

## Gēnu inženierija

Dabā samērā plaši izplatīta parādība ir gēnu pārkombinēšanās starp diviem dažādiem organismiem. Tas notiek, piemēram, dzimumvairošanās procesā, veidojoties zigotai. Šajā gadījumā pārkombinēšanās notiek starp vienas sugas indivīdiem. Baktērijām ir iespējama arī gēnu pārkombinēšanās starp sugām. Piemēram, transformācijas procesā baktērijas piesaista DNS molekulas no citu sugu baktērijām. Ir iegūti dati, kas liecina, ka vīrusi var pārnēsāt gēnus starp eikariotu organis-

miem. Pēc iekļūšanas eikariotu šūnā vīruss tur var eksistēt vairākus mēnešus vai pat gadus. Pamatot saimniekšūnas hromosomu, vīruss reizēm paņem līdzī arī kādu iecirkni no eikariota DNS. Ja šāds vīruss inficē citu organismu, tajā nonāk arī iepriekšējā saimnieka DNS, un jaunais vīrusa saimnieks iegūst gēnus no sev neradniecīgas sugas.

**Gēnus no vienas suffas** indivīda citas sugas indivīdam var pārnest arī laboratorijas apstākļos. To panāk ar **gēnu inženierijas** metodēm (sk. 6.28. att.). Gēnu pārņemšanai izmanto vektorus - tādas

Pārgriešanas vieta

GGCCGAATTCCGATATCCGA  
CCGGCTTAAGGCTATAGGCT

t

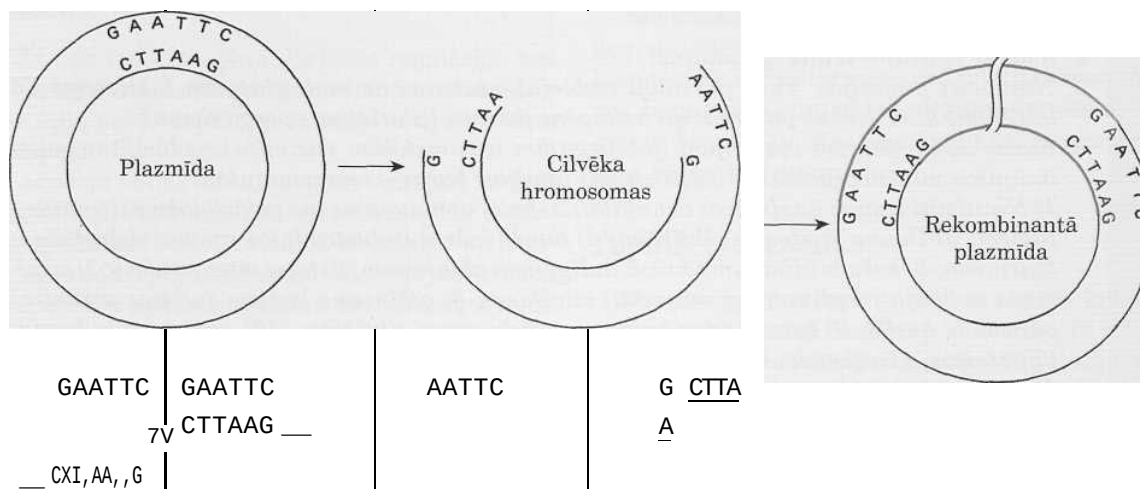
Pārgriešanas vieta

A. DNS molekula tiek sadalīta fragmentos ar restriktāžu palīdzību.

GGC CG  
CCGGCTTAA

AATTCCGATATCCGA  
GGCTATAGGCT

"Lipīgie" gali



B. Ja cilvēka un plazmīdas DNS ir sadalītas ar viena veida fermenta restriktāzes palīdzību, tad tām veidojas vienādi "lipīgie" gali. Sajaucot cilvēka un plazmīdas DNS, dažas no tām savienojas savā starpā, tādējādi iespējams ievietot cilvēka DNS plazmīdas DNS sastāvā.

6.28. att. Gēnu pārņemšana ar gēnu inženierijas metodēm

DNS molekulas, ar kuru palīdzību ir iespējams pārnest tajās ieslēgtus gēnus uz cita organisma šūnu, kur šīs molekulas reduplicējas. Par vektoriem parasti izmanto plazmīdas jeb nehromosomālos DNS fragmentus, kas sastopami dažādās baktērijās vai arī vīrusos. Gēnu inženierijas attīstības sākumposmā plaši izmantoja baktērijas *E. coli* plazmīdas, taču vēlāk sāka pielietot arī mākslīgi radītas plazmīdas.

Lai pārnestu kādu noteiktu gēnu (vai gēnu grupu), to vispirms nepieciešams izdalīt un ieslēgt vektorā. Gēnu izdalīšanu veic ar fermentu - restriktāžu palīdzību. Šo fermentu dabiskā funkcija ir noārdīt šūnā iekļuvušo svešo DNS. Restriktāzes pārgriež DNS molekulu jeb veic restrikciju. Šos restrikcijas fragmentus ar īpašām metodēm atdala.

