ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ БИОТЕХНОЛОГИЯ ФАКУЛЬТЕТІ
МОЛЕКУЛАЛЫҚ БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕНЕТИКА КАФЕДРАСЫ

Пән атауы: Қолданбалы генетика және геномика

Дәріс 15

Болашақ геномдық технологиялар: наногенетика, синтетикалық биология

Лектор: к.б.н., Алтыбаева Н.А.

Дәрістің мақсаты: Наногенетика мен синтетикалық биологияның молекулалық негіздерін, заманауи геномдық технологиялардың жұмыс істеу принциптерін және олардың медицина мен биотехнологиядағы қолданылу мүмкіндіктерін қарастыру.

Дәрістің жоспары:

1. Болашақ геномдық технологиялардың негізгі бағыттары мен даму перспективалары.
2. Наногенетиканың молекулалық негіздері және наноматериалдардың ерекшеліктері.
3. Нанобөлшектер арқылы генетикалық материалды жасушаға жеткізу әдістері.
4. Синтетикалық биологияның негізгі принциптері мен зерттеу бағыттары.
5. Синтетикалық геномдарды алу және генетикалық жүйелерді өзгерту технологиялары.
6. Наногенетика мен синтетикалық биологияның медицинадағы және биотехнологиядағы қолданылуы, қауіпсіздігі мен этикалық мәселелері.

Оқыту нәтижелері

Дәрісті меңгергеннен кейін докторант:

1. Болашақ геномдық технологиялардың негізгі бағыттарын және олардың даму перспективаларын түсіндіре алады.
2. Наногенетиканың молекулалық негіздерін, наноматериалдардың ерекшеліктерін және генетикалық зерттеулердегі маңызын сипаттай алады.
3. Атомдық-күштік микроскопия, наноплазмондық бейнелеу, ДНҚ-нанооригами және наносенсорлардың жұмыс істеу принциптерін түсіндіре алады.
4. Нанобөлшектер арқылы ДНҚ, РНҚ және басқа биологиялық молекулаларды жасушаға жеткізу тәсілдерін сипаттай алады.
5. Синтетикалық биологияның негізгі ұғымдарын, инженерлік принциптерін және зерттеу бағыттарын Түсіндіре алады.
6. Синтетикалық ДНҚ мен геномдарды құрастырудың негізгі кезеңдерін және генетикалық жүйелерді өзгерту технологияларын сипаттай алады.
7. Наногенетика мен синтетикалық биологияның медицинада, фармацевтикада, ауыл шаруашылығында және экологияда қолданылуын талдай алады.
8. Геномдық технологиялардың артықшылықтарын, техникалық шектеулерін және биологиялық қауіпсіздік мәселелерін бағалай алады.
9. Қазақстандағы геномдық технологиялардың даму мүмкіндіктерін және олардың биотехнологиялық өндірістегі болашақ маңызын түсіндіре алады.

- **Болашақ геномдық технологиялар** — адамзаттың ғылыми дамуының жаңа кезеңін бастайтын бағыт. Олар ағзаның генетикалық құрылымын нано және молекулалық деңгейде зерттеу арқылы тұқым қуалаушылықты басқаруға мүмкіндік береді.
- **Наногенетика мен синтетикалық биология** осы жаңа дәуірдің басты қозғаушы күші болып отыр. Наногенетика генетикалық процестерді наноөлшемде талдап, дәл түзетуге жол ашса, синтетикалық биология жаңа биологиялық жүйелерді жобалайды. Бұл технологиялар арқылы ғалымдар аурудың себебін емдеуден бұрын анықтай алады. Сонымен қатар, олар медицина, ауыл шаруашылығы, фармацевтика және экология салаларына зор әсерін тигізіп отыр. Генетикалық ақпаратты басқару мүмкіндігі адам өмірін ұзартуға және сапасын жақсартуға жол ашады. Болашақта геномдық технологиялар көмегімен жеке адамның генетикалық ерекшелігіне сай ем мен алдын алу шаралары қолжетімді болады. Демек, бұл бағыттар – адамзаттың биологиялық болашағын айқындайтын шешуші фактор.

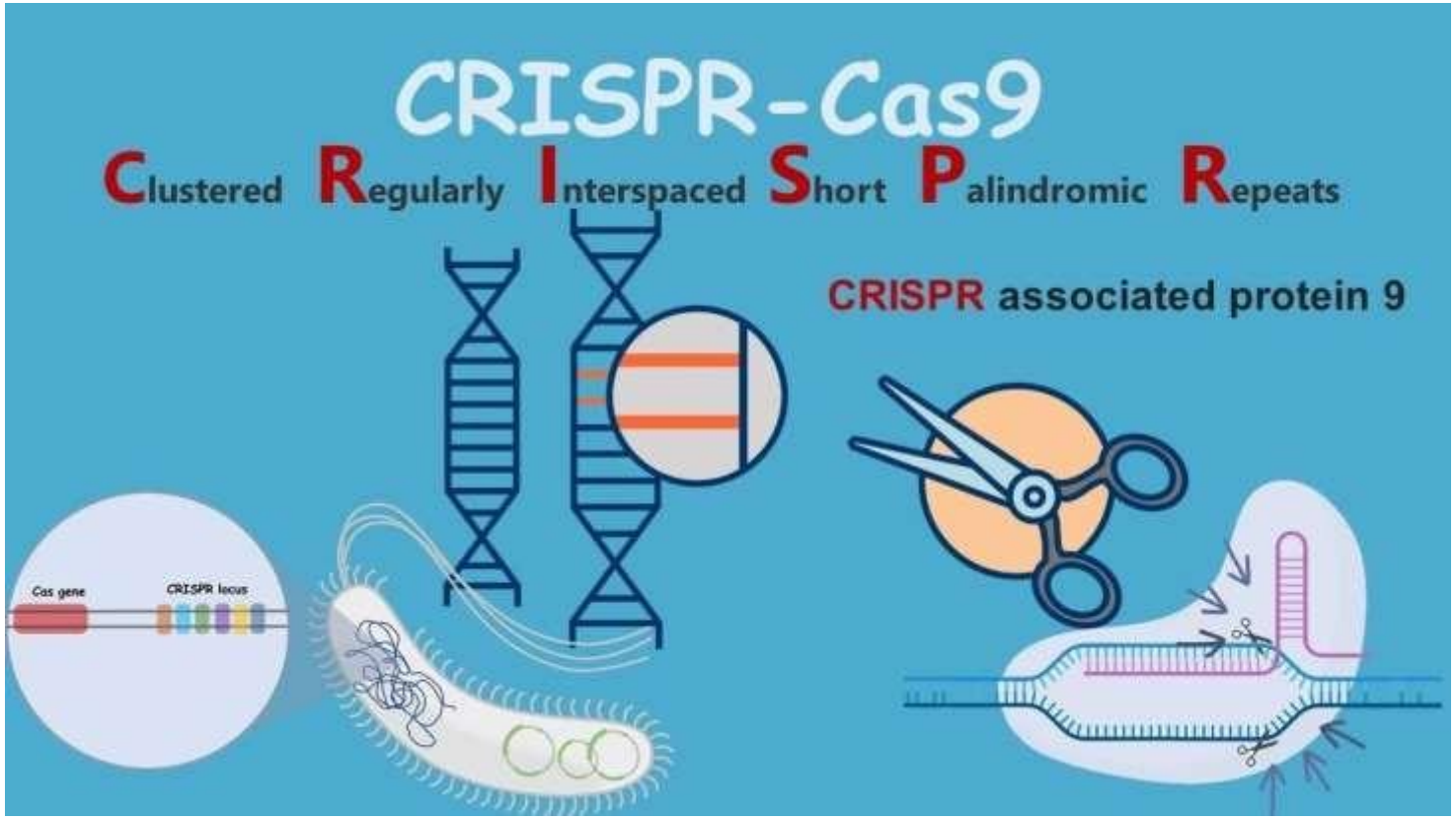
Геномдық технологиялар — ағзаның тұқым қуалайтын ақпаратын зерттеу, анықтау және оны басқару әдістерінің жиынтығы. Олар генетикалық кодтың құрылымын, қызметін және өзара байланысын талдауға мүмкіндік береді.

