных, направленные на разработку программ ДНК-диагностики хозяйственно ценных признаков крупного рогатого скота и свиней с целью ускорения селекционного процесса.

Разработана технология повышения эффективности карповодства в обычных экологических условиях и на радиационно-загрязненных территориях, которая защищена патентами Российской Федерации, Республики Беларусь и Украины.

Выполнены исследования по генетике азотфиксирующих бактерий и созданы штаммы с повышенной способностью азотфиксации и колонизации корневой системы растений. Создан штамм микроорганизмов *Burckholderia sp. 418*, на основе которого организовано производство препарата «Ген-ю» в провинции Шаньдун (КНР).

Значимое место в исследованиях Института занимает изучение мутационного процесса, которое осуществляется на растениях, микроорганизмах и на модельном объекте дрожиле.

Длительное время в Институте проводилось изучение закономерностей мутационной изменчивости зерновых культур под воздействием радиации и лазерного облучения. Выявлено и изучено явление генетической нестабильности радиационных мутантов (Володин, 1975).

В эти годы активно выполнялась работа по изучению мутационного процесса, направленная на выявление антимутагенов, тормозящих естественный мутационный процесс, и использованию химических веществ для защиты от генетического действия ионизирующих излучений. Были открыты антимутагены среди лекарственных соединений сульфаниламидного ряда и новых антиоксидантов – производных 4-дигидропиридина, установлена

зависимость антимутагенной активности от химической структуры соединений, что послужило основой для разработки структурно-функционального подхода к поиску антимутагенов. Р.И. Гончаровой сформулирована концепция антимутагенеза как генетического процесса, который осуществляется многокомпонентной антимутагенной системой на молекулярном, клеточном и организменном уровнях. Предложен общий принцип действия экзогенных антимутагенов через экспрессию генов различных защитных систем, ответственных за жизнеспособность клеток и организмов и устойчивость их к воздействию неблагоприятных факторов (Гончарова, 1974; Кужир, 1999).

Обнаружена новая группа радиозащитных соединений, эффективно уменьшающих мутагенный эффект ионизирующей радиации. И.Б. Моссэ с сотрудниками принадлежит приоритет в разработке уникального генопротектора на основе пигмента меланина, способного защищать организм (и в частности, наследственные структуры) от повреждающего действия не только острого, но и хронического облучения (Моссэ, 1990, 2002). Эта проблема приобретает особую актуальность в связи с аварией на Чернобыльской атомной электростанции.

В Институте проведены систематические исследования генетических последствий аварии на детском населении, проживающем в радиационно-загрязненных районах, а также на природных популяциях земноводных, грызунов, рыб, насекомых. Генетический мониторинг выявил ускорение мутационного процесса в первые послеаварийные годы, а затем некоторое снижение темпа мутирования и возникновение адаптации популяций к повышенному радиационному фону. Установлены генетические эффекты низких доз хронического облучения. Получены экспериментальные данные, свидетельствующие о возрастании генетического риска в последующих поколениях людей, подвергающихся низкодозовому хроническому облучению.

Изучаются молекулярные механизмы возникновения рака щитовидной железы у детей и подростков из зоны загрязнения территории Республики радионуклидами (Писарчик и др., 2000).

Более 30 лет в Институте развивались исследования по онкогенетике. Г.В. Красков-

ским сформулирована генетическая концепция раковой анергии и предложен оригинальный методический подход к диагностике рака. Выявлена роль иммунитета в устранении генетических повреждений клеток в процессе канцерогенной индукции и подавлении опухолевого роста, изменчивости генотипа популяции к антителам и преодолении иммунологической атаки организма. На линейных мышах изучен генетический механизм контроля клеточного гомеостаза в процессе канцерогенеза (Красковский, 1970, 1990).

В настоящее время формируются генетический и профилактический регистры рака молочной железы для женщин двух регионов Республики. Выявлены группы онкориска, нуждающиеся в постоянном медицинском наблюдении для раннего выявления заболевания и своевременного лечения (Порубова, 2003).

В 1970-е гг. в Институте получают развитие исследования по генетической трансформации растений, молекулярной генетике и биотехнологии. По инициативе Н.В. Турбина сначала совместно с Институтом прикладной молекулярной биологии и генетики ВАСХНИЛ, а затем самостоятельно были развернуты исследования по генетической трансформации растений – совершенно новому в то время направлению мировой науки (Turbin *et al.*, 1975). Для решения этих проблем была создана тематическая группа, а затем лаборатория молекулярной генетики, основанная академиком НАН Беларуси Н.А. Картелем. Под его руководством за этот период получены оригинальные результаты по исследованию эффектов экзогенной ДНК у растений и разработаны актуальные проблемы методологии генетической трансформации (Картель, 1981).