Gēnus var iegūt arī, tos sintezējot. DNS molekulu sintēzes metodi izstrādāja Hars Bains Koraņa 20. gs. sešdesmitajos gados. Pēc šīs metodes mākslīgi sintezē veselus gēnus (piemēram, gēnus, kas satur informāciju par cilvēka hormonu insulīnu). Fragmentu ieslēgšanu vektoros veic ar fermentu - DNS ligāžu palīdzību. Pēc vektora un tajā iekļautā gēna ievadīšanas gēns sāk producēt to olbaltumvielu, par kuras sintēzi tas satur informāciju. Tādus vidē brīvi dzīvojošus organismus, kuriem ievadīti sveši gēni, sauc par transgēniem organismiem.

Ar gēnu inženierijas palīdzību ir iespējams iegūt dažādas nozīmīgas bioloģiski aktīvas vielas, piemēram hormonu insulīnu, kas nepieciešams diabēta slimniekiem, augšanas hormonu, interferonu - olbaltumvielas, kas kavē vīrusu vairošanos. Cilvēka gēnus lielākoties ievada zarnu nūjiņas *E. coli* šūnās, kuras pēc tam sintezē šīs vielas. Tās izmanto medicīnā. Ar baktēriju palīdzību iespējama pat toksisku produktu (naftas, pesticīdu) sašķelšana. Gēnu inženierijai ir liela nozīme drošu vācēnu radīšanā. Šī metode palīdz noskaidrot atsevišķu gēnu funkcijas un to nozīmi organismā. Attīstās specifiska ārstniecības metode - gēnu terapija. Tās pamatā ir bojāto gēnu aizstāšana ar normāliem. Tiek izstrādātas gēnu terapijas metodes iedzimto asins slimību ārstēšanai.

Viens no sarežģītākajiem uzdevumiem ir nodrošināt šūnās ievadīto gēnu darbības regulāciju.

Daudz vienkāršāk ir ar ievietota gēna palīdzību likt baktērijai *E. coli* producēt kādu vielu nekā iesaistīt šos gēnus augstāk attīstītu organismu šūnu darbībā un dzīvības procesos. Ja izdosies panākt insulīna sintēzi diabēta slimnieka organismā, tad šis cilvēks vairs nebūs atkarīgs no insulīna preparātiem un būs izārstēts. Savukārt, ja izdosies graudaugiem ievadīt gēnus, kas piesaista atmosfēras slāpekli, tad ievērojami palielināsies graudu ražas un samazināsies vides piesārņojums, ko rada slāpekļa mēslojumi. Ģenētiķiem rodas ētiskas dabas jautājumi. Vai cilvēkam ir nepieciešamas tādas spējas, ko nav devusi daba? Vai mums ir tiesības noteiktā veidā virzīt evolūcijas procesu? Vai mēs esam tam gatavi?

Gēnu inženierijas metodes tiek izmantotas arī zemkopībā un lopkopībā. Pārtikas produktus, kas iegūti no organismiem, kuri izveidoti ar gēnu inženierijas metodēm, sauc par ģenētiski modificētiem pārtiku. Pasaulē plaši audzē ģenētiski modificētiem pārtiku. Pasaulē plaši audzē ģenētiski modificētiem pārtiku. Pasaulē plaši audzē ģenētiski modificētiem pārtiku. Pasaulē plaši audzē ģenētiski modificētiem pārtiku.

Laboratorijās ar gēnu inženierijas metožu palīdzību atsevišķi gēni tiek pārnesti no viena organisma uz citu. Piemēram, augiem tiek ienesti kukurūzai vai citu organismu gēni. Šādā veidā tiek iegūti augi ar noteiktām īpašībām. Piemēram, kādā organismā tiek atrasts efektīvs gēns, kurš, ja to pārnēs uz augu, veido vielas, kas atbaida kaitēkļus. Cits gēns var nodrošināt izturību pret herbicīdiem. Audzējot šādus augus, var droši lietot herbicīdus - nezāles tiek apkarotas, bet kultūraugi paliek neskart.

Kopš 1996. gada, kad ģenētiski pārveidotā pārtika ir pārdošanā, tiek pētīta tās ietekme uz cilvēka veselību. Līdz šim nekas ļauns nav atklājies.

Tiek audzēti arī ģenētiski modificēti dzīvnieki, piemēram, cūkas ar palielinātu dzīvsvāru, cāļi ar lielāku muskuļu apjomu, mājpūtņi ar paaugstinātu dējību. Pagaidām droši nevar apgalvot, ka šādi produkti nav kaitīgi veselībai. Piemēram, ģenētiski modificēta pārtika var izraisīt alerģiskas reakcijas. Vairumā valstu joprojām netiek prasīts norādīt, vai pārtika ir ģenētiski pārveidota vai nav. Jādomā, ka ģenētiski modificētus produktus pirktu mazāk, tāpēc to ražotāji nav ieinteresēti uzrādīt attiecīgus marķējumus.

