

Тағам биотехнологиясының заманауи тенденциялары

Дәріс №10

Тақырып: Трансгендік өсімдіктердің қолдану салалары

1. Трансгендік өсімдіктердің зиянды жәндіктерге төзімділігін алу

Bacillus thuringiensis штамынан дельта-эндотоксинді кодтайтын ген бөлініп алынды. Бұл ген векторлық плазмидаға енгізіліп, ішек таяқшасына тасымалданды. Дельта-эндотоксин ішек таяқшасында синтезделді. Гибридті плазмиданы агробактерия штаммына тасымалдады. Тамақтың ішкі диск клеткаларына жұқтыру әдісімен табақтың трансгендік өсімдіктері алынды. Бұл өсімдіктер бактериялық уды өндіре бастады және гусеницалармен зақымдалмады. Қазіргі уақытта улы трансгендік өсімдіктерге қызығушылық артып келеді.

1.1 Гербицидтерге төзімді өсімдіктер алу

Гербицидтерге төзімділік гендері сальмонеллаларда, кейбір өсімдіктерде (петуния), көкжасыл балдырларда табылды.

1.2 Вирустарға төзімді өсімдіктер жасау

Картопта кездесетін X вирусында 5 ген (РНҚ) бар. Оның бірі вирус қабығының ақуызын кодтайды. Бұл ген вирус мозаикасы капустаcының промоторымен бірге векторға енгізіліп, табаққа тасымалданды. Нәтижесінде өсімдіктер X вирусына төзімді болды. Өсімдікте пайда болған вирус ақуызы вирустың клетка беткейінің рецепторларына жабысып алуына кедергі жасайды. Вирустардың негізгі РНҚ-ның көбеюіне кедергі келтіретін сателлиттік РНҚ-ның ДНҚ көшірмесін енгізу вирустарға төзімділікті арттырады.

1.3 Өсімдік ақуызының құндылығын арттыру

Лизинге бай жүгері түрлерін алу перспективалы болып табылады, өйткені лизин жануарлардың салмағын 25-50% арттырады. Цистеин мен метионин қойлардың жүнінің өсуін 10-100% арттырады. Бұл аминқышқылдарының синтезіне жауапты горох гені люцернаның (цис-теин мен метионинге кедей) геномына енгізіліп, қойларға беріледі.

1.4 Тұзға төзімді өсімдіктер алу

Төзімділік пролин аминқышқылымен қамтамасыз етіледі. Оның өндірісіне жауапты ген галлобактериялардан алынып отырғызылады.

1.5 Мұзға төзімді өсімдіктерді жасау

Бұл әдіс балықтардың антифризді гендерін отырғызу арқылы жүзеге асырылады. Генетикалық инженерия әдістерін қолдану арқылы майлы дақылдардың өнімділігін арттыру да мүмкін.

1.6 Атмосфералық азотты өсімдіктердің сіңіру қабілетін арттыру

Бұл әдіс *Rhizobium* бактерияларынан азот фиксациясына жауапты гендерді өсімдіктерге тасымалдау арқылы жүзеге асырылады.

10.2 Перспективалар мен шектеулер трансгендік өсімдіктерді қолдануда

Трансгендік өсімдіктермен жұмыс істеудің әр түрлі елдердегі перспективалары. «Agrow» журналының халықаралық агробиотехнологиялар қызметінің мәліметтеріне

сілтеме жасағаны бойынша, 1996 жылдан 1999 жылға дейін трансгендік өсімдіктердің алаңы шамамен 24 есе ұлғайып, 40 миллион гектарға жетті, Қытайды қоспағанда. АҚШ ең көп трансгендік өсімдіктер алаңына ие. Трансгендік дәнді дақылдарға мораторий енгізілгендіктен, трансгендік дақылдар арасында соя ең үлкен алаңды алады, оның үлесі 54%, жүгері - 28%, мақта және майлы рапс - 9%, ал картоп, асқабақ, папайя - 1%-дан аз (1999 жылғы деректер).

Негізгі коммерциялық мақсатта өсірілетін трансгендік дақылдар гербицидтерге төзімді өсімдіктер болып табылады. 1999 жылы олардың үлесі трансгендік дақылдардың шамамен 76% құрады.

Көптеген мамандардың пікірінше, 2010 жылға дейін негізгі коммерциялық трансгендік дақылдар жүгері мен мақта болып қалатын болады, және жүгерінің 60% және мақтаның 50% трансгендік болады. Гербицидтерге, зиянкестерге және ауруларға төзімді темекі әлі де коммерциялық нарыққа шыққан жоқ, ал трансгендік дәнді дақылдар өздерінің әлемдік экономикадағы маңыздылығына байланысты тұтынушылар тарапынан қатты қарсылыққа тап болды. Картоп (сол себептен) көптеген елдер тарапынан қажеттілік ретінде қабылданған жоқ. Егер көкөніс трансгендік дақылдары әзірше даму кезеңінде болса және олардың коммерциялық плантациялары жақын арада пайда болмайтын болса, онда трансгендік дақылдар алаңының кеңею перспективалары анық емес. Қоғамдық теріс пікірлер мен гербицидтерге төзімді сорттардың қасиеттерін жоғалтуы мүмкін екендігі туралы дәлелдер, В1 генін тасымалдайтын трансгендік дақылдардың зиянкестерге төзімділігін жоғалтуы да трансгендік дақылдар алаңының өсуін тежеуде. Келесі жылдары трансгендік дақылдардың алаңы 25-тен 10%-ға дейін өсетін болады, бұл өсімнің төмендеуі тенденциясымен бірге. Еуропа трансгендік дақылдардың егістіктерін шектеу позициясында тұр. Қытайда трансгендік дақылдармен егістіктердің алаңы әртүрлі бағалаулар бойынша 300 мыңнан 500 мың гектарға дейін жетеді. Келесі бес жыл ішінде бұл алаң 10 есеге ұлғаяды деп болжануда. Болашақта трансгендік дақылдардың әлемдік құрылымындағы үлесі 10%-дан 60%-ға дейін болады деп күтілуде. Қауіпті егіншілік аймақтарында (Африка, Оңтүстік Америка, Оңтүстік-Шығыс Азия, ТМД елдері) абиотикалық стресстерге төзімді трансгендік дақылдар дәстүрлі ауыл шаруашылығына балама болып, азық-түлік өндірісінің өсуіне ықпал етуі мүмкін. Сол елдерде зиянкестер мен ауруларға төзімді трансгендік дақылдар импорттық пестицидтерді сатып алуға қажеттілікті азайтып, өз пестицидтерін өндіруді кеңейтуге, сондай-ақ өсімдіктерді қорғаудың химиялық құралдарын сатып алуға көмектесе алады.

2007 жылы әлем бойынша негізгі трансгендік дақылдардың егістік алаңдары мынадай болды (млн. га):

Дақыл	Егістік аумағы	% барлығы
Гербицидтерге төзімді соя	23,6	49
В1-жүгері	9,5	20
Гербицидтерге төзімді рапс	5,5	11

Гербицидтерге төзімді В1-жүгері	4,1	8,5
Гербицидтерге төзімді мақта	2,6	5,4
Гербицидтерге төзімді жүгері	2,5	5,2
В1-мақта	2,3	4,8
Гербицидтерге төзімді В1-мақта	1,8	3,7
Барлығы	47,9	100

Соңғы он жыл ішінде әлем бойынша 15 мыңнан астам трансгендік өсімдіктердің далалық сынақтары өткізілді, соның ішінде Солтүстік Америкада шамамен 7 мың сынақ жүргізілді. Экономисттердің болжамы бойынша, 2010 жылға қарай гендік инженерия зерттеулеріне әлемдік масштабта салынатын инвестициялар 20 миллиард долларды құрайды. Бұл зерттеулер қымбатқа түседі, бірақ экономисттердің пікірінше, бұл салаға салынған инвестициялар жылдам өтеледі.

Ресейде трансгендік өсімдіктерді жасау және олардың қасиеттерін зерттеу жұмыстарымен РАН-ның «Биоинженерия» орталығы, МГУ, Ресей ауылшаруашылық биотехнологиясының ғылыми-зерттеу институты, Ресей фитопатологиясының ғылыми-зерттеу институты, молекулярлық биология және генетика институты, Ресей картоп шаруашылығының ғылыми-зерттеу институты және басқа да ұйымдар айналысады.

Құқықтық тұрғыдан генно-инженериялық жұмыстарды жүргізу үшін 1993 жылы Ресейде генно-инженерлік қызметті реттейтін заңнамалық құжаттардың жобасын әзірлеу үшін заманауи аралық комиссия құрылды. Комиссия жұмысына Ресей фитопатологиясының ғылыми-зерттеу институтының қызметкерлері қатысты. 1995 жылы заң жобасы дайындалып, Үкіметке және Мемлекеттік Думаның қарауына ұсынылды.

«Гендік инженерлік қызметті мемлекеттік реттеу туралы» Федералды заң 1996 жылдың 5 маусымында Мемлекеттік Думамен қабылданып, 1996 жылдың 5 шілдесінде Ресей Президенті Б.Н. Ельцинмен қол қойылды. 1997 жылдың сәуірінде Ресей Федерациясының Үкіметі «Гендік инженерлік қызмет мәселелері бойынша аралық комиссия» туралы қаулы қабылдады және сол уақытта Үкіметтің жұмысы туралы ереже бекітілді.

10.3 Экологиялық проблемалар, трансгендік өсімдіктерді қолданумен байланысты

Бүгінгі күні трансгендік (генетикалық модификацияланған) өсімдіктердің қатарында екі жүзден астам далалық, жайылымдық, көкөніс, ағаш, сәндік және дәрілік мәдениеттер бар. Гендік инженерияда дәстүрлі селекция негізінде гендерді ауыстыруды шектейтін кедергілер жоқ: жаңа гендердің көздері ретінде кез келген

организмдер - жануарлар, өсімдіктер немесе микробтар болуы мүмкін. Сонымен қатар, гендік инженерлер осы гендердің құрылымын өзгертіп, оларды жаңа иесінің организмінде тиімдірек немесе өсімдіктің даму кезеңінде дәл жұмыс істейтіндей етіп бейімдей алады.

Қазіргі уақытта ауылшаруашылық өсімдіктерінің гендік инженериясы негізінен классикалық селекцияның бағытында дамуда. Ғалымдардың негізгі күштері өсімдіктерді қолайсыз (биотикалық және абиотикалық) факторлардан қорғауға, сақтау кезінде шығындарды азайтуға және өнімнің сапасын жақсартуға бағытталған. Бұл, әсіресе, аурулар мен зиянкестерге, мұздатуға және топырақтың тұздануына төзімділікті арттыруға, өсімдік майындағы қажетсіз компоненттерді жоюға, бидай ұнының ақуызы мен крахмалының қасиеттерін өзгертуге, қызанақтардың сақтау және дәм сапасын жақсартуға бағытталған.

Генетикалық модификация.

Селекционерлерді ауылшаруашылық өсімдіктерінің генетикалық түрлену мүмкіндігі қызықтырады. Мысалы, көпшілік шаруашылық сипаттамалары бойынша жақсы нәтижеге ие сортқа бір жетіспейтін қасиетті, мысалы, белгілі бір ауруға төзімділікті қосуға болады.

Сонымен қатар, генетикалық модификация арқасында өсімдіктер бұрын-соңды болмаған рөлдерді атқара алады. Олар дәрілік заттар мен азық-түлік қоспаларын өндіретін «зауытқа» айналады немесе дәрілер, вакциналар мен қажетті азық-түлік қоспаларын «мейірімді» енгізу үшін құрал болады. Мысалы, қант қызылшасының тамыржемістері қантозаның орнына төмен молекулалы фруктозандарды жинай алады немесе банандар жеуге болатын вакцина ретінде пайдаланылады. Бактериялардың гендерін енгізу арқылы жоғары өсімдіктер шет елдік органикалық қосылыстарды (ксенобиотиктерді) бұзуға қатысу мүмкіндігін алады, бұл қоршаған ортаны ластанудан қорғауға көмектеседі.

Генетикалық модификацияланған өсімдіктердің қарсыластары гендік модификацияланған сорттарды жасау, сынақтан өткізу және тұқым өсірудің бірнеше трансұлттық корпорациялардың монополиясында екенін еске салады. Олар ГМР өнімдерінің кең көлемде қолданылуымен байланысты экологиялық теріс әсерлер туралы ақпаратты шектей алады. Экологиялық сараптамаларды жүргізуге және тұтынушылардың консервативті талғамына бейімделуге бірнеше жыл қажет болады. Тұтынушылар дәстүрлі және генетикалық модификацияланған азық-түліктер арасында таңдау құқығын қорғауды күтеді.

Генетикалық модификацияның мүмкін болатын теріс әсерлеріне қарсы кепіл – ГМР таралуын заңмен реттеу және экологиялық тәуекелдерді бағалау әдістерін әзірлеу. Көптеген елдерде трансгендік тұқым материалдарының рұқсатсыз таралуын болдырмауға және ГМР өнімдерімен жасалған азық-түлік тауарларын мониторингтеуге арналған заңдар қабылданды, сондай-ақ ГМР өнімдерімен немесе қосылған өнімдермен азық-түлік тауарларын белгілейтін талаптар енгізілді. Ресейде де 1996 жылғы 5 шілдедегі «Гендік инженерия саласындағы мемлекеттік реттеу туралы» Заң және ГМР таралуын реттейтін заңнамалық актілер қабылданды, соның ішінде трансгендік өсімдіктердің полевик сынақтары мен генетикалық

модификацияланған тұқымдар, азық-түлік өнімдері мен жем-шөптерді импорттау туралы заңдар бар.

Арнайы зерттеулер көрсеткендей, трансгендік өнімдермен адам ағзасына түсетін гендер мен белоктардың шектеулі мөлшері азық-түлік өнімдері арқылы сол деңгейде теріс әсер етпейді, бұл олардың тағам ретінде қолданылуына тыйым салу үшін негіз бола алмайды. Сонымен бірге, ГМР қоршаған ортаны айтарлықтай жақсарта алады. Ауруларға және зиянкестерге төзімді ГМР өсімдіктерін өсіру қоршаған ортаға пестицидтік жүктемені айтарлықтай төмендетуге немесе минимумға дейін азайтуға мүмкіндік береді. Қолайсыз ауа-райы жағдайларынан әлсіреген өсімдіктер аурулар мен зиянкестерге оңай ұшырайды. Сондықтан, аязға, тұздануға және құрғақшылыққа төзімді трансгендік сорттар химиялық қорғауды аз қажет етеді, бұл да қоршаған ортадағы пестицидтік жүктемені азайтуға көмектеседі. Өсімдіктер ауруларымен күресу. Өсімдіктер аурулары өнімділікті төмендетіп қана қоймай, өнімнің сапасын да нашарлатады. Сонымен қатар, кейбір микроорганизмдер дәндерді және басқа ауылшаруашылық өнімдерін жоғары токсикалық метаболиттермен, мысалы, микотоксиндермен ластайды. Сондықтан, қолайсыз орта жағдайларына төзімді ГМР өсімдіктерін өсіру экологиялық қауіпсіздікті және халықтың өмір сүру сапасын арттырады.

ГМР минералды тыңайтқыштарды тиімді пайдалану арқылы қоршаған ортаны нитраттар мен фосфаттармен ластануды айтарлықтай азайтады.

Трансгендік сорттарды кең көлемде қолданудың экологиялық салдарын бағалау қиынырақ. Қазіргі гербицидтерге төзімді ГМР сорттарын кеңінен қолдану оларды қолданудың экологиялық нәтижелерін көрсетуі мүмкін. Мысалы, гербицидтер (глифосат) жұмсақ дозаларда қолданылып, адам мен жануарлар үшін аз токсикалық болып табылады және топырақта тұрақсыз. ГМР егіндері сондықтан шөптерден толықтай тазартылуы мүмкін. Бірақ, бұл гербицидтердің кеңінен қолданылуы жабайы өсімдіктер мен қоршаған табиғатқа теріс әсер етуі мүмкін.

ГМР қарсы негізгі сындар олардың кеңінен таралуы жабайы өсімдіктердің, әсіресе мәдени өсімдіктердің генетикалық әртүрлілігін төмендетеді деген болжаммен байланысты. Фитофагтардың азаюы немесе фитопатогендердің басылуы бақыланатын өсімдіктердің көбеюіне және энтомофагтардың санының азаюына әкелуі мүмкін, бұл агро-биоценоздардың құрылымын өзгертуі мүмкін.

ГМР сорттары саны шектеулі, және егер олар жергілікті сорттарды толықтай ығыстырса, бұл сорттық әртүрліліктің төмендеуіне алып келеді, бұл ауа райының күрт өзгерістері, эпифитотиялар мен инвазиялар жағдайында қауіп төндіреді.

Трансгендік сорттар күтпеген әрекеттер көрсетуі мүмкін, әсіресе өзгерген жағдайларда.

ГМР өнімдері дәстүрлі сорттарға қарағанда өнімділік немесе сапа жағынан нашар болуы мүмкін.

Ауылшаруашылық өнімдерінің аурулардан, зиянкестерден, арамшөптерден және сақталу кезінде бұзылудан келген жыл сайынғы шығын соншалықты үлкен, ол әлем бойынша жоғалған азық-түлікті Оңтүстік Америка континентінің халқын тамақтандыруға жеткілікті. Осылайша, халықтың өсуі жағдайында бәсекеге қабілетті трансгендік өсімдіктердің жылдам таралуын тоқтату қиын болады. Фитопатогендер мен зиянкестерге төзімді трансгендік сорттар мен будандарды ауылшаруашылық

тәжірибесіне енгізу пестицид нарығындағы компанияларға қаржылық шығындарға әкеледі, өйткені гербицидтер мен инсектицидтерді кеңінен қолданудың қажеті болмайды. Қазіргі уақытта бүкіл әлемде өсімдіктерді зиянкестерден, аурулардан және арамшөптерден химиялық қорғауға жыл сайын шамамен 32 миллиард доллар жұмсалады. Осыған байланысты, трансгендік дақылдардың болашақ ауылшаруашылық нарықтарына шығуына кедергі жасау үшін мүмкін болатын барлық жолдармен, соның ішінде бұқаралық ақпарат құралдары арқылы кедергі жасау әрекеттері жасалуда.

Ресейде трансгендік өсімдіктерді алғашқы сынақтар ВНИИФ-де жүргізілді. Бұған ВНИИФ-те климаттық камераларда, Центр «Биоинженерия» РАН-да жасалған, кеңінен таралған отандық сорттар негізінде трансгендік картоп линияларын ұзақ жылдар бойы сынақтан өткізу жұмыстары алдын ала жасалды. Осы сорттардың бірінің геномына фосфинотрицинге (глюфосинат аммонийі - Баста және Ламберти гербицидтерінің белсенді зат) төзімділік генін кодтайтын ген инженерлік конструкция енгізілді. Басқа отандық картоп сорттарының геномына да Центрдің мамандары жасаған У-вирус гендеріне негізделген конструкциялар енгізілді. Лабораториялық сынақтар барысында гербицидке немесе У-вирусыға ең жоғары төзімділікке ие трансформанттар таңдап алынды. Таңдап алынған картоп линиялары үш жыл бойы оқшауланған алқаптарда сынақтан өтті.

Фитопатогендерге төзімділік

ВНИИФ ғалымдары гендік инженерия саласында ерекше бағытты әзірлеуде. Әдетте трансгенді өсімдіктер фитопатогендерге (әсіресе фитовирустарға) өте нақты төзімділікпен сипатталады: кейбір жағдайларда белгілі бір штамнан алынған вирустың жеке фрагментін енгізу өсімдікті осы вирустың белгілі бір штаммына төзімді етеді, бірақ сол вирустың басқа штамдарына әсер етпейді. Бұл трансгенді өсімдіктердің практикалық құндылығын төмендетеді. Сондықтан фитопатогендерге өсімдіктердің жалпы төзімділігін индукциялайтын белоктарды іздестіру жүргізілуде. Бірнеше жыл бұрын түрлі өсімдіктердің саңырауқұлақтық және вирустық инфекцияларға төзімділігін индукциялайтын белоктар бөлінді, олардың гендері анықталып, клонирленді, гендік-инженерлік конструкциялар жасалды. Бұл конструкциялардың темекі және картоп жасушаларының геномына енгізу жұмыстары басталды. Алынған нәтижелер трансгенді өсімдіктерде мақсатты гендердің экспрессиясын және бірнеше вирустарға төзімділік белгілерін индукциялауын растайды.

Қазіргі уақытта американдық ғалымдар колорад жүгіргішіне төзімді картоп сорттарын және глифосатқа төзімді соя сорттарын шығарды. Колорад жүгіргіші Ресей, АҚШ, Канада және басқа да елдерде картоп өсірудің негізгі аудандарында үлкен зиян келтіреді. Өндірушілер бұл зиянкестерден қорғау үшін 4-тен 8 ретке дейін қымбат инсектицидтермен өңдеу жүргізуге мәжбүр. Химиялық инсектицидтер сонымен қатар жылу сүйгіш жануарлар мен адамдарға әртүрлі дәрежеде токсикалық болып табылады. Сондай-ақ, бір химиялық класс (мысалы, пиретроидтар) қосылыстарын қолданғанда зиянкестер оларды салыстырмалы түрде тез төзімділікке ие болады.

Monsanto компаниясының мамандары *Bacillus thuringiensis* бактериясынан алынған генді бірқатар картоп сорттарының геномына енгізді. Бұл ген *Bt.f* деп

аталатын эндотоксин ақуызының синтезін кодтайды, ол белгілі бір жәндіктер тобын, соның ішінде колорад жүгіргішін арнайы токсикалық әсер етеді. *Bt.f* ақуызының токсикалық әрекеті жүгіргіштің асқазан жүйесін парализдеумен байланысты. Картоптың жапырақтарындағы *Bt.f* ақуызының мөлшері 5,4-тен 28,3 мкг/г дейін, түйнектерінде 0,4-тен 2,0 мкг/г дейін (жалпы ақуыздың 0,01%-ынан аз). Токсикологиялық зерттеулер *Bt.f* ақуызының адамға және мақсатқа алынбайтын организмдерге қауіпсіз екенін көрсетті. Қауіпсіздік осы ақуыздың тек сезімтал рецепторлық мишенелерге ғана әсер етуімен байланысты, олар тек белгілі жәндіктер топтарында бар. Жерде бұл белок салыстырмалы түрде тез ыдырайды. Осылайша, АҚШ-тың Мемлекеттік азық-түлік және дәрі-дәрмек комиссиясы (FDA) *Bt.f* белогын ресми қауіпті заттар тізімінен шығарды.

ВНИИФ жүргізген зерттеулер трансгенді картоптың ботвасының 28-ніштегі қоңызы (Эпиляхна) тарапынан белсенді түрде жейтінін көрсетті, зиянкестер үшін ешқандай теріс әсерлер байқалмады, бұл эндотоксиннің жоғары түрлік спецификалық әрекетін растайды.

Биоинсектицидтер

Соңғы 30 жылда Ресей мен басқа да елдерде ауылшаруашылық өндірісінде *Bacillus thuringiensis* негізіндегі биоинсектицидтер кеңінен және сәтті қолданылып келеді (Лепидоцид, Динел, Инсектин, Энтеробактерин, Новодор және т.б.). Осы препараттардың негізгі белсенді компоненттерінің бірі – *Bt.f* белогы. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ) және көптеген елдердегі мемлекеттік реттеу органдары (соның ішінде Ресейде) бұл инсектицидтерді адамның денсаулығы мен қоршаған орта үшін қауіпсіз микробиологиялық қорғау құралдары ретінде санкциялады. Monsanto компаниясының трансгенді картоп сорттары АҚШ, Канада, Жапония және басқа бірқатар елдерде тағам өнімдері ретінде қолдануға рұқсат етілген.

Гендік-инженерлік биотехнологияның болашағы

Қазіргі уақытта гендік инженерияның түрлі әдістемелік тәсілдері заманауи молекулярлық және жасушалық биологияның құрамдас бөлігіне айналды. Гендік-инженерлік өсімдіктердің негізгі міндеттері олардың генетикалық трансформациясы, бөтен гендердің экспрессиясы және оның реттелуі болып табылады.

Өсімдіктер физиологиясындағы үш маңызды жетістік рекомбинантты ДНҚ технологиясын гендік-инженерлік өсімдіктер биотехнологиясына біріктіруге негіз болды. Біріншіден, өсімдіктердің өсуі мен дамуын реттейтін фитогормондардың ашылуы. Екіншіден, клеткалар мен өсімдіктердің тіндерін макро- және микроэлементтер, қанттар, витаминдер және фитогормондар бар орталарда өсіру әдістерінің әзірленуі (бұл әдістер стерильді жағдайда клеткаларды, тіндерді және тұтас өсімдіктерді өсіруге және оларды арнайы орталарда сұрыптауға мүмкіндік береді). Үшіншіден, соматикалық өсімдік клеткаларының тотипотенттілігінің (толыққанды, ақпараттылығы) анықталуы, бұл олардың негізінде толыққанды өсімдіктерді қалпына келтіруге жол ашады.

Болашақта гендік-инженерлік өсімдіктер биотехнологиясының әлеуеті клеткалық органеллалардың генетикалық трансформация әдістерінің әзірленуімен айтарлықтай артады. Жоғары өсімдіктердің хлоропласттарын трансформациялау әдістерінің жетістіктері алынған. Гендік-инженерлік биотехнологияның келесі

жетістіктері трансгендік экспрессияның ерекшеліктерін түсінуге байланысты болады. Мұнда кейде «үнсiздену» құбылысы мен ДНҚ метилациясының рөлiн атап өту қажет. Қазiргi уақытта ядролық инженерияның пайда болуы туралы айтуға болады, ол ядроларды бөтен және рекомбинантты ядролық белоктармен (мысалы, ДНҚ-метилазалармен) модификациялауға және бөтен гендердiң құрылымдық модификациясына бағытталған. Трансгендік экспрессияны бiрнеше рет арттыруға болады, бөтен гендерге ядролық матриксен тығыз байланысқан нуклеотидтік тізбектердi қосу арқылы.

Өзiн-өзi тексеру сұрақтары:

1. Геномодификацияланған өсiмдіктердi алудың оң аспектілері қандай?
2. Трансгенді өсiмдіктердi өсірудiң мүмкін негативті салдары қандай?