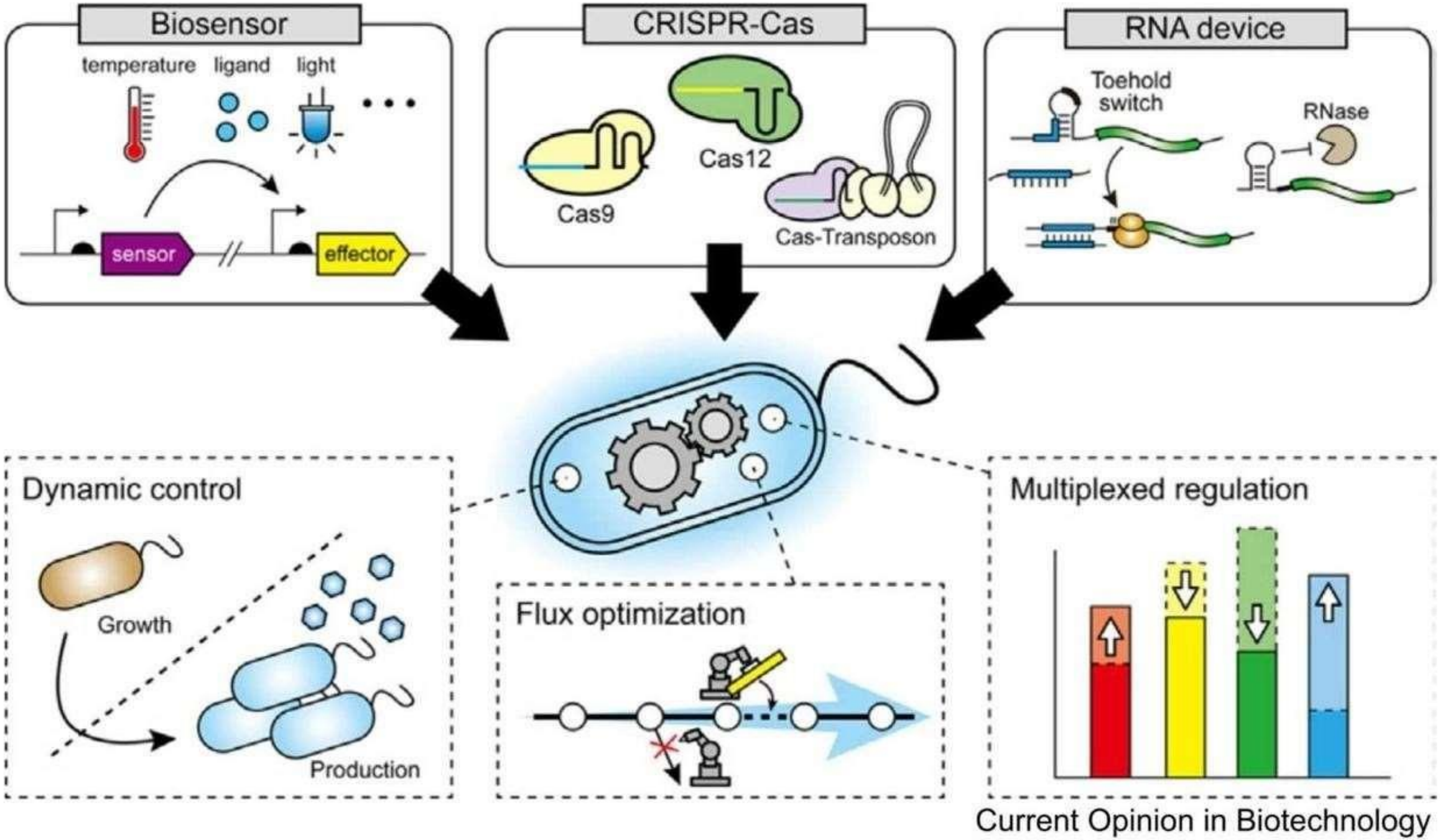
Негізгі әдістері – **ДНҚ секвенирлеу, гендік инженерия және биоинформатика құралдары**. Бұл технологиялар аурулардың генетикалық себептерін анықтауға және жеке медицина жасауға жол ашты. Секвенирлеудің жаңа буын әдістері (Next Generation Sequencing) арқылы геномды зерттеу бұрынғыдан әлдеқайда жылдам және қолжетімді болды. Мұндай зерттеулер арқылы адам мен микроағзалар арасындағы генетикалық өзара әрекет те анықталып жатыр. Сонымен қатар, геномдық технологиялар биоинформатикамен бірігіп, үлкен деректерді талдау мүмкіндігін кеңейтті. Бүгінде әр адамның жеке геном картасын жасау — клиникалық диагностиканың негізгі бөлігіне айналып келеді. Осылайша, геномдық технологиялар — болашақ биомедицинаның тірегі.