## Biotehnoloģijas vēsture

- 1344. gadā** tiek pierādīts, ka DNS molekulas nes iedzimtības informāciju.
- 1952. gadā** atklāj plazmīdas – elementus kas spēj pārnest ģenētisko informāciju no vienas šūnas uz citu.
- 1953. gadā** izveido DNS struktūras modeli.
- 1961.-1967. gadā** nolasa ģenētisko kodu.
- 1973. gadā** iegūst divu dažādu organismu (baktērijas un vīrusa) DNS hibrīdu.
- 1976. gadā** nodibina *Genetech* - pirmo firmu, kas izmanto biotehnoloģijas sasniegumus.
- 1977. gadā** iegūst baktērijas, kas sintezē cilvēka augšanas hormonu.
- 1978. gadā** baktērijās klonē cilvēka insulīna gēnu.
- 1980. gadā** tiek patentēts pirmais ģenētiski modificētais organisms (baktērija).
- 1981. gadā** radīti pirmie transgēnie dzīvnieki - peles.
- 1983. gadā** radīts pirmais transgēnaugs - tabaka, kuru uz lauka sāka audzēt pēc 5 gadiem.
- 1985. gadā** siera ražošanā pirmo reizi izmanto no ģenētiski pārveidotiem mikroorganismiem iegūtu enzīmu.
- 1989. gadā** aizsākas darbs pie cilvēka genoma izpēti.
- 1990. gadā** radīta pirmā ģenētiski pārveidotā govs, kas pienā izdala svešo gēnu darbības produktus.
- 1994. gadā** tirdzniecībā nokļūst pirmais ģenētiski pārveidotais augš - tomātu šķirne, kuru var ilgstoši uzglabāt.
- 1997.-1998. gadā** uzsākta dzīvnieku klonēšana.
- 2002. gadā** diskusijas par cilvēka klonēšanu.
- 2003. gada** aprīlī pabeidz cilvēka genoma sekvenčēšanu.

Latvijā molekulārās bioloģijas jomā ir veikti plaši **pētījumi**. 1964. gadā vairāki zinātnieki - Elmārs Grēns, Gunārs Čipēns, Gunārs Duburs, Raimonds Žagata u. c. - Latvijas Organiskās sintēzes institūtā pievērsās pētījumiem molekulārajā bioloģijā. 1975. g. tika izveidota Nukleīnskābju ķīmijas laboratorija, bet 1988. g. tā kļuva par Molekulārās bioloģijas nodaļu. 1991. g. tika izveidots Molekulārās bioloģijas institūts, kurš 1993. g. kļuva par Latvijas **Universitātes** Biomedicīnas pētījumu un studiju centru. Tā vadītājs bija akadēmiķis Elmārs Grēns.

**Pašlaik** centrā tiek veikti pētījumi biomedicīnā, molekulārajā bioloģijā un ģenētikā, kā arī rekombinantu biotehnoloģijā. Viens no galvenajiem centra pētījumu virzieniem ir jaunu vakcīnu radīšana, ar kurām ienest organismā nepieciešamo **gēnu**. Ar gēnu inženierijas palīdzību tiek radītas olbaltumvielas (proteīni) ar iepriekš aprēķinātām **īpašībām** un pielietošanas iespējām.

Jādomā, ka turpmākajos gados strauji attīstīsies jauna medicīnas tehnoloģija - **gēnu terapija**. Tā **dos** iespēju šūnā ievadīt jaunu ģenētisko materiālu. Šāda medicīniska iejaukšanās iekļauj gan **trūkstošo**, šūnai vajadzīgo gēnu ievadīšanu, gan **šūnai** nevēlamo gēnu darbības bloķēšanu. Tas **nozīmē**, ka ar gēnu terapijas palīdzību būs iespējams ārstēt iedzimtas slimības, kas līdz šim tika uzskatītas par neārstējamām. Ar šo metodi var

pārmainīt somatisko šūnu, nevis dzīvnieku šūnu genomu, tāpēc radītās pārmaiņas pacienta gēnos pēcnācēji nepārmantos.

Gēnu terapijas un moderno vakcīnu pamatprincipi ir līdzīgi. Abos gadījumos notiek olbaltumvielu inženierija. Kā moderno vakcīnu, tā arī gēnu terapijas preparātos tiek veidoti mākslīgie nesēji - vektori. Vektors ir līdzīgs vīrusa daļiņai vai struktūrai, taču tajā ir izņemtas tās daļas, kas cilvēkam ir kaitīgas, un ievietotas tādas struktūras, kas nepieciešamas, lai vīrusveidīgā daļiņa darbotos kā efektīvs gēnu terapijas vai vakcīnu preparāts. Tie genoma elementi, kas ielikti gēnā, ir ņemti no dabas, taču savirknēti vajadzīgajā veidā. Vektoram jābūt tādām, lai pēc ievadīšanas organismā tas nonāktu līdz noteiktām organisma šūnām vai orgāniem. Tam ne vien jāpazīst vajadzīgās šūnas, bet arī jāiekļūst tajās un jāatbrīvo "iepakotais" gēns. Turklāt nepieciešams, lai gēns efektīvi darbotos un preparāts nebūtu organismam kaitīgs.