Исследования по структурно-функциональной организации геномов и молекулярному картированию генов у сельскохозяйственных растений сейчас являются одним из основных направлений лаборатории молекулярной генетики. Эти работы получили международное признание, часть из них выполняется совместно с учеными Германии, Англии, Нидерландов и других стран.

Совместно с учеными России и Германии создана насыщенная молекулярными маркерами генетическая карта ржи и картировано

около 20 хозяйственно ценных генов. Результаты этих исследований являются приоритетными и важными для селекции и биотехнологии сельскохозяйственных растений, а также молекулярной паспортизации новых для Республики сортов (Korzun *et al.*, 1998).

Одной из проблем, изучаемых сейчас в Институте на молекулярном уровне, является проблема структурно-функциональной организации геномов злаковых культур. В результате изучения геномов пшеницы, ячменя и ржи получены оригинальные данные по структуре, полиморфизму и роли в функционировании геномов некоторых простых и транскрипционно-активных повторяющихся последовательностей ДНК (*AT, AC, tars 1*) (Урбанович, Картель, 1998).

Особый интерес представляют разворачиваемые в последние годы исследования по разработке технологий создания трансгенных растений, изучению эффективности экспрессии и стабильности интеграции чужеродных генов в трансгенных растениях. Сотрудниками лаборатории молекулярной генетики разработана технология создания трансгенных растений, толерантных к широкому спектру тяжелых металлов и нефтепродуктов. Сконструированы плазмидные векторы с генами, кодирующими синтез рамнолипидов (*rhlA, rhlB*), и на их основе созданы трансгенные растения табака, способные успешно расти на почвах, загрязненных нефтепродуктами, а также содержащих высокие концентрации меди, свинца, цезия, алюминия и других металлов (Brichkova *et al.*, 2004). Технология может быть использована для селекции трансгенных сельскохозяйственных и древесных растений, пригодных для выращивания на загрязненных тяжелыми металлами и нефтепродуктами территориях. Проводятся исследования по получению трансгенных растений рапса и картофеля, устойчивых к гербицидам и грибным болезням.

Н.А. Картелем с сотрудниками подготовлен и издан «Энциклопедический словарь генетических терминов», отмеченный в 2002 г. премией Национальной академии наук Беларуси (Картель и др., 1999).

По инициативе институтов Отделения биологических наук НАН Беларуси подготовлена и в 2002 г. одобрена Советом Министров Республиканская программа «Генетическая инже-

нерия» на 2002–2006 гг., которая призвана стимулировать развитие в Республике работ по этому исключительно важному и перспективному направлению, подготовку кадров и создание соответствующей материальной базы в научных учреждениях.

По ряду направлений Институт плодотворно сотрудничает с другими институтами НАН Беларуси, вузами Республики, НИИ России и дальнего зарубежья.

Выполненные в Институте фундаментальные исследования привели к созданию новых сортов, линий, гибридов сельскохозяйственных культур, бактериальных удобрений, генетико-селекционных программ и методов, повышающих эффективность селекционного процесса, которые используются в научных экспериментах и в практике сельского хозяйства. При участии Института создано и районировано в Республике и за ее пределами 8 гибридов F<sub>1</sub> томата, 5 сортов перца сладкого, 5 сортов сахарной свеклы, 4 сорта сои, 2 сорта озимой ржи, по 1 сорту пшеницы и подсолнечника. Ряд новых гибридов и сортов находятся в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений.

Сегодня исследования Института сосредоточены на разработке приоритетных фундаментальных и прикладных проблем генетической науки. Они направлены на изучение генетических процессов регуляции жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов с целью управления их продуктивностью, качеством, устойчивостью, включая изучение структурно-функциональной организации и изменчивости геномов, проблемы генетической и клеточной инженерии.

Как видно из краткого обзора, диапазон исследований Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, единственного генетического учреждения Республики, широко охватывает и решает многие проблемы генетики, актуальные не только для развития биологической науки, но и для народного хозяйства страны.