Болашақ биотехнологияның басты бағыттарына **геномдық редакциялау, наногенетика, синтетикалық биология, протеомика және метагеномика** жатады. Бұл бағыттардың барлығы тірі ағзалардың молекулалық деңгейін зерттеп, басқаруды мақсат етеді.

CRISPR-Cas9 жүйесі арқылы ғалымдар гендерді нақты әрі тиімді түрде өзгертеді. Жасушалық инженерия ағзаның өз жасушаларын жаңа қасиеттерге бейімдеп, жасанды тіндер мен мүшелер жасауға мүмкіндік беруде.

Синтетикалық биология жасанды микробтар мен жасушалық жүйелерді жобалау арқылы биологиялық өндірістің тиімділігін арттырады. Наногенетика болса, наноөлшемді құрылғылар көмегімен ДНҚ молекулаларын дәл бақылауға мүмкіндік береді. Бұл технологиялар бірігіп, ауруларды ерте диагностикалау, гендік терапия және экологиялық тепе-теңдікті қалпына келтіруде қолданылады. Биотехнология бағыттарының интеграциясы болашақта биоиндустрияның жаңа кезеңін бастайды.




Biosensor
temperature
ligand
light
sensor
effector
CRISPR-Cas
Cas12
Cas9
Cas-Transposon
RNA device
Toehold switch
RNase
Dynamic control
Growth
Production
Flux optimization
Multiplexed regulation
Current Opinion in Biotechnology

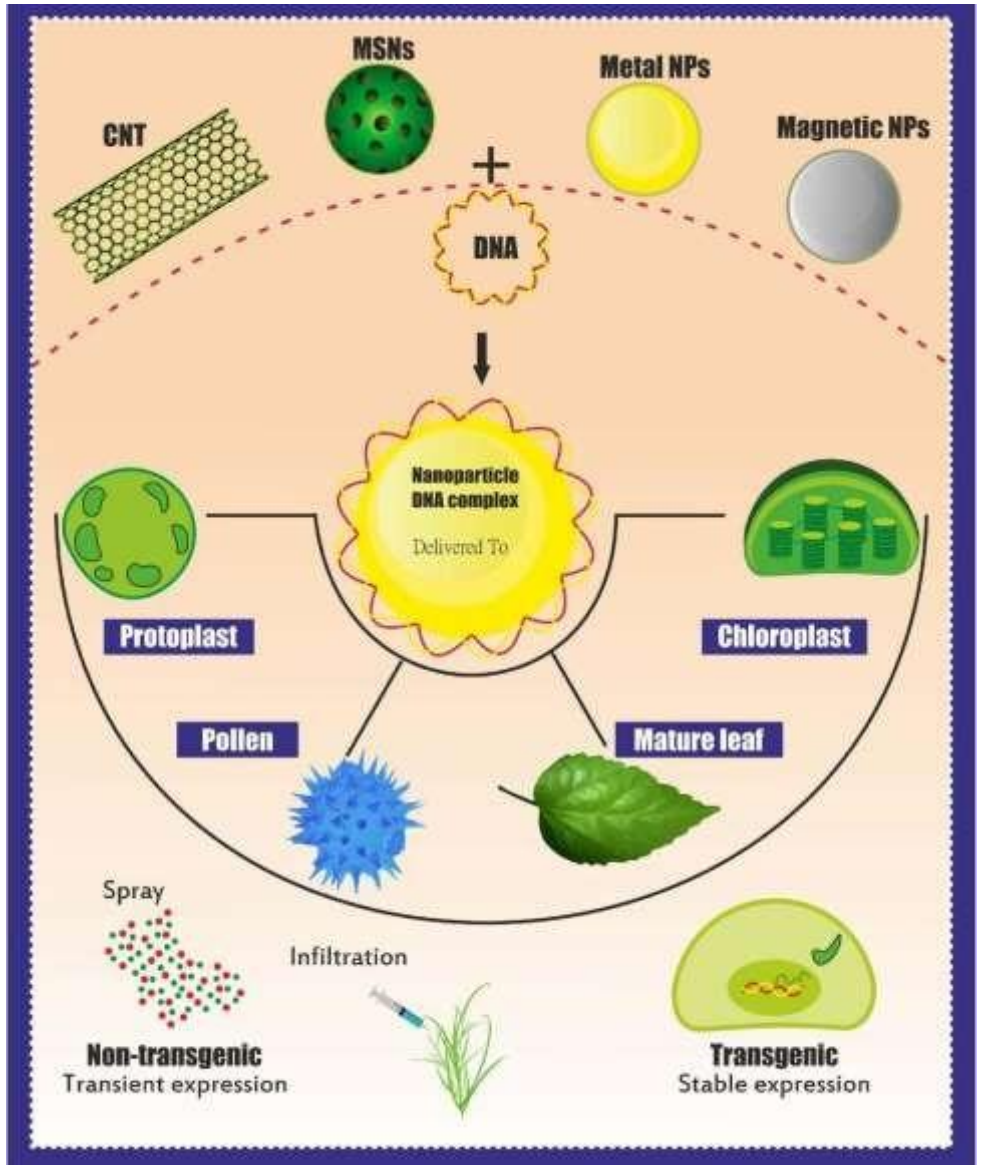
Наногенетика ұғымы және мәні

- **Наногенетика** – геномды зерттеу мен басқаруда нанотехнологияларды қолданатын жаңа ғылыми бағыт. Ол ДНҚ молекулалары мен генетикалық процестерді наномөлшерде талдап, олардың құрылымдық және функционалдық ерекшеліктерін анықтайды. Бұл сала наноөлшемдегі зондтар, сенсорлар және нанороботтар арқылы геномммен дәл жұмыс істеуді көздейді. Наногенетиканың басты мақсаты — генетикалық мутацияларды ерте анықтап, оларды молекулалық деңгейде түзету. Мысалы, нанобөлшектер дәрілерді жасуша ішіне дәл жеткізуге көмектеседі, бұл емнің тиімділігін арттырады.
- Наногенетикалық құрылғылар арқылы жасуша ішіндегі биохимиялық реакциялар нақты бақылана алады. Осының нәтижесінде медицинада жеке емдеу тәсілдері кеңінен енгізілуде. Бұл технологиялар биологиялық процестерді микроскопиялық деңгейде түсінуге жаңа мүмкіндіктер ашты.

Наногенетикалық зерттеу әдістері

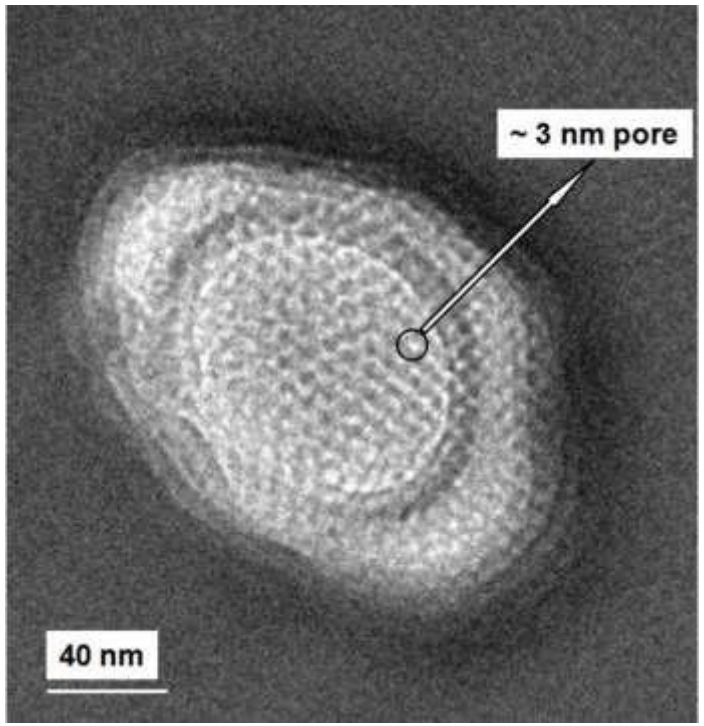
Наногенетикада қолданылатын негізгі әдістер — **атомдық-күштік микроскопия, наноплазмондық бейнелеу, ДНҚ нанокұрылымдарын жобалау және наносенсорлар.**

Атомдық-күштік микроскопия ДНҚ молекулаларының беткі құрылымын атомдық деңгейде көрсетеді. ***Наноплазмондық бейнелеу әдісі*** арқылы генетикалық материалдың нақты реакцияларын визуализациялауға болады. Сонымен қатар, ***ДНҚ-нанооригами әдісі*** ДНҚ молекулаларын кеңістікте белгілі бір формаға келтіруге мүмкіндік береді. ***Наносенсорлар*** генетикалық өзгерістерді жылдам анықтап, диагноз қоюда қолданылады. Қазіргі кезде наногенетикалық әдістер фармакогеномика мен молекулалық диагностикада кеңінен пайдаланылады. Бұл зерттеу әдістері арқылы дәрілердің жасуша ішіндегі әсері нақты бақыланады. Осының арқасында медицина дәлірек және қауіпсіз бағытта дамуда.



Наногенетика ***медицинада*** *ең алдымен генетикалық ауруларды ерте анықтау мен емдеуде қолданылады.* Нанобөлшектер дәрілік заттарды қажетті жасушаға дәл жеткізетін «ақылды тасымалдаушы» рөлін атқарады. Бұл тәсіл дәрі-дәрмек мөлшерін азайтып, жанама әсерлерді төмендетеді. Мысалы, қатерлі ісікті емдеуде наноқұрылымдар ісікке бағытталып, сау тіндерге әсер етпейді. Сонымен қатар, наногенетикалық диагностикалық чиптер арқылы ДНҚ мутацияларын тез анықтау мүмкіндігі пайда болды. Нанороботтар жасуша ішіндегі зақымдалған гендерді жөндеп, гендік терапияны жаңа деңгейге көтереді. Болашақта осындай технологиялар адамның жеке генетикалық профиліне сай емдеу жүйесін қалыптастыруға жол ашады. **Наногенетика** – дәл медицина мен геномдық терапияның негізгі тірегіне айналып келеді.

Наногенетика тек медицинада ғана емес, ***ауыл шаруашылығында*** да кеңінен қолданылуда. Наноматериалдар арқылы өсімдіктердің өнімділігін арттыру және зиянкестерге төзімді сорттар шығару мүмкіндігі бар.Мысалы, ДНҚ-нанооригами әдісі арқылы өсімдік геномындағы маңызды гендер өзгертіледі.Наносенсорлар топырақтағы қоректік заттардың деңгейін бақылап, тыңайтқыштарды дәл мөлшерде қолдануға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл экологиялық таза және тиімді егіншіліктің дамуына жол ашады. Сонымен қатар, мал шаруашылығында наногенетикалық диагностика арқылы ауруларды ерте анықтау жүзеге асуда.Яғни, наногенетика ауыл шаруашылығының өнім сапасы мен биологиялық қауіпсіздігін арттыратын маңызды құралға айналды.



Nanocarriers (NPs and DNA complex)

- Agrobacterium-mediated transformation
- Biolistic delivery of DNA
- Micro-injection
- Electroporation
- Laser-induced DNA delivery
- PEG-induced DNA delivery

Application of nanoparticles (NPs) / nanomaterials

Delivery of nanocarriers into plant cells

Cytoplasm

Cell wall

CRIPSR/Cas genome editing

NPs-mediated genome editing for climate-smart plants

Nano-mediated transgenic plant

Наногенетиканың артықшылықтары мен қиындықтары

Артықшылықтары: генетикалық процестерге наноөлшем деңгейінде араласуға мүмкіндік беруінде.
Бұл технологиялар арқылы диагностика уақыты азайып, емнің тиімділігі артады.
Жеке генетикалық карта негізінде нақты ем қолдану мүмкіндігі де осы бағыттың жетістігі.
Сонымен қатар, наногенетика биологиялық жүйелердің ішкі құрылымын тереңірек түсінуге мүмкіндік береді.

Кемшіліктері: нанобөлшектердің биологиялық қауіпсіздігі толық зерттелмеген.
Этикалық және құқықтық сұрақтар да өзекті болып отыр — әсіресе адам геномына араласу шектері жайлы.
Осыған байланысты ғалымдар наногенетикалық зерттеулерді қауіпсіз және жауапкершілікпен жүргізу қажеттігін атап өтеді.
Яғни, бұл технология үлкен әлеуетке ие болғанымен, оны қолдануда сақтық қажет.

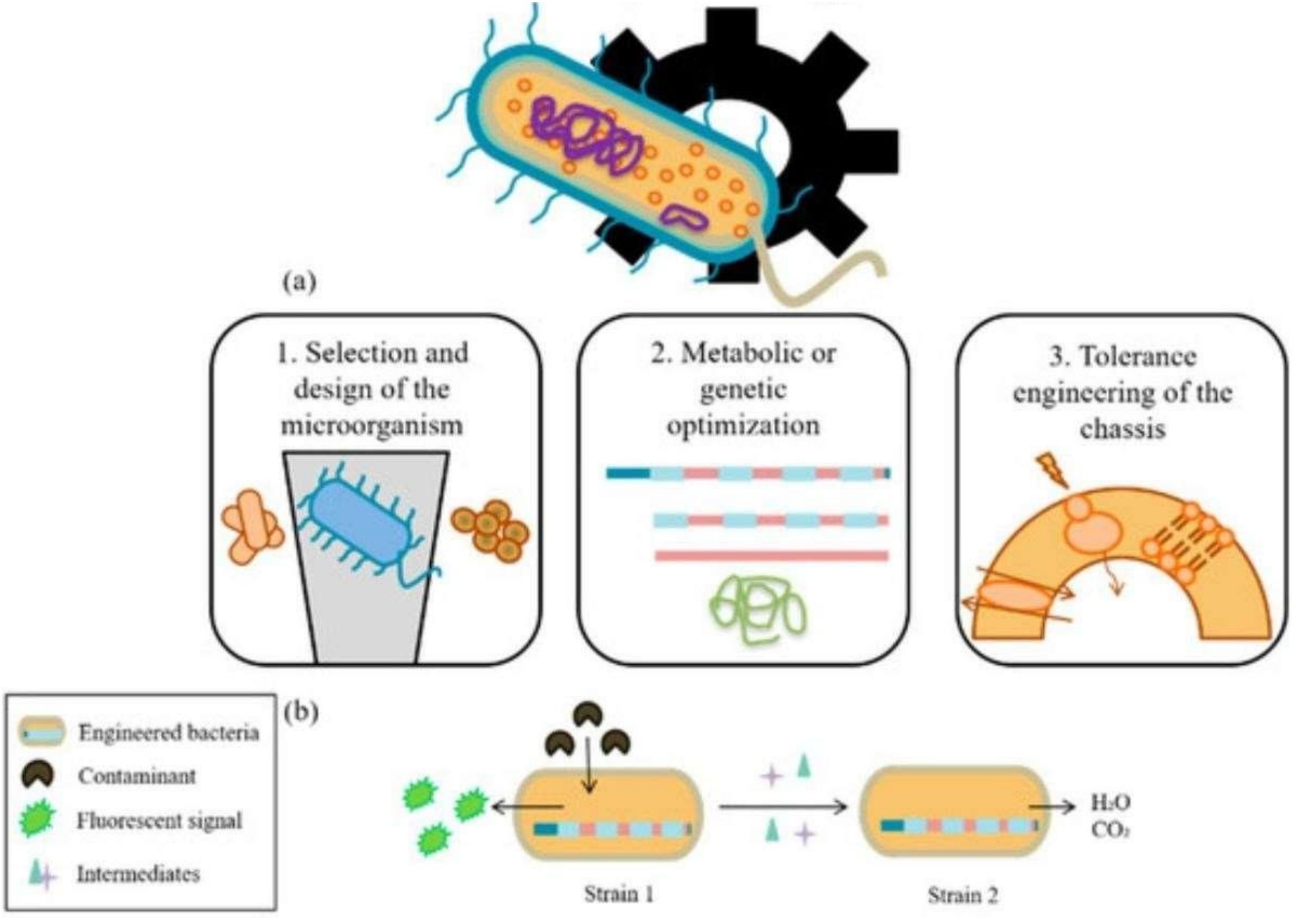
Синтетикалық биология ұғымы

Синтетикалық биология — табиғатта кездеспейтін жаңа биологиялық жүйелер мен ағзаларды жобалау және жасау ғылымы.

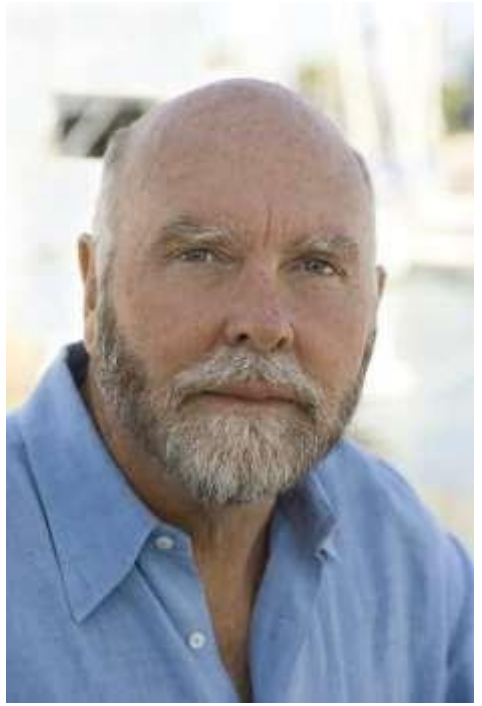
Бұл бағыт инженерлік принциптерге сүйене отырып, тірі жүйелерді «құрастыру» идеясын жүзеге асырады. Синтетикалық биологияның мақсаты – жаңа генетикалық құрылымдар мен жасушалық жүйелерді жасап, оларды пайдалы мақсатқа қолдану.Мысалы, бактерияларға жаңа гендер енгізу арқылы дәрі, биологиялық отын немесе фермент өндіру мүмкіндігі бар. Бұл ғылым биологияны инженериямен біріктіріп, биоинженерияның жаңа дәуірін бастады. Синтетикалық биологияның нәтижесінде биотехнологиялық өндіріс әлдеқайда арзан әрі экологиялық таза бола алады. Сондықтан ол адамзаттың энергетика, медицина және қоршаған ортаны қорғау мәселелерін шешуде үлкен рөл атқарады.



Синтетикалық биология



Синтетикалық биология ұғымы алғаш рет **XX ғасырдың басында** пайда болғанымен, белсенді дамуы 2000-жылдардан басталды. Алғашқы ірі жетістіктердің бірі — 2010 жылы **Крейг Вентер тобы** жасаған жасанды бактериялық геном болды. Бұл оқиға ғылымда **«жасанды өмірдің басталуы»** деп аталды. Сол уақыттан бері синтетикалық биология инженерлік дизайн, ДНҚ синтезі және модельдеу әдістерімен біріктірілді. Қазір синтетикалық биологияда стандартты генетикалық модульдер мен биологиялық «құрылыс блоктарын» пайдалану қалыпты тәжірибеге айналды. Бұл сала қазіргі таңда көптеген стартаптар мен ғылыми жобалардың негізгі бағыттарының бірі. Ол болашақта биофабрикалар мен жасанды организмдердің пайда болуына алып келеді.



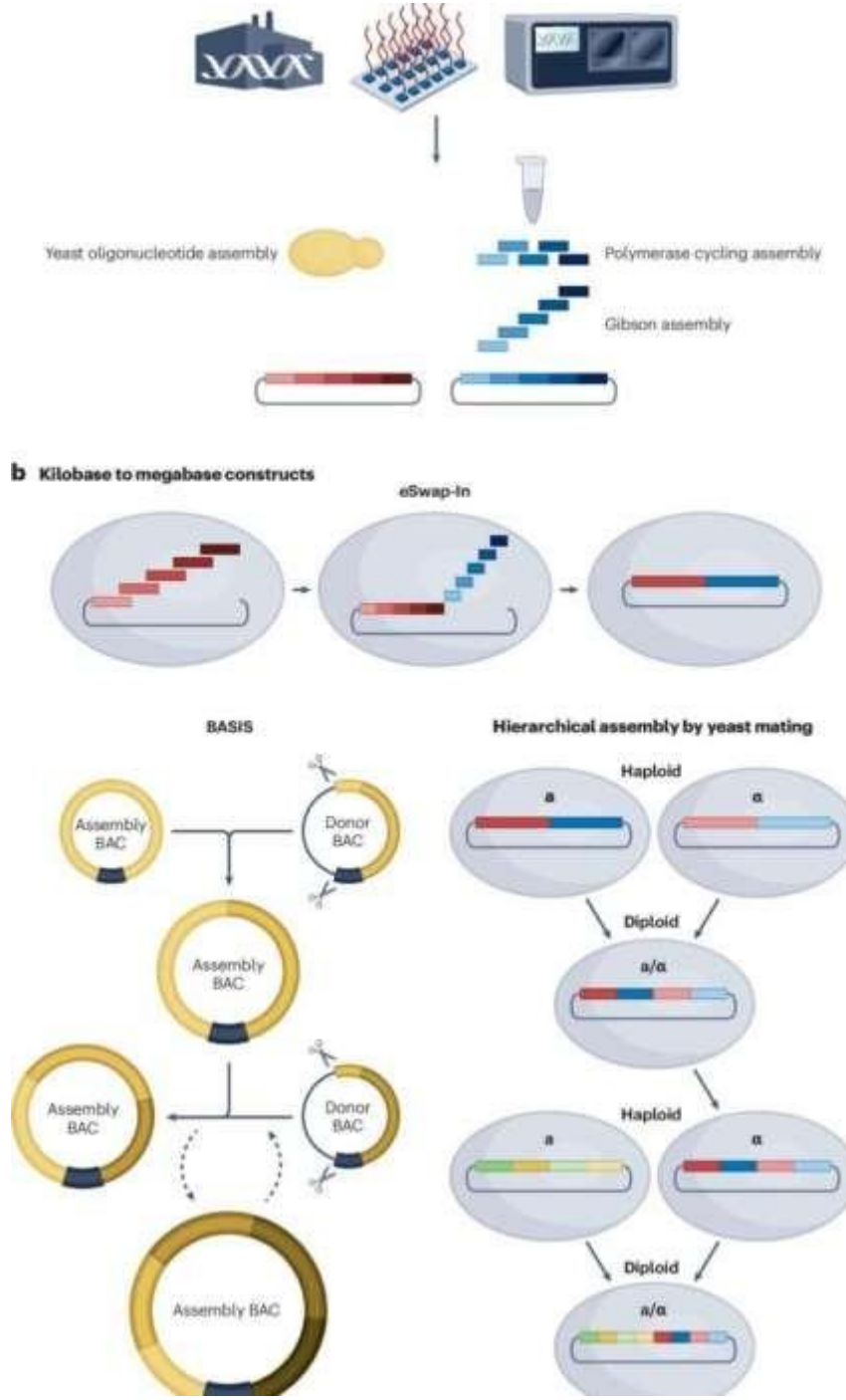
Крейг Вентер

Синтетикалық биологияның ең қызықты саласы — синтетикалық ДНҚ жасау және оны тірі жасушаларға енгізу.Бұл арқылы толықтай жасанды геном құруға және жаңа түрдегі тіршілік иесін жасауға мүмкіндік бар. Крейг Вентер институты 2010 жылы алғаш рет синтетикалық геномы бар бактерияны тірілтті. Қазір ғалымдар күрделі жасушалық жүйелер мен тіндерді модельдеу бағытында жұмыс істеуде. Жасанды ДНҚ медицинада, фармацевтикада және биоинженерияда кең қолданылады.Дегенмен, бұл бағыт этикалық және биологиялық қауіпсіздік тұрғысынан мұқият бақылауды қажет етеді.

Синтетикалық биология принциптері

- Синтетикалық биологияның негізгі принциптері инженерия мен молекулалық биологияның үйлесіміне негізделеді.
- **Біріншіден**, бұл бағытта биологиялық жүйелерді стандартты модульдер сияқты жобалау көзделеді.
- **Екіншіден**, генетикалық элементтерді модельдеу және компьютерлік симуляция арқылы олардың мінез-құлқын алдын ала болжауға болады.
- **Үшіншіден**, синтетикалық биологияда тәжірибелерді қайталау және бақылау мүмкіндігі жоғары.

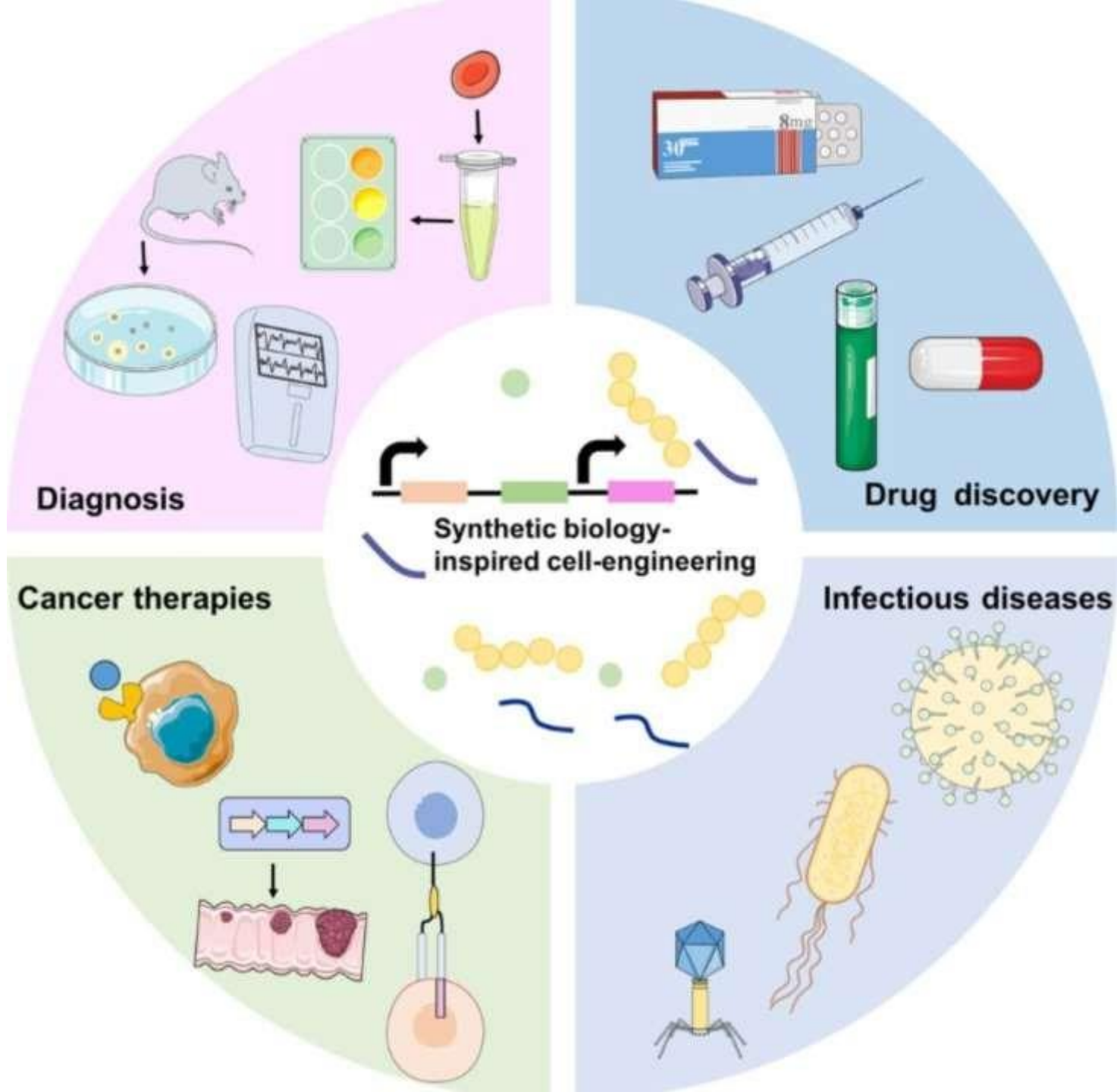
Бұл тәсіл күрделі биологиялық жүйелерді қарапайым бөліктерге бөліп зерттеуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, жасанды ДНҚ тізбектерін синтездеу арқылы табиғатта жоқ генетикалық комбинациялар жасау мүмкіндігі бар. Осының нәтижесінде биология нақты инженерлік ғылымға айналып келеді.



Медицинада синтетикалық биология ең алдымен жаңа дәрілік заттар мен терапиялық микроағзалар жасауда қолданылады. Мысалы, ғалымдар бактерияларға ісік жасушаларын тану және жою функциясын енгізді.Жасанды түрде синтезделген ДНҚ арқылы ағза өзінен қажетті ақуыздарды шығара алады. Бұл әдіс сирек кездесетін ауруларды емдеуде ерекше нәтиже береді. Сондай-ақ, синтетикалық биология вакциналардың жаңа буынын әзірлеуде де маңызды рөл атқарады. COVID-19 вакциналарының кейбір түрлері осы технология негізінде жасалған. Жалпы, бұл бағыт медицина мен фармацевтиканы түбегейлі өзгертіп, жеке емдеу жүйесін дамытуда.

Синтетикалық биология **экологиялық** мәселелерді шешуге де бағытталған. Жасанды микробтар қоршаған ортадағы зиянды қалдықтарды ыдырату немесе көмірқышқыл газын сіңіру үшін қолданылады. Мысалы, мұнай дақтарын тазалайтын бактериялар осы технология арқылы жасалған. Сонымен қатар, жасанды балдырлар атмосферадан көмірқышқыл газын жұтып, биоотын өндіре алады. Бұл әдістер табиғи ресурстарды үнемдеуге және экологиялық тепе-теңдікті сақтауға көмектеседі. Сондықтан синтетикалық биология климаттың өзгеруіне қарсы биотехнологиялық шешім ұсына алады.

Ауыл шаруашылығында синтетикалық биология өнім сапасы мен тұрақтылығын арттыру мақсатында қолданылады. Мысалы, ғалымдар өсімдіктерге құрғақшылыққа және зиянкестерге төзімділік беретін жаңа гендер енгізіп жатыр. Сондай-ақ, синтетикалық микроағзалар арқылы биотыңайтқыштар мен табиғи пестицидтер өндіру жүзеге асуда. Бұл тәсіл химиялық заттарға тәуелділікті азайтып, экологиялық таза егіншілікті дамытады. Мал шаруашылығында да микробиомды реттеу және азықтық қоспаларды синтездеу бағыттары жетілдірілуде.Осының нәтижесінде ауыл шаруашылығы өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігі артады.


Diagnosis
Drug discovery
Synthetic biology-
inspired cell-engineering
Cancer therapies
Infectious diseases

Синтетикалық биологияның артықшылықтары

биологиялық жүйелерді басқару мен қайта жобалауға болатындығы.