Terapeitiskā iejaukšanās gēnos pagaidām vēl notiek samērā komplicēti. Viens no rezultatīvākajiem gēnu terapijas veidiem ir tā sauktā *ex vivo* gēnu terapija. Izmantojot šo metodi, no pacienta paņem asinis, izgulsnē no tām leukocītus, ievada tajos vajadzīgo preparātu, bet pēc tam leukocītus atkal ievada cilvēkam. Jādomā, ka nākotnē gēnu ievadīšanu varēs veikt vienkārši ar zāļu palīdzību.

Galvenais gēnu terapijas mērķis ir ārstēt slimības, arī tādas kā vēzi, kas principā ir iedzimta slimība, jo saistīta ar gēnu defektiem, bet tā var attīstīties vai neattīstīties. Arī tādas smagas infekciju slimības kā AIDS nākotnē varētu būt gēnu terapijas objekts. AIDS ārstēšana ir viens no populārākajiem gēnu terapijas pētījumu virzieniem, kurā strādā zinātnieki. 2000. gadā Alana Fišera laboratorijā Parīzē tika veikti veiksmīgi pētījumi ar maziem bērniem, kuri bija AIDS slimnieki. Iespējams, ka ar gēnu terapijas palīdzību varēs ārstēt arī garīgas saslimšanas, jo tās ir saistītas ar gēnu defektiem.

Latvijā ar gēnu terapijas jautājumiem nodarbojas LU Biomedicīnas pētījumu un studiju centrā Elmāra Grēna un Paula Pumpēna vadībā. Zinātnieki pēta himēras - vīrusveida daļiņas, kas spēj darboties kā efektīvi gēni vai imūnsistēmas stimulatoru nesēji.

Otrs virziens ir saistīts ar priekšdarbiem cilvēka genoma datu bāzes veidošanai.

Šī projekta uzdevums ir nosekvenēt DNS, tas ir, noskaidrot nukleotīdu secību DNS molekulā. Esošā sekvenēšanas tehnoloģija balstās uz paņēmieni, kuru 20. gs. septiņdesmitajos gados izstrādāja angļu zinātnieks Frederiks Sendžers. Sekvenēšanai nepieciešams, lai nolasāmais DNS apgabals būtu pieejams ļoti lielā, pilnīgi vienādu kopiju skaitā. Tas ir iegūstams ar gēnu inženierijas un klonēšanas metožu palīdzību, saskaldot genomu sīkos fragmentos un katru fragmentu savairojot baktērijās. Sekvenci nolasā ar fermenta DNS polimerāzes palīdzību. Ir izstrādāti automātiskās sekvenēšanas aparāti. E. Sendžers pirmais atšifrēja aminoskābju secību insulīnā un pirmais nolasīja baktēriju vīrusa DNS secību. Par šiem panākumiem viņš 1958. gadā un 1980. gadā saņēma Nobela prēmiju.

Pasaulē ir daudz biotehnoloģijas kompāniju, kas veic DNS analīzes dažādiem mērķiem - lai pierādītu paternitāti, noteiktu iespēju saslimt ar audzējiem utt. Tiek veidotas genoma bibliotēkas. Lai izveidotu genoma bibliotēku, kāda organisma DNS sagriež gabalos un šos gabalus ievieto vektorā (piemēram, plazmīdā vai vīrusā). Vektors pēc tam iekļūst saimniekšūnā, piemēram, baktērijā. Pilnīga baktēriju vai bakteriofāgu klonu kolekcija, kas tiek radīta šādā veidā, satur visus šā organisma gēnus.

Dažas valstīs tiek izstrādāti projekti, ka veidot gēnu datu bāzes, kurās glabātos informācija par visu valsts iedzīvotāju gēniem. Ierakstus gēnu datu bāzē mēdz saukt par gēnu pasēm jeb gēnu identifikācijas kartēm. Tās varētu salīdzināt ar virtuālajām kredītkartēm - lietotājam ir tikai kartes kods, ar ko piekļūt bankas kontam, nevis pati karte.

Gēnu bankas datu bāzu veidošanā ir vairāki etapi.

1. Fenotipisko datu vākšana. Šajā etapā tiks vākti dati par indivīda veselības stāvokli, ģenealoģiju, dzīvesveidu, dzīves vidi un organisma reakciju uz dažādiem medikamentiem.

2. Genotipisko datu vākšana. Gēnu kartes tiks izveidotas, izmantojot nodotos asins paraugus, no kuriem izolēs un analizēs asins Šūnu DNS. Datu analīzes laikā nevarēs noteikt to īpašnieku, jo personiskā informācija būs kodēta.

3. Datu aizsardzība. Gēnu bankas datu bāze saistās no galvenās un autorizētās datu apstrādes daļas. Galvenajā datu apstrādes daļā būs informācija, un speciālisti vadīs datu personifikācijas procesu tad, kad būs nepieciešams iegūt informāciju par konkrētu personu un tās radiniekiem. Autorizētajā datu apstrādes daļā būs tikai bezpersoniski dati.