### Литература

- Бормотов В.Е., Дубовец Н.И., Щербакова А.М., Бадаев Н.С. Тетраплоидные тритикале. Минск: Навука і тэхніка, 1990. 136 с.
- Бормотов В.Е., Турбин Н.В. Экспериментальная полиплоидия и гетерозис у сахарной свеклы. Минск: Наука и техника, 1972. 232 с.
- Володин В.Г. Радиационный мутагенез у растений. Минск: Наука и техника, 1975. 192 с.
- Гончарова Р.И. Антимутагенез. Минск: Наука и техника, 1974. 144 с.
- Гордей И.А. Тритикале: Генетические основы создания. Минск: Навука і тэхніка, 1992. 287 с.
- Давыденко О.Г. Нехромосомные мутации. Минск: Наука и техника, 1984. 164 с.
- Даниленко Н.Г., Давыденко О.Г. Миры геномов органелл. Минск: Тэхналогія, 2003. 494 с.
- Дыленок Л.А., Яцевич А.П. Моносомный анализ в генетических исследованиях пшеницы. Минск: Наука и техника, 1984. 111 с.
- Ермишин А.П. Генетические основы селекции картофеля на гетерозис. Минск: Тэхналогія, 1998. 183 с.
- Жебрак А.Р. Синтез новых видов пшениц. М.: Сельхозгиз, 1944. 53 с.
- Жебрак А.Р. Полиплоидные виды пшениц. М., 1957.
- Каминская Л.Н. Рекуррентная селекция. Минск: Наука и техника, 1985. 160 с.
- Картель Н.А. Эффекты экзогенной ДНК у высших растений. Минск: Наука и техника, 1981. 143 с.
- Картель Н.А., Макеева Е.Н., Мезенко А.М. Генетика: энциклопедический словарь. Минск: Тэхналогія, 1999. 448 с.
- Кедров-Зихман О.О. Поликросс-тест в селекции растений. Минск: Наука и техника, 1974. 128 с.
- Кедров-Зихман О.О., Шилко Т.С. Получение и использование трисомиков озимой ржи. Минск: Наука и техника, 1979. 176 с.
- Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генотип и среда в селекции растений. Минск: Наука и техника, 1989. 191 с.
- Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія, 1997. 372 с.
- Красковский Г.В. Иммуногенетические основы раковой анергии. Минск: Наука и техника, 1970. 264 с.
- Красковский Г.В., Миголень Т.И. Вариация количества иммунных комплексов и опухолевых антигенов в асцитической жидкости при росте гепатомы 22а у мышей // Докл. АН Беларуси. 1994. Т. 38, № 5. С. 75–78.
- Кужир Т.Д. Антимутагены и химический мутагенез в системах высших эукариот. Минск: Тэхналогія, 1999. 267 с.
- Моссэ И.Б. Радиация и наследственность: генетические аспекты противорадиационной защиты. Минск: Университетское изд-во, 1990. 208 с.
- Орловская О.А. Анализ конъюгации хромосом у



- гибридов F<sub>1</sub> и F<sub>4</sub> в процессе интрогрессии *Aegilops L.* в геном тритикале // Докл. НАН Беларуси. 2002. Т. 46, № 3. С. 88–91.
- Палилов А.И. Многократный гетерозис. Минск: Наука и техника, 1976. 160 с.
- Палилова А.Н. Генетические системы у растений и их взаимодействие. Минск: Наука и техника, 1986.
- Писарчик А.В., Ярмолинский Д.Г., Демидчик Ю.Е. и др. Перестройки *ret/PTC1* и *ret/PTC3r1* в клетках рака щитовидной железы, возникшие у жителей Белоруссии в период после аварии на ЧАЭС // Генетика. 2000. Т. 36, № 7. С. 959–964.
- Порубова Г.М. Выявление случаев семейного рака молочной железы среди женского населения двух регионов Беларуси // Мед. новости. 2003. № 8. С. 91–93.
- Рокицкий П.Ф. Введение в статистическую генетику. Минск: Вышэйш. шк., 1978. 448 с.
- Савченко В.К. Генетика полиплоидных популяций. Минск: Наука и техника, 1976. 240 с.
- Савченко В.К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях. Минск: Наука и техника, 1984. 223 с.
- Тарутина Л.А., Хотылева Л.В. Взаимодействие генов при гетерозисе. Минск: Навука і тэхніка, 1990. 176 с.
- Титок В.В. Молекулярно-генетические и биохимические маркеры при гетерозисе // Весці НАН Беларусі. 2004. № 3. С. 103–108.
- Титок В.В., Юренкова С.И., Титок М.В., Хотылева Л.В. Характеристика энергетического метаболизма в онтогенезе льна-долгунца при гетерозисе // Генетика. 2005. Т. 41, № 2. С. 1–7.
- Турбин Н.В. Гетерозис и генетический баланс // Гетерозис. Минск: Изд-во Академии наук Белорусской ССР. 1961. С. 3–34.
- Турбин Н.В., Палилова А.Н. Генетические основы цитоплазматической мужской стерильности у растений. Минск: Наука и техника, 1975. 184 с.
- Турбин Н.В., Хотылева Л.В., Тарутина Л.А. Диаллельный анализ в селекции растений. Минск: Наука и техника, 1974. 184 с.
- Урбанович О.Ю., Картель Н.А. Анализ структуры повтора BRS1 из геномной ДНК ячменя (*Hordeum vulgare L.*) // Цитология и генетика. 1998. Т. 32, № 4. С. 43–49.
- Хотылева Л.В., Полонецкая Л.М., Посканная С.И. Генетический контроль признаков продуктивности волокна и семян у льна-долгунца в системе диаллельных скрещиваний // Генетика. 1997. Т. 33, № 6. С. 800–803.
- Хотылева Л.В., Разумович В.В., Титок В.В. и др. Биоэнергетические процессы при гетерозисе. Минск: Навука і тэхніка, 1991. 176 с.
- Хотылева Л.В., Тарутина Л.А. Взаимодействие генотипа и среды. Минск: Наука и техника, 1982. 109 с.
- Шаптуренко М.Н., Куделко Л.И., Яцевич А.П., Хотылева Л.В. Формирование нового исходного материала на основе генетической гетерогенности дисомных растений пшеницы из потомства анеуплоидов // Генетика. 2003. Т. 38, № 11. С. 1508–1513.
- Brichkova G., Sorokin A., Kartel N. Bioremediation with ecologically safe plants // Genomic in Plant Biotechnology. Nat. Sci. Series. 2004. V. 359. P. 147–158.
- Kaminskaya L.N., Koren L.V., Salina E.A. et al. Expression of *Vrn*-genes in triticale and some of their molecular-genetic aspects // The 5-th Intern. triticale symposium. June 30–July 5. 2002, IHAR Radzików, Poland. 2002. P. 103–110.
- Korzun V., Kartel N., Malyshev S. et al. A genetic linkage map of rye (*Secale cereale L.*) // Theor. Appl. Genet. 1998. V. 96. P. 203–208.
- Lemesh V.A., Khotyljova L.V. Phylogenetic relationships among varieties of cultivated flax and its wild relatives // Proc. Intern. Sci. Conf. «Biodiversity and dynamics of ecosystems in North Eurasia». Novosibirsk, 2000. V. 1. P. 70–72.
- Mosse I., Dubovic B., Plotnikova S. et al. Melanin is effective radioprotector against chronic irradiation and low radiation doses // IRPA. Regional Congress on Radiation Protection in Central Europe. Radiation Protection and Health, Proceedings. Dubrovnik, Croatia, May 20–25, 2001. ISBN 2002. 30-06 P. 1–6.
- Svirshchevskaya A.M., Dolezel J. Karyological characterization of sugar beet gynogenetic lines cultured *in vitro* // J. Appl. Genet. 2001. V. 42, N 1. P. 21–32.
- Turbin N.V., Soyfer V.N., Kartel N.A., Chekalin N.M. Genetic modification of the waxy character in barley under the action of exogenous DNA of the wild variety // Mutat. Res. 1975. V. 27. P. 59–68.

## Progress in genetic studies in Belarus National Academy of Sciences

L.V. Khotyleva, N.A. Kartel, A.V. Kilchevsky

Institute of Genetics and Cytology of NASB, 220072, Minsk, Belarus,  
e-mail: L.Khotyleva@igc.bas-net.by

### Summary

The paper is devoted to the results of scientific activities of the Institute of Genetics and Cytology at the National Academy of Sciences of Belarus over the forty-year period. It presents a brief historical sketch of the most important theoretical and practical results of investigations and contribution of noted scientists, academicians of the National Academy of Sciences of Belarus A.R. Zhebrak, N.V. Turbin, and P.F. Rokitsky to these studies.

Coworkers of the Institute have obtained original findings on the problems of heterosis, extrachromosomal inheritance, polyploidy and experimental mutagenesis.

The work of the Institute on genetics of triticale, secalotriticum, winter rye, wheat, tomato, flax, potato and other crops are also presented in the article. Joint investigations with institutes of an agrarian type have led to the development of new high-yielding cultivars of a number of agricultural crops: wheat, triticale, winter rye, sugar beet, tomato, pepper, soya, etc.

The Institute has performed a large volume of studies on genetic consequences of the Chernobyl accident. In recent years active molecular-genetic investigations on structural and functional organization of plant genomes, cell culture and DNA-technologies are under way at the Institute.

The research results were highly appreciated by the scientific circles. Three State Prizes of the Republic of Belarus and four Prizes of the National Academy of Sciences of Belarus were awarded to the coworkers of the Institute.