ғылым жаңа дәрілерді, ферменттерді, биологиялық материалдарды және биоотынды арзан әрі экологиялық таза жолмен өндіруге мүмкіндік береді.

табиғи жүйелердің тиімділігін арттыру арқылы өндірістік процестердің өнімділігін күшейтеді.

Жасанды ағзалар арқылы сирек кездесетін табиғи қосылыстарды синтездеу мүмкіндігі бар.

синтетикалық биология экологиялық тепе-теңдікті сақтауға, қалдықтарды өңдеуге және биоремедиацияға үлкен үлес қосады.

Геномдық технологиялардың Қазақстандағы дамуы

Қазақстанда да геномдық зерттеулер мен биотехнология салалары қарқынды дамып келеді. Соңғы жылдары елде генетикалық зертханалар мен молекулалық биология орталықтары ашылды.

Мысалы, Назарбаев Университеті мен Ұлттық биотехнология орталығы геномдық зерттеулермен белсенді айналысады. Халықтың генетикалық картасын жасау, тұқым қуалайтын ауруларды анықтау, микробиом зерттеулері жүргізілуде. Сондай-ақ, ауыл шаруашылығында өсімдіктердің өнімділігі мен төзімділігін арттыру бағытында генетикалық селекция дамып келеді. Қазақстандық ғалымдар халықаралық геномдық жобаларға қатысып, жаңа зерттеу әдістерін енгізіп жатыр.

Болашақта елімізде наногенетика мен синтетикалық биология бағыттарын дамыту үшін кадрлық және технологиялық база нығаймақ. Бұл ғылымдар еліміздің биотехнологиялық тәуелсіздігі мен инновациялық дамуына негіз бола алады.

Қорытынды

Болашақ геномдық технологиялар тірі ағзалардың генетикалық ақпаратын молекулалық деңгейде зерттеуге, өзгертуге және биологиялық жүйелердің қызметін басқаруға мүмкіндік береді. Бұл бағыттардың ішінде наногенетика мен синтетикалық биология медицина, биотехнология, ауыл шаруашылығы және экология салалары үшін ерекше маңызға ие.

Наногенетика генетикалық материалды зерттеуде нанотехнологиялық әдістерді қолдануға негізделеді. Атомдық-күштік микроскопия, наносенсорлар, ДНҚ-нанооригами және нанобөлшектер ДНҚ құрылымын зерттеуге, молекулалық өзгерістерді анықтауға және биологиялық молекулаларды жасушаға жеткізуге мүмкіндік береді. Нанотасымалдаушылар гендік терапия мен дәрілік заттарды мақсатты жеткізу жүйелерін дамытуда перспективалы бағыт болып саналады.

Синтетикалық биология молекулалық биологияны инженерлік жобалау принциптерімен біріктіреді. Оның негізгі мақсаты - белгілі қызметтерді орындайтын генетикалық құрылымдарды, жасушалық жүйелерді және биологиялық өндіріс платформаларын жобалау. Генетикалық элементтерді стандарттау, компьютерлік модельдеу және ДНҚ синтезі арқылы қажетті қасиеттері бар биологиялық жүйелерді жасау мүмкіндігі кеңейіп келеді.

Наногенетика мен синтетикалық биология геномдық зерттеулердің мүмкіндіктерін кеңейтетін перспективалы бағыттар болып табылады. Олардың болашақтағы жетістіктері ғылыми зерттеулердің сапасына, технологиялық қауіпсіздікке және жауапты қолдану қағидаларына байланысты.

Өзін-өзі тексеруге арналған сұрақтар:

1. Болашақ геномдық технологиялардың негізгі бағыттары қандай және олардың биотехнологиядағы маңызы неде?
2. Наногенетика дегеніміз не және оның дәстүрлі генетикалық зерттеу әдістерінен ерекшелігі қандай?
3. Атомдық-күштік микроскопия, наноплазмондық бейнелеу және наносенсорлар қандай мақсаттарда қолданылады?
4. ДНҚ-нанооригами әдісінің негізгі принципі қандай және оның қолданылу мүмкіндіктері қандай?
5. Нанобөлшектер арқылы генетикалық материалды жасушаға жеткізу қалай жүзеге асырылады?
6. Синтетикалық биология дегеніміз не және оның негізгі инженерлік принциптері қандай?
7. Крейг Вентер тобының 2010 жылғы синтетикалық геномға байланысты зерттеуінің ғылыми маңызы қандай?
8. Синтетикалық биология медицинада, фармацевтикада, ауыл шаруашылығында және экологияда қандай мақсаттарда қолданылады?
9. Наногенетика мен синтетикалық биологияның негізгі артықшылықтары, шектеулері және биологиялық қауіпсіздік мәселелері қандай?
10. Қазақстанда наногенетика мен синтетикалық биологияны дамыту үшін қандай ғылыми және технологиялық мүмкіндіктер қажет?

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Endy, D. (2005). Foundations for engineering biology. *Nature, 438*(7067), 449–453. https://doi.org/10.1038/nature04342
2. Gibson, D. G., Glass, J. I., Lartigue, C., Noskov, V. N., Chuang, R.-Y., Algire, M. A., Benders, G. A., Montague, M. G., Ma, L., Moodie, M. M., Merryman, C., Vashee, S., Krishnakumar, R., Assad-Garcia, N., Andrews-Pfannkoch, C., Denisova, E. A., Young, L., Qi, Z.-Q., Segall-Shapiro, T. H., ... Venter, J. C. (2010). Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome. *Science, 329*(5987), 52–56. https://doi.org/10.1126/science.1190719
3. Rothemund, P. W. K. (2006). Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns. *Nature, 440*(7082), 297–302. https://doi.org/10.1038/nature04586
4. Mitchell, M. J., Billingsley, M. M., Haley, R. M., Wechsler, M. E., Peppas, N. A., & Langer, R. (2021). Engineering precision nanoparticles for drug delivery. *Nature Reviews Drug Discovery, 20*(2), 101–124. https://doi.org/10.1038/s41573-020-0090-8
5. Silver, P. A., Way, J. C., Arnold, F. H., & Meyerowitz, J. T. (2014). Synthetic biology: Engineering explored. *Nature, 509*(7499), 166–167. https://doi.org/10.1038/509166a