Datu bāzes palīdzēs diagnosticēt iedzīvotājiem iedzimtas slimības, atklāt konkrētu patoloģiju rašanās risku un izstrādāt individuālas terapijas metodes to novēršanai. Tās tiks izmantotas arī ģimenes plānošanai, zinātniskos pētījumos u.c. Gēnu kartes varēs lietot arī tiesu medicīnā vai gadījumos, kad nepieciešams identificēt personu.

Pašlaik gēnu datu bāzes tiek veidotas Islandē, Igaunijā, Lielbritānijā. Arī Latvijas valdībai ir iesniegts projekts "Latvijas iedzīvotāju genoma datu bāze". Projektu ir paredzēts realizēt desmit gadu laikā.

## Klonēšana

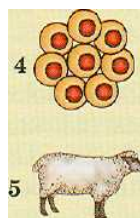
Pēdējos gados daudz diskusiju ir izraisījusi dzīvnieku klonēšana - pavairošana ar somatiskajām šūnām. Dzīvnieku vairošanās ar somatiskajām šūnām kā dabisks process ir raksturīgs tikai zemāk attīstītiem dzīvniekiem - sūkļiem, hidrām un planārijām. Lielākā daļa dzīvnieku vairojas vienīgi ar

dzimumšūnām. Abu vecāku dzimumšūnām saplūstot, veidojas zigota - šūna, no kuras attīstās jaunais indivīds un kura satur informāciju par tā īpašībām. Organismam attīstoties, katra ķermeņa šūna satur to pašu ģenētisko informāciju, kas atrodas zigotā. Taču, šūnām specializējoties, aktīva ir tikai daļa gēnu, bet pārējie ir bloķēti. Līdz ar to organisma šūnas ir specializētas noteiktu funkciju veikšanai un no tām praktiski nav iespējams iegūt jaunu indivīdu.

Pirmie klonēšanas eksperimenti tika veikti ar vārdēm. No kurkuļu zarnu epitēlija ņemtus šūnu

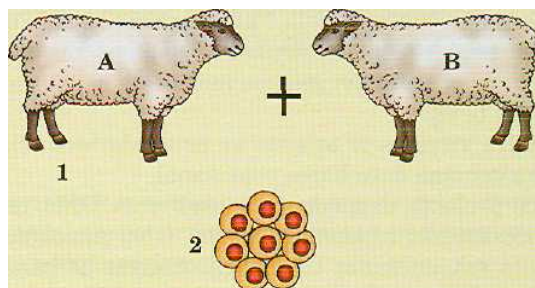
kodolus ievietoja olšūnās, no kurām bija izņemti kodoli. No šādām šūnām attīstījās normālas vārdes. Šīs vārdes bija identiskas tām vārdēm, no kuru šūnām bija ņemti kodoli. Šie eksperimenti parādīja, ka jauna indivīda attīstībā svarīga loma ir olšūnas citoplazmai. Tā atjauno to gēnu aktivitāti, kuri ir nepieciešami organisma attīstībai, bet specializētajās šūnās atrodas bloķētā stāvoklī.

Vēlākajos gados tika veikti eksperimenti, kuros zīdītāju šūnu kodolus pārstādīja olšūnās bez kodola. Lai gan sākumā šie eksperimenti bija nesekmīgi, vēlāk tie izdevās (sk. 6.29. att.).



#### Pirmā tehnoloģija

1. No aitas A paņem olšūnu, bet no aitas B - jebkuru citu šūnu ar ģenētisku informāciju.
2. Olšūnu iztīra. No tās izņem ģenētisko informāciju. Savukārt no otras šūnas atstāj tikai šūnas ģenētisko informāciju, atsakoties no pašas šūnas.
3. Šūnas ģenētisko informāciju ievada olšūnā.
4. Attīstās embrijs.
5. Piedzimst jērs, kas ir aitas B kopija, jo satur tikai tās ģenētisko informāciju. Šādas aitas B kopijas var veidot neierobežoti daudz (tik, cik ir donora olšūnu).



#### Otrā tehnoloģija

1. Dabiski apaugļo aitu A un aitu B.
2. Attīstās embrijs.
3. Embriju, kurā ir astoņas šūnas, sadala četrās daļās - katrā pa divām šūnām.
4. No izveidotajiem četriem embrijiem attīstās četras aitas, kurām ir vienāda ģenētiskā informācija, kas nāk gan no mātiņas, gan - tēviņa.

6.29. att. Divas klonēšanas tehnoloģijas

Plašu sabiedrības rezonansi izraisīja eksperiments Skotijā, kura rezultātā izdevās izaudzēt klonētu aitu - Dolliju. Šis pētījums parādīja, ka principiāli ir iespējama arī cilvēku klonēšana. Pēc tam tika veikti eksperimenti ar pelēm, kazām, cūkām un pērtiķiem.

Eksperimentā ar pērtiķiem tika izmantota cita tehnoloģija nekā klonējot aitas. Agrīnajā dīgļa attīstības stadijā dalīšanās rezultātā izveidojušās šūnas jeb blastomērus atdalīja pa pāriem citu no cita un pēc tam ievietoja mātes organisma dzemdē. Viena šāda eksperimenta rezultātā piedzima normāls pērtiķis.

Raugoties no praktiskā viedokļa, dzīvnieku klonēšanas perspektīvas ir daudzsološas. Dzīvnieku klonēšana ļaus pavairot lielā daudzumā produktīvus un pret ekstremāliem apstākļiem izturīgus indivīdus. Tomēr vienlaikus rodas arī ētiska rakstura problēmas. Tās galvenokārt saistās ar cilvēka klonēšanu.

2001. gada beigās ASV tika iegūts klonēta cilvēka embrijs, kuram attīstījās sešas šūnas. 2002. gada beigās pirmoreiz izplatījās ziņa, ka Dienvidkorejas zinātniekiem ir izdevies sekmīgi klonēt cilvēka embriju un iegūt no tā cilmesšūnas. Daudzi mediķi to uzskata par svarīgu posmu, lai pēc individuāla pasūtījuma radītu zāles, kuras palīdzēs ārstēt ar diabētu, Alcheimera, Parkinsona u.c. slimībām sirgstošus slimniekus.

Ģenētiskais materiāls tika ņemts no sievietes donoršūnas un ievietots citas sievietes olšūnā, kurai pirms tam izņemts kodols. Cilvēka embrijs tika

izaudzēts tik tālu, lai no tā varētu iegūt cilmesšūnas. Cilmesšūnas bija ģenētiskas kopijas donoršūnām. No cilmesšūnām mēģenē, kā arī pēc implantēšanas pelē, sāka audzēt muskuļaudus, kaulaudus un citus audus. Tā kā šajās šūnās ir indivīda ģenētiskais materiāls, pēc diferencēšanās tās var transplantēt, nebaidoties, ka organisms varētu tās atgrūst. Komentējot darba rezultātus, zinātnieki uzsvēra, ka klonēšana veikta vienīgi medicīnas vajadzībām, nevis cilvēku radīšanai. Cilvēka klonēšana ir ļoti bīstama, jo pastāv iespēja, ka cilvēkam varētu rasties izkropļoti iekšējie orgāni.

Zinātnieki uzskata, ka paies gadi, pirms embriju cilmesšūnas būs izmantojamas transplantācijas medicīnā. Viņi ir pārliecināti, ka ar klonēšanas metodi varētu iegūt pārstādīšanai piemērotus orgānus, kuriem ir identiska imūnsistēma. Līdz ar to organisms orgānus neatgrūdīs.

Cilvēka klonēšana nav nekas neiespējams. Mūsdienās jau tiek izmantotas klonēšanai līdzīgas metodes. Dzimst bērni, kuri ir attīstījušies no mēģenē apaugļotas olšūnas, kas pēc tam ir implantēta sievietes dzemdē. Šī metode dod iespēju daudziem neauglīgiem vecākiem radīt pēcnācējus. Vienlaikus rodas ētiskas dabas jautājums: "Cik daudz mēs drīkstam iejaukties dabas un cilvēka dzīvības norisēs?" Tikumu un morāles normu neievērošana var būt bīstama cilvēces izdzīvošanai. Tāpēc jāzina robeža, kāda veida eksperimenti ir pieļaujami un kāda - nav pieļaujami. Par šiem jautājumiem ir jādiskutē, to risināšanai ir jānotiek atklāti sabiedrības pārraudzībā un kontrolē.



### 6.3. SELEKCIJA

#### Augu un dzīvnieku selekcija

**Selekcija** ir kompleksa zinātne, kas balstās uz ģenētikas un citām bioloģijas likumsakarībām. *Ai* Selekcija rada jaunas kultūraugu un mājdzīvnieku šķirnes un mikroorganismu celmus, kā arī uzlabo esošās šķirnes.

Selekcijas galvenie virzieni ir

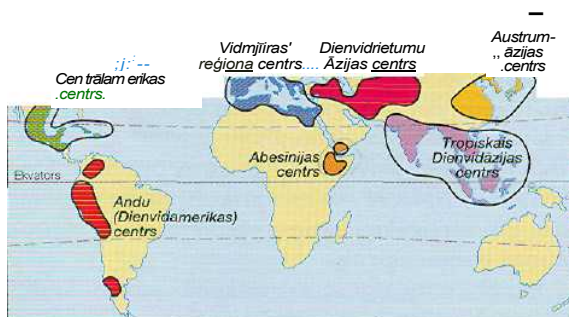
- 1) augu, dzīvnieku un mikroorganismu šķirņu un sugu daudzveidības izpēte;
- 2) lauksaimniecības augu un dzīvnieku iedzimtības likumsakarību noteikšana hibrīdizācijas procesā;
- 3) vides lomas izpēte augu un dzīvnieku pazīmju un īpašību attīstībā;
- 4) tādu mākslīgās izlases metožu izstrādāšana, kuras sekmētu vēlamu pazīmju nostiprināšanos augu un dzīvnieku šķirnēm, kā arī mikroorganismu celmiem.

Cilvēka darbības rezultātā mākslīgi radītu īpatņu kopumu ar iedzimstošām morfoloģiskām, bioloģiskām un saimnieciskām īpašībām sauc par šķirni (augiem un dzīvniekiem) vai celmu (mikroorganismiem).

Veicot selekcijas darbu, nepieciešama izejmateriāla ieguve un izpēte, hibrīdizācija un mākslīgā izlase. Par izejmateriālu izmanto dabā jau esošās formas. Tās var būt gan savvaļas sugas, gan cilvēka radītas šķirnes. Jo daudzveidīgāks ir selekcijas izejmateriāls un plašāks genofonds, jo selekcionāriem paveras lielākas iespējas izveidot augstvērtīgas šķirnes.

20. gs. divdesmitajos un trīsdesmitajos gados Nikolajs Vavilovs konstatēja, ka augu formu daudzveidība dažādos zemeslodes rajonos ir atšķirīga. Vislielākā augu sugu un formu daudzveidība ir tajos rajonos, kuros atrodas senie kultūraugu izcelšanās centri. N. Vavilovs izdalīja septiņus kultūraugu izcelšanās centrus: 1) tropiskās Dienvidāzijas; 2) Austrumāzijas; 3) Dienvidrietumu Āzijas; 4) Vidusjūras reģiona; 5) Abesīnijas; 6) Centrālamerikas un 7) Andu jeb Dienvidamerikas centru (sk. 6.30. att.). Vēlāk, izplatoties tālāk no šiem centriem, kultūraugi ieņēma sugai mazāk piemērotus rajonus. Tajos formu daudzveidība kādai sugai ir mazāka nekā izcelšanās centrā.

**Vissenākie kultūraugi** ir kvieši. Tie ir pirmais labības augs, ko cilvēks iesēja tīrumā. Senajā Ēģiptē audzēja kviešus, salātus, kāpostus, melones, pupas, redīsus, sīpolus, ķiplokus. Attīstoties kuģniecībai



6.30. att. Kultūraugu izcelšanās centri

un tirdzniecībai, sākās kultūraugu izplatīšanās no to izcelšanās centriem pa visu pasauli. Kad eiropieši atklāja Ameriku, tur tika atrasti dažādi dārzeņi, kādus Eiropā nepazīna, to skaitā kartupeļi, tomāti. 16. gadsimtā spāņi tos aizveda uz savu dzimteni, pēc "tām tie pamazām izplatījās pa visu Eiropu. Daudzus dārzeņus Eiropā sāka audzēt tikai 19. gadsimtā.

Selekcionāriem vēlamās pazīmes ir jāapvieno vienā individuā, kā arī jāatbrīvojas no nevēlamām pazīmēm. Lai to paveiktu, jāņem vērā pazīmju iedzimšanas likumsakarības, kā arī mērķtiecīga krustošana un izlase.

■ **Augu** un dzīvnieku selekcijā lieto radniecisko krustošānu jeb inbrīdingu, neradniecisko krustošānu jeb autbrīdingu un attālo hibridizāciju.

**Inbrīdings** ir tuvu radniecīgu īpatņu krustošāna; Augu valstī inbrīdings notiek pašapputes augiem vai arī svešapputes augiem, apputekšņojot tos ar paša putekšņiem.

Inbrīdingu bieži lieto, lai novērtētu šķirņu ģenētisko sastāvu. Radnieciskās krustošānas rezultātā populāciju var sadalīt daudzās ģenētiski atšķirīgās līnijās - tīrajās līnijās. Inbrīdinga rezultātā **gēni**, kas atradās heterozigotiskā stāvoklī, pāriet hdmōzigotiskā stāvoklī. Tas noved pie **depresijas** - organismu dzīvotspējas un produktivitātes samazināšanās. Taču atsevišķām tīrajām līnijām var parādīties dažas vērtīgas pazīmes, piemēram, ātraudzība, neuzņēmība pret slimībām. Sakrustojot dažādu tīro līniju pārstāvjus, var samazināt vai likvidēt inbrīdinga kaitīgo ietekmi un iegūt organismus ar noteiktām, vēlamām īpašībām.

Sugām, kurām raksturīga pašapputē, ir maz kaitīgu recesīvo gēnu, tāpēc tām depresija nenotiek.

**Autbrīdings** ir tādu vienas sugas īpatņu krustošāna, kuriem iepriekšējās 4-6 paaudzēs nav kopīgu senču. Neradnieciskās krustošānas gadījumā kaitīgās recesīvās mutācijas no homozigotiskā stāvokļa parasti pāriet heterozigotiskā stāvoklī un neizpaužas. Autbrīdingā bieži tiek novērota **heteroze** - paaugstināta hibrīdu dzīvotspēja, auglība, augšanas ātrums un produktivitāte salīdzinājumā ar vecākformām. Vissspilgtāk heteroze izpaužas pirmajā paaudzē. Pēc tam tā pakāpeniski samazinās.

Heterozi izmanto gan augkopībā, gan lopkopībā. Bieži lieto inbrīdingu, bet pēc tam autbrīdingu, Ēas rada spēcīgu heterozi. Ar heterozes palīdzību ir iegūtas (dējējvistas<sup>1</sup>, kuras gadā vidēji izdēj 250 olas, gaļas cāļi, kuri divu mēnešu vecumā sasniedz 1,6 kg masu, kā arī cūku šķirnes ar lielu masu.

**Attālo hibridizācija** ir dažādu sugu indivīdu krustošāna vai - dažkārt - arī ģeogrāfiski attālu formu krustošāna. Ar attālo hibridizāciju iespējams apvienot dažādu sugu vai šķirņu derīgās īpašības (augsta ražība, salciētība<sup>1</sup>. c). Piemēram, plūmju šķirne 'Skoroplodnaja' ir Ķīnas un Amerikas hibrīdplūmes šķirnes 'Climax' un Usūrijas plūmes hibrīds. Tā ir šķirne, kas ātri sāk ražot, zied agrāk par citām plūmju šķirnēm un kam augļus var novākt pirms gatavības.

Reizēm attālo hibridizāciju lieto arī dzīvnieku selekcijā. Piemēram, mūļi ir zirga mātītes un ēzeļa tēviņa hibrīdi. Tie ir spēcīgi un izturīgi dzīvnieki, kas labi noder darbam. Tā kā mūļi ir neauglīgi, viņus var iegūt tikai hibridizācijas ceļā.

Augu selekcijā plaši izmanto poliploīdus organismus. Tie parasti ir lielāki, ražīgāki un bieži vien arī izturīgāki pret slimībām. Poliploīdas ir daudzas graudaugu, kartupeļu, augļu koku (ābeļu, bumbieru, plūmju), dažādu puķu un citu kultūraugu šķirnes.

Svarīga selekcijas procesa sastāvdaļa ir **mākslīgā izlase**. Izšķir masveida mākslīgo izlasi un individuālo mākslīgo izlasi. Masveida izlase ir indivīdu novērtēšana pēc fenotipa {ārējā izskata, ražības, izturības pret slimībām utt.), nepārbaudot atsevišķu īpatņu genotipus.

Izlase ir pozitīva, ja pavairošanai izvēlas vairākus fenotipiski labākos indivīdus, bet negatīva, ja no populācijas izbrāķē vājāk attīstītos indivīdus.



Masveida izlasi visbiežāk lieto svešapputes augu **selekcijā**. Lai iegūtās šķirnes būtu kvalitatīvākas, **izlase** ir jāatkārto vairākkārt.

Individuālā izlase ir indivīdu genotipa novērtēšana. To izmanto pašapputes augu un dzīvnieku **selekcijā**. Svešapputes augiem individuālo izlasi **veikt** ir sarežģītāk.

## Selekcijas darbs Latvijā

20. gs. sākumā Latvijā sāka veidoties pirmās **selekcijas un** izmēģinājumu saimniecības un uzsākti sistemātiski zinātniskie pētījumi. Pagājušā **gadsimta** trīsdesmito gadu beigās Latvijā darbojās 17 selekcijas, un izmēģinājumu-stacijas. Daļa no **tām, piemēram**, Priekuļu, Stendes, Pūres, arī pašlaik **turpina** darbu.

1946. gadā nodibināja Zinātņu akadēmijas Augsnes zinību un zemkopības institūtu. 1956. gadā uz **ši institūta** bāzes izveidoja Latvijas Zemkopības zinātniskās pētniecības institūtu, kuram tika pakļautas selekcijas un izmēģinājumu stacijas. Uz **institūta** bāzes izveidojās arī Latvijas Valsts zemkopības zinātniskās pētniecības institūts "Agra".

**Augsnes zinību** un zemkopības institūta dārzkopības nodaļu vadīja Jānis Sudrabs. 20. gs. sešdesmitajos gados izveidojās augļkopības selekcijas laboratorija Dobeļē. To ilgu gadu vadīja Pēteris Upītis.

**Dārzkopības** speciālisti pētīja, kā izveidot jaunas, labākas šķirnes, kādus potcelmus lietot, kā cīnīties ar augļu koku slimībām un kaitēkļiem, kādu **augļu** dārzu audzēšanas tehnoloģiju pielietot, **lai** ik gadu iegūtu augstu ražu.

Pūres izmēģinājumu stacijā selekcijas darbu ar **plūmēm sāka** Antons Spolītis, Olga Romanovska - ar ķiršiem, Aleksis Vāvere un Ilmārs Zunde - ar ābelēm. Anna Meļehina Pūrē nodarbojās ar upeņu **selekciju**, bet Alberts Tīcs - ar cidoniju selekciju.

Alūksnē Vilis Bleijers veica selekcijas darbu ar **saldajiem** ķiršiem, bumbierēm un citiem augļu kokiem.

1954. gadā Iedzēnos selekciju uzsāka Aleksandrs Maizītis, Rūdolfs Āboliņš un citi zinātnieki. **Viņi ir** izveidojuši ābeļu šķirnes - 'Iedzēnu', 'Forