

Д. ГРОДЗИНСЬКИЙ, О. ДЕМБНОВЕЦЬКИЙ, О. ЛЕВЧУК, Р. РУДИЙ

ДОСЛІДЖЕННЯ З ГЕНЕТИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ В УСТАНОВАХ НАН УКРАЇНИ

Сьогодні вже немає потреби переконувати суспільство у значущості генно-інженерних досліджень. Поява нових відгалужень цієї науки — біоінформатики, геноміки, протеоміки — засвідчує стратегію «глибокого буріння» генної інженерії, фундаментальність її досліджень і водночас широкий спектр практичної реалізації її здобутків. Це і розв'язання продовольчої проблеми, і лікування спадкових захворювань, й очищення довкілля від різноманітних забруднень, й освоєння нетрадиційних енергоресурсів...

А чи здатна розвивати генну інженерію і біотехнології країна, де наука фінансується за залишковим принципом? Попри високий інтелектуальний потенціал і загалом пристойний рівень виконуваних досліджень, для прориву в цій галузі українським науковцям не вистачає коштів, сучасних лабораторій, інформаційної та законодавчої бази. Немає у нас і комерційних структур, здатних упродовжувати результати досліджень у сфері генної інженерії.

І якщо влада не надасть статусу державного пріоритету науці і зокрема біотехнологіям, неминучий не лише їх занепад, а й втрата державою шансу кардинально трансформувати свою економіку на засадах справді інноваційного розвитку.

У свідомості більшості людей генетична інженерія¹ асоціюється з генно-модифікованими (трансгенними) сортами сільсько-

господарських рослин, тобто сортами, в які штучно вбудовані гени інших організмів для цільового поліпшення їхніх споживчих якостей. І це не дивно, бо саме вони можуть розв'язати проблему голоду на земній кулі, оскільки дають можливість на кілька порядків збільшити обсяги отримання повноцінних,

¹ Генетична інженерія — розділ молекулярної біології, пов'язаний із цілеспрямованим конструюванням нових, неіснуючих у природі сполучень генів, тобто нових геномів [1].

© ГРОДЗИНСЬКИЙ Дмитро Михайлович. Академік НАН України. Академік-секретар Відділення загальної біології НАН України.

ДЕМБНОВЕЦЬКИЙ Олег Федорович. Кандидат біологічних наук. Провідний науковий співробітник Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України.

ЛЕВЧУК Олег Миколайович. Кандидат біологічних наук. Старший науковий співробітник-консультант Науково-організаційного відділу Президії НАН України. Вчений секретар Науково-технічної ради Державної науково-технічної програми «Біотехнологія рослин та біобезпека».

РУДИЙ Роман Богданович. Кандидат хімічних наук. Учений секретар Сектору хімічних і біологічних наук Науково-організаційного відділу Президії НАН України (Київ). 2006.

екологічно чистих, економічно доступних, збалансованих і збагачених продуктів харчування, зокрема нетрадиційних.

Прийнято вважати, що з близько 6,5 млрд населення Землі лише мешканці розвинених країн («золотий мільярд») не мають проблем ані з кількістю, ані з якістю продовольства. Решта ж земель харчується неповноцінно, 50 % — недоїдає, а голодує — 25 %. Тож для розвинених країн (на тлі невинного зростання чисельності населення) це питання поки що не набуло актуальності, а для більшості держав, зокрема молодих, є чи не найгострішим [2].

Доцільно згадати, що перший генно-інженерний дослід був успішно здійснений ще на початку 70-х років минулого століття, а вже наприкінці 80-х нові сорти сільськогосподарських культур з'явилися на світовому ринку (трансгенні сорти картоплі, рису, сої, кукурудзи, цукрових буряків, помідорів, рапсу, лікарських рослин, квітів тощо). Крім того, вже одержано трансгенні форми тварин і мікроорганізмів із широким спектром корисних для людини якостей, а також доведено можливість корекції геному окремої людини шляхом видалення з нього непотрібного гена. Нині важко назвати будь-яку галузь науки, що розвивалася б так фантастично швидко, як генетична інженерія.

Певною мірою це можна пояснити винятково важливим практичним аспектом проблеми. Саме тому в розвинених країнах світу в XX ст. протягом кількох десятиліть сформувалися потужні комерційні структури, які займалися виробництвом агрохімічної, біологічної тощо продукції («Монсанто», «Сингента», «Біоконт», «AVL» та ін.) та зуміли досить швидко освоїти і реалізувати досягнення генетичної інженерії.

Генно-інженерні технології містять такі основні етапи: виокремлення потрібного гена, його розмноження (клонування), зберігання (банк генів), визначення місця для вбудови гена у геном донора, перенесення і вбудова потрібного гена (трансгена) у геном донора, ідентифікація властивостей штучної

генної конструкції, отримання трансгенної рослини, на базі якої створюється відповідний сорт. І хоча ці етапи начебто відпрацьовані, всі вони потребують удосконалення — здешевлення, підвищення ефективності, пришвидшення виробничих процесів, розроблення принципово нових підходів до розв'язання окремих наукових, технологічних і практичних питань, зокрема з урахуванням здатності геномів до мінливості [2].

Усе це потребує продовження глибоких фундаментальних досліджень, які, з одного боку, розширюватимуть прикладні можливості генетичної інженерії, а з другого — сприятимуть поглибленню знань про найтонші механізми життєдіяльності окремих різновидів живої матерії. Спектр проблем, розв'язання яких сприяє розвитку генної інженерії, безперервно зростає, про що свідчить поява нових наукових напрямів: біоінформатики — створення і використання комп'ютерних програм для вивчення геному, геноміки — дослідження тонкої структури геному як у цілому, так і окремих генів різних представників живої матерії, протеоміки рослин — вивчення молекулярних маркерів тощо.

Генетична інженерія (новий термін, запропонований президентом НАН України академіком НАН України Б.Є. Патоном) — цілеспрямовані фундаментальні дослідження, оскільки вони є серйозним підґрунтям для розроблення нових еволюційних технологій, без чого людство фізично не зможе існувати в умовах безперервного погіршення стану довкілля, виснаження невідновлюваних природних ресурсів і зростання чисельності населення Землі. Нові технології мають забезпечити отримання достатньої кількості високоякісної промислової і сільськогосподарської продукції, залучення нетрадиційних ресурсів (зокрема завдяки екобіотехнологіям² [3]) разом із роз-

² Спеціальність «Екобіотехнологія» затверджена наказом МОН України № 241 від 08.04.02 як одна з трьох спеціальностей за напрямом 0929 «Біотехнологія».

в'язанням паливно-енергетичних проблем, а також зменшенням ресурсоенергоємності виробництва.

Окрім того, генна інженерія не суперечить і засадам сучасної біоетики [5], хоча й потребує соціального контролю для запобігання її використанню у військових та інших небезпечних для людства цілях.

Стосовно українських науковців, то варто згадати, що вони у середині ХХ ст., попри застаття «вчених-матеріалістів» на кшталт академіка Т.Д. Лисенка (які, використовуючи владу, досить жорстко, аж до фізичного знищення, боролися з прихильниками ідей великих генетиків ХІХ століття Вейсмана і Моргана), зуміли не тільки вижити, а й певною мірою зберегти свій науковий потенціал. Понад 30 років тому вони, поряд з традиційними науковими напрямками, одними з перших у світі почали опрацьовувати фундаментальні засади генної інженерії й отримали вагомий результати.

Вітчизняні вчені взяли активну участь у розробці нового законодавства, пов'язаного з появою генетичної інженерії. Справа в тому, що в світі існує тривога щодо небезпечності практичної реалізації її здобутків. Ця занепокоєність зумовлена недостатнім обґрунтуванням питань біобезпеки щодо використання нових сортів і побоюванням втрати існуючого природного генофонду (він може бути витіснений генетично модифікованими формами), відсутністю чіткого визначення безпечності нових сортів, які можуть упроваджуватися без обмеження, хоча потребують жорсткого контролю, нерозв'язаністю соціально-етичних проблем тощо [6]. Окремі країни вже розробили законодавство, яке регулює використання генетично модифікованих продуктів. Запропонований вітчизняними науковцями і правниками відповідний закон, за міжнародними оцінками, належить до найкращих у цій галузі і прийнятий Верховною Радою України у першому читанні [7].

На нинішньому етапі генно-інженерні дослідження у НАН України виконуються в межах двох наукових програм: «Фізіолого-біохімічні та молекулярно-генетичні основи функціонування живих систем і розроблення принципів керування ними»; «Генетична та клітинна інженерія як основа «зеленої революції» в рослинництві».

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України досліджує біологічні процеси у генетично модифікованих рослинах, розробляє нові підходи до створення трансгенних ліній технічних і кормових культур з обґрунтуванням їх безпечного використання, а також опрацьовує наукові основи утримування і збагачення колекцій багатofункціонального банку зародкової плазми з довготривалим терміном зберігання.

Зокрема, наші науковці запропонували системи генетичної трансформації та отримання трансгенних рослин (цукрового буряку, картоплі, тютюну, ріпаку, капусти, люцерни, сої, горіха, льону, ячменю, дагуси), методи одержання трансгенних рослин хрестоцвітних й одночасного переносу кількох генів у процесі трансформації рослин. Уперше здійснено прямий перенос генів у протопласти з подальшою регенерацією трансгенних рослин, розроблено систему транз'єнтної експресії фармацевтичних білків для синтезу інтерферону та соматотропіну людини. Доведено, що в селекції трансгенних рослин як маркерні гени можна використовувати мутантний ген α -тубуліну [8].

Виявлено пришвидшення процесу дивергенції геному в рослин сосни за умов хронічного опромінення, а в рослин енотери дворічної — збільшення конститутивного вмісту антоціанів і водночас — зменшення синтезу фенольних сполук за їх гострого опромінення, що розширює уявлення про механізми формування протипроменевого захисту рослин [9, 10]. Створено ген-модифіковану форму рослин, яка використовується у біомоніторингу екологічного стану довкілля.

У перспективі науковці інституту зосередять свої зусилля на створенні нових генетичних конструкцій та отриманні на їхній основі трансгенних рослин методами плазмотної й генетичної інженерії культур сої, льону, пальчастого проса за допомогою високоефективної трансформації; пошуку нових генів стійкості до гербіцидів та одержанні нових ліній трансгенних культур, а також науковому обґрунтуванні й розробленні біотехнологічних підходів до розв'язання проблем збільшення продуктивності й адаптаційної здатності рослин [11].

В інституті створена єдина в країні та одна з найбільших у світі (друге місце за кількістю зразків) колекція зародкової плазми рослин флори України та світової флори, яка отримала статус наукового об'єкта і становить національне надбання. Вона є основою для здійснення досліджень як з класичної генетики, так і сучасної біотехнології рослин (зокрема відтворення чисельності рідкісних та зникаючих рослин) із застосуванням новітніх методів.

Поряд з дослідженнями молекулярно-біологічних питань серйозну увагу генетичній інженерії приділяють науковці Інституту молекулярної біології і генетики НАН України. Головні їх досягнення пов'язані з вивченням структурно-функціональної організації окремих ділянок геномів, включаючи геном людини, зокрема молекулярний аналіз ділянок, відповідальних за розвиток лейкозів, а також з визначенням низки характерних рис регуляції експресії еукаріотичного геному на рівні трансляції³ та особливостей апарату біосинтезу білка у вищих організмів.

Учені створили нову концепцію циклу елонгації⁴ поліпептидного ланцюга, досліджи-

ли сигнальні шляхи за умов злоякісної трансформації, вивчили структурно-функціональну мінливість геному у процесах де- і диференціювання. Здійснюються дослідження з молекулярної генетики та генної діагностики спадкових захворювань і мультифакторних хвороб із спадковою компонентою [10].

Для створення ефективних методів діагностики вірусних лейкозів і синдрому Дауна протягом наступних років науковці сподіваються вивчити відповідні транскрипції⁵ ізотипів генів й охарактеризувати зміни експресії генів, пов'язаних із злоякісними пухлинами головного мозку.

Науковці досліджуватимуть експресію генів, які дозують ферменти дезінтоксикації плаценти людини в умовах екологічного тиску, а також природу мутацій геному людини, відповідальних за розвиток спадкової патології. Будуть створені безпечні векторні системи доставки генів для боротьби з порушеннями геному людини на моделях цукрового діабету й атеросклерозу.

Співробітники Інституту біології клітини НАН України зосереджують свої зусилля на проблемах метилотрофних дріжджів (*Hansenula polymorpha*, *Pichia pastoris*, *P. metanolica*), які живляться метанолом і є перспективними системами експресії гетерологічних білків медичного і технологічного значення (це важливо для їх промислового використання).

Упродовж минулих років з використанням спеціально сконструйованих мутантів були вперше клоновані, секвеновані та структурно-функціонально охарактеризовані гени PDG1 та PDG3, що важливо для розуміння генетичних та біохімічних аспектів досліджуваних процесів. Сконструйовано генетично модифіковані штами як біоселективні елементи клітинних сенсорів, придатних для аналізу етанолу, метанолу і формальдегіду.

³ Трансляція — завершальний етап реалізації генетичної інформації (синтез поліпептидних ланок рибосомами з використанням як матриці м-РНК, що містить інформацію про послідовності амінокислот у білку).

⁴ Елонгація — етап біосинтезу молекул нуклеїнових кислот, який полягає у послідовному приєднанні мономерів до зростаючих ланцюгів макромолекули.

⁵ Транскрипція — матричний синтез інформаційної РНК, який здійснюється особливим ферментом — РНК-полімеразою.

Виявлено нові регуляторні гени негативно-го та позитивного типів дії, які контролюють біосинтез вітаміну B₂ і транспорт заліза у дріжджів. Розпочато вивчення експресії ізoформ адаптерного білка Ruk у пухлинах людини на рівні мРНК та білка з використанням методів Нозерн- і Вестерн-блотингу⁶ [11].

У подальшому здійснюватимуться дослідження біосинтезу оксидаз діагностичного призначення та експресії базового промотора⁷ гена алкогольоксидази; можливостей отримання гібридом⁸, що продукують анти-Ruk-антитіла; клонування генів біосинтезу фармацевтично важливої сполуки — глутатіону. Будуть розроблені нові методи клінічної діагностики з використанням ферментів мікробного і генно-інженерного походження та отримані гібридами, які продукують антитіла проти пухлинно-специфічного антигена Ri-67 тощо.

Дослідженням з генної інженерії відведене чільне місце і в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Справа в тому, що мікроорганізми і віруси є потужним джерелом отримання імуномодуляторів, діагностиків, речовин для виготовлення вакцин, стимуляторів росту й інгібіторів різних патогенних станів, а також створення лікарських і ветеринарних препаратів, продуктів харчування. Ефективність зазначених процесів можна багаторазово підвищити шляхом застосування генно-інженерних технологій.

Науковці інституту встановили, що у промоторних зонах білка оболонки і транспорт-

ного білка різних вірусів на відстані від 16 до 79 нуклеотидів локалізований ідентичний 6-нуклеотидний сайт ТТЦ-ГТТ, який може бути одним з елементів промотора. Розроблено ефективну систему генетичної трансформації стрептоміцету — продуцента протиракового антибіотика ландоміцину Е, яка включає протопласти мутантних штамів і плазмідні вектори, сконструйовані на основі ендогенної плазмиди⁹. Ця система відкриває можливість клонування генів біосинтезу антибіотика і конструювання його високоактивних штамів [11].

В інституті функціонує колекція мікроорганізмів, робочі фонди якої налічують понад 17 тис. штамів грибів, дріжджів, бактерій, актиноміцетів та міколаз. Завдяки своїй унікальності та специфічності колекція є невичерпним ресурсом для створення генно-інженерних технологій.

У перспективі вчені інституту мають намір інтенсифікувати дослідження мікроорганізмів і вірусів як продуцентів важливих біологічно активних речовин для різноманітних потреб. Необхідно реалізувати задовану в їхньому геномі генетичну інформацію і розробити на цій основі нові технології.

Будуть вивчені також особливості бацил і деяких грам-негативних бактерій як потенційних пробіотиків та продуцентів антибіотичних речовин, а також досліджені молекулярні основи функціонування геномів людини, тварин і рослин для створення нових діагностиків.

Певну увагу генно-інженерним дослідженням приділяють і науковці Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України. За сучасними уявленнями, у злоякісній транс-

⁶ Блотинг — перенос електрофоретично розділеної ДНК, РНК та їхніх фрагментів або білків з гелю на папір чи мембрану (нітроцелюлоза та ін.).

⁷ Промотор — ділянка ДНК, відповідальна за зв'язування РНК-полімерази, що ініціює перший етап реалізації генетичної інформації.

⁸ Гібридома — клітинна лінія, яка утворюється у процесі злиття клітини мієломи і лімфоцита, здатна синтезувати антитіла в необмеженій кількості.

⁹ Плазмід — позахромосомний генетичний елемент або дуплексна кільчаста молекула, здатна автономно реплікуватися в клітинах хазяїна і надавати йому селективних переваг (наприклад, стійкість до антибіотиків).

формації клітин провідну роль відіграють онкогени¹⁰ та гени-супресори пухлинного росту, що спонукає дослідників до їх глибокого вивчення.

З досягнень науковців цього інституту можна відзначити з'ясування участі p70SGK-кінази у процесах канцерогенезу ендометрію людини, що дає змогу розглядати її як потенційний онкоген; одержання гібридизаційних карт низки генів лімфоїдних клітин, поява змін в експресії яких може пояснити причини різної чутливості зазначених клітин до протипухлинної терапії; виявлення генетичних елементів, що контролюють процеси формування, підтримання та реверсії злоякісного процесу пухлинних клітин [10].

Окрім того, у ліквідаторів аварії на ЧАЕС та мешканців прилеглих територій, хворих на В-клітинний хронічний лімфолейкоз, на поверхні лімфоцитів крові встановлено експресію генів CD11c, CD11b та CD25, що свідчить про зростання агресивності перебігу хвороби.

В інституті створено клітинний банк з тканин людини і тварин, де разом з іншими матеріалами зберігаються унікальні гібридами. Матеріали банку в повному обсязі використовують для генно-інженерних досліджень.

У перспективі передбачено вивчення питань структурно-функціональних особливостей геному пухлинних клітин, які є ключовими у процесі канцерогенезу та прогресії новоутворень.

Ученими Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України проведено порівняльний аналіз геномів патогенного і вакцинного штамів *M. bovis* та підібрано праймери для клонування генів чотирьох їхніх білків — ESAT-6, CFP-10, MPB63 та MPB70, які можуть стати діагностично цінними з метою одержання

кожного рекомбінантного білка; змодельовано рекомбінантну конструкцію на основі плазмідного вектора pET24a. Передбачено також вивчення протеоміксу біологічно активних білків людини, важливих у діагностиці та лікуванні [12].

Співробітники Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України дослідили роль кальцієвих каналів, кодованих геномом людини HERG та minK, які зумовлюють статевий диморфізм параметрів реполяризації серцевого потенціалу дії та чутливість до аритмогенного побічного впливу низки клінічно використовуваних фармакологічних препаратів. Окрім того, виявлено вплив на цей процес тестостерон-опосередкованої регуляції експресії, біофізичних властивостей та фармакологічної чутливості зазначеного каналу [10].

У перспективі передбачено дослідження молекулярних механізмів функціонування геному, що зумовлюють специфічність діяльності фізіологічних систем організму за норми та патології. Зокрема, планується дослідити механізм дії цитокінінів на іонні провідності, які забезпечують спектр збудливості клітин нервового походження при стимуляції «генів ранньої відповіді».

Науковці Інституту фізіології рослин і генетики НАН України створили нову схему попереднього відбору трансгенних рослин, стійких до гербіцидів, що дає змогу проводити ефективніший відбір трансгенних рослин та відмовитися від використання маркерних генів стійкості до антибіотиків. Учені цієї установи експериментально довели, що за період старіння листків цукрового буряку диференційна експресія генів супроводжується змінами рівня метилювання цитозину у сайт-специфічних послідовностях ДНК. Це свідчить про участь таких змін у процесах генетичної регуляції старіння. Також встановлено відсутність плейотропного ефекту¹¹ інтро-

¹⁰ Онкоген — ген, який перетворює нормальні тканини на злоякісні через кодування специфічних білків — онкобілків, що змінюють обмін речовин у клітині. Онкогени входять до складу вірусів і геномів клітин.

¹¹ Плейотропізм — множинна дія гена через взаємопов'язаний вплив різних генів.

дуктивних генів гербіцидостійкості; отримано генетично модифіковані рослини гречки звичайної і винограду, які містять ген стійкості до гербіциду фосфінотрицину, а також рослини винограду та сої, в геномі котрих методом полімеразної ланцюгової реакції ідентифіковано трансген [11].

В інституті сформована колекція ліній сортів і популяцій озимої пшениці та кукурудзи, яка використовується у вивченні мутаційного процесу, генетичної природи мутацій, а також для розробки нових біотехнологій.

Надалі науковці установи працюватимуть над створенням сильних за якістю зерна сортів озимої пшениці шляхом використання і методів генної інженерії, вивчатимуть роль генів, що контролюють транспорт кальцію у клітинах і метаболізм проліну¹², у реалізації адаптаційного потенціалу трансгенних рослин тютюну й озимої пшениці до впливу низьких температур.

В Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України на основі сортів вітчизняної селекції отримано трансгенні рослини тютюну і картоплі.

Інші установи НАН України (ботанічні сади, дендропарки, заповідники тощо) зосередили свою увагу на вивченні генофонду рослин як на регіональному, так і загальнодержавному рівні, на дослідженнях з інтродукції, акліматизації та селекції рослин, а також на розробці ефективних заходів із збереження їх різноманітності.

В установах НАН України створено наукові банки біологічних об'єктів та колекції: мікроорганізмів, шапинкових грибів, гідробіонтів Світового океану, зародкової плазми рослин, культурних рослин і рослин світової флори, тварин тощо, які включені до Державного реєстру наукових об'єктів, що становлять національне надбання. З їх використанням здійс-

нюються перелічені вище дослідження, зберігається генофонд біологічних об'єктів та забезпечується біорізноманіття цінних сільськогосподарських і декоративних культур.

Характеризуючи загалом стан генно-інженерних досліджень в установах НАН України, можна стверджувати, що вони охоплюють досить широке коло проблем. Орієнтовно — це створення трансгенних рослин, розв'язання медичних питань, поглиблення фундаментальних знань. Рівень вітчизняних досліджень в окремих напрямках генетичної інженерії можна назвати пристойним. Про це свідчить запрошення наших учених на міжнародні наукові форуми, відзначення окремих науковців зарубіжними преміями та обрання їх дійсними членами престижних академій, співробітництво зі світовими дослідними центрами. Однак підтримувати належний рівень за існуючого обладнання, матеріально-технічного та інформаційного забезпечення з кожним роком стає дедалі складніше.

Тим часом у світі генно-інженерні дослідження характеризуються великою практичною віддачею. На жаль, стосовно вітчизняних цього стверджувати не можна. Таку ситуацію, крім відсутності державного механізму реалізації результатів наукових досліджень, можна пояснити ще й іншими причинами.

Передусім ідеться про фінансування науки державою. Відомо, що в розвинених країнах воно сягає майже 2% ВВП. Наприкінці ХХ ст. зростання ВВП у цих державах забезпечувалося наукою на 80% порівняно з 10% на його початку.

Навіть ті країни, які нібито обходилися без науки (держави Південно-Східної Азії та ін.), усвідомили необхідність розвивати вітчизняну науку, широко впроваджувати її практичні результати і збільшувати в економіці частку високих технологій для забезпечення у короткий термін стандартів життя розвинених країн.

¹² Пролін — гетероциклічна незамінна амінокислота, що входить до складу всіх природних білків; використовується для синтезу проламінів у насінні злаків.

Фінансування наукової сфери в Україні на тлі демагогічних гасел «наука — державний пріоритет» здійснюється за так званим залишковим принципом і становить менше 0,5% ВВП. Більше того, час від часу, так би мовити, «незаангажовані» ЗМІ оприлюднюють думки такого ґатибу: «А навіщо нам та наука?»

М'яко кажучи, байдуже ставлення до науки з боку держави не забезпечує для дослідників, особливо молодих, пристойних рівня життя й умов праці (матеріально-технічна база наукових, особливо біологічних, установ НАН України морально застаріла і багато років майже не оновлюється). Це постійно звужує можливості наших науковців уповні виявляти свої здібності й отримувати значущі наукові результати. Попри певне підвищення останніми роками рівня заробітної платні, вони змушені вже протягом двох десятиліть шукати кращі умови праці та життя у розвинених країнах. (Цікаво відзначити, що заробітна платня пересічного науковця на рівні кандидата — доктора наук, якого він досягає за 10–20 років після закінчення середньої школи, порівнянна із заробітною платнею різноробочих, котрим узагалі не потрібне додаткове навчання.)

З одного боку, можна вважати, що в такій ситуації немає нічого прикрого, оскільки в цілому світова наука зберігає потенціал здібних науковців — вихідців з бідних країн. А з другого — не слід забувати, що на підготовку за рахунок держави кваліфікованого науковця Україна витрачає 10–20 і більше тисяч доларів США (залежно від спеціалізації). Ці кошти є своєрідною інвестицією, яка через працю вченого на батьківщині має повернутися до бюджету в багаторазовому вимірі. Натомість виходить, що коли науковець від'їжджає за кордон, ці інвестиції працюють на економіку інших країн.

Виникає дивний парадокс — молода незалежна Україна, яка навіть не має повноцінного ринкового статусу, є донором кваліфі-

кованих науковців для розвинених країн і сприяє посиленню їхнього економічного зростання.

Така ситуація знижує зацікавленість молоді науковою працею, що зрештою може призвести до небезпечного звуження сфери і ролі науки в Україні на тлі швидкого прогресу розвинених країн саме завдяки продукуванню наукоємних технологій. Проблему загострює і поглиблення вікового розриву між науковою молоддю і вченими старшого покоління, що порушує спадкоємність трансферу добутих знань і загрожує існуванню наукових шкіл [13].

Є ще одна перешкода на шляху реалізації в нашій країні прикладних результатів досліджень з генної інженерії. Справа ось у чому. Головне завдання Академії наук — це проведення фундаментальних досліджень на перспективу. Тому вона економічно і фізично (через відсутність відповідної матеріально-технічної бази) не може опрацьовувати суто прикладні питання, зокрема виведення трансгенних сортів сільськогосподарських культур з рослин, отриманих у її установах. Одержання ж нових сортів є прерогативою галузевої науки, причому не слід забувати і про зумовлені державою міжгалузеві бар'єри.

Існує ще й правовий аспект. У світі діє практика захисту прав інтелектуальної власності, тому всі відомі сьогодні етапи, методи й окремі операції генної інженерії є комерційно захищеними, використовувати їх без належного фінансово-правового оформлення неможливо. З огляду на це нашим фахівцям необхідно не тільки повторювати вже досягнуте в інших країнах, а й розробляти принципово нові підходи до розв'язання наукових, технологічних та практичних питань генної інженерії, які б мали комерційний захист.

Загальновідомо, що ці дослідження коштують досить дорого, і не кожна країна може дозволити собі їх здійснювати. Тому не дивно, що всі глобальні досягнення генної інженерії були отримані в наукових підрозділах

великих транснаціональних компаній, оскільки тільки вони виявилися здатними забезпечити їх виконання й ефективну реалізацію прикладних результатів, починаючи з пошуку рослин з необхідним геном і закінчуючи маркетингом готової продукції — сортів, продуктів харчування, препаратів тощо. Однак слід нагадати, що обсяги фінансування таких структур можна порівняти з бюджетами окремих країн світу.

На жаль, сьогодні в нашій державі немає об'єктивних умов для створення таких структур через недосконалість відповідного законодавства, з одного боку, і психологічну та моральну неготовність вітчизняних бізнесменів вкладати свої капітали у перспективні наукові напрями, — з другого.

Варто зазначити, що ринкова економіка в світі функціонує вже понад 200 років, тоді як інтенсивне та оперативне використання нею наукових результатів почалося трохи більше півстоліття тому. Звичайно, нам не можна чекати так довго, вже нині держава має подбати про створення таких економічних умов, які б стимулювали формування й розвиток вітчизняних комерційних структур. Як правило, в розвинених країнах визначальним з цих умов є забезпечення сприятливого податкового та інвестиційного клімату. Один із можливих шляхів пришвидшення цього процесу в Україні — заохочення до роботи всесвітньо знаних фірм (наприклад, створення українських філіалів таких фірм, холдингів, організація на базі вітчизняних установ державних концернів за участю іноземних компаній тощо).

Це, у свою чергу, потребує серйозного перегляду системи управління економікою і наукою. Значну роль у цьому має відіграти виважене державне регулювання, яке в розвинених країнах успішно застосовується як у науково-технічній сфері, так і в новітніх наукоємних галузях економіки.

Стосовно проведення фундаментальних досліджень з генної інженерії, слід визнати,

що за умов подальшого морального старіння матеріально-технічної бази наукових установ вони в Україні можуть втратити свою значущість, особливо коли йдеться про опрацювання новітніх проблем генної інженерії.

Збереженню в Україні і підвищенню рівня фундаментальних генно-інженерних досліджень влада може допомогти наданням таким дослідженням найвищого державного пріоритету, виділенням бюджетного фінансування для докорінного переоснащення їхньої матеріально-технічної бази найсучаснішим обладнанням, істотного поліпшення координації дій зацікавлених наукових установ різних відомств тощо.

Усім владним структурам країни (і сьогодні, і в майбутньому) необхідно усвідомити, що науково-технічний прогрес, використання досягнень науки є одним з найвищих пріоритетів у їхній діяльності, яких слід дотримуватися незалежно від економічного становища держави. І чим воно важче, тим з більшою енергією треба розв'язувати життєво необхідні завдання в науковій сфері. Без розвиненої науки Україна ніколи не стане розвинутою країною.

Коли ці прості істини усвідомлять на державному рівні, то і генна інженерія, як важливий складник сучасного науково-технологічного прогресу, здатна зробити справді революційний прорив у забезпеченні економічного піднесення України.

Якщо ж і далі уряд недооцінюватиме виняткову роль науки в житті країни, не поліпшить радикально фінансування наукової сфери, істотно не зросте внутрішній попит на результати досліджень, то наука в нашому суспільстві не стане провідною продуктивною силою. А це загрожує катастрофою не тільки для неї, а й для держави [4].

1. Глазко В.І., Глазко Г.В. Російсько-англо-український тлумачний словник з прикладної генетики, ДНК-технологій та біоінформатики. — К.: КВІЦ, 2001. — 588 с.

2. Гродзинський Д., Глазко В. Еколого-генетичні пріоритети інтенсифікації рослинництва // Вісн. НАН України. — 2005. — № 9. — С. 57–62.
3. Кухар В., Кузьмінський Є., Ігнатюк О., Голуб Н. Екобіотехнологія та біоенергетика: проблеми становлення і розвитку // Там само. — С. 3–18.
4. Патон Б.Є. Найцінніший капітал — знання // Демократична Україна. — 2003. — № 91. — С. 5.
5. Кундієв Ю., Дембновецький О., Чащин М., Рудий Р. Біоетика — новий ступінь інтеграції природничих і гуманітарних наук // Вісн. НАН України. — 2002. — № 11. — С. 11–17.
6. Гродзинський Д.М., Дембновецький О.Ф., Рудий Р.Б. Розв'язання проблем екологічної безпеки вченими Національної академії наук України // Проблеми науки. — 2001. — № 6. — С. 44–54.
7. Костюк П.Г. Внесок вчених НАН України у вирішення проблем біобезпеки // НАН України: Короткий річний звіт. 1997. — К.: Март, 1998. — С. 6.
8. Блюм Я., Сиволап Ю., Рудий Р., Созінов О. Нова хвиля «зеленої революції» (Перспективи застосування в Україні досягнень молекулярної біотехнології та геноміки) // Вісн. НАН України. — 2006. — № 3. — С. 21–31.
9. Гродзинський Д.М. Развитие научных направлений: Общая биология // НАН Украины: Краткий годовой отчет. 2004. — К.: Март, 2005. — С. 20.
10. Національна академія наук України в 1999–2003 рр. Найважливіші підсумки. — К.: ВД «Академперіодика» НАН України, 2004. — 110 с.
11. Розвиток наукових досліджень у галузі хімії та біології в Національній академії наук України. 1999–2003. До 85-річчя Національної академії наук України. — К.: ВД «Академперіодика» НАН України, 2003. — 190 с.
12. Звіт про діяльність Національної академії наук України у 2004 р. — К.: ВД «Академперіодика» НАН України, 2005. — Ч. 1. — С. 332.
13. Бубенко П.Т., Прядкін К.К. Академічна наука: головний резерв «на исходе» // Проблеми науки. — 2000. — № 8. — С. 4–10.

Д. Гродзинський, О. Дембновецький, О. Левчук, Р. Рудий

ДОСЛІДЖЕННЯ З ГЕНЕТИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ В УСТАНОВАХ НАН УКРАЇНИ

Резюме

Проаналізовано дослідження в галузі генетичної інженерії та її молекулярно-біологічного підґрунтя, об'єднані двома програмами НАН України, в яких фундаментальні розробки органічно поєднані з потребами практичних завдань. Особлива увага приділяється дослідженням структурно-функціональної організації геномів у зв'язку з розробкою методів генної діагностики спадкових захворювань і ранніх стадій канцерогенезу у людини. Окреслено коло науково-технічних й організаційних проблем, які гальмують розвиток нових напрямів біотехнології в Україні.

D. Grodzynsky, O. Dembnovsky, O. Levchuk, R. Rudyi

GENETIC ENGINEERING RESEARCH IN UKRAINIAN NAS INSTITUTIONS

Summary

The authors analyze research works in the field of genetic engineering and its molecular-biological fundamentals consolidated by two programs of Ukrainian NAS where fundamental developments are combined with practical application tasks. The attention is focused on structural and functional genome organization research on the grounds of development of human hereditary diseases genetic diagnostics methods. A number of research and development problems as well as organizational problems that hamper new biotechnology trend development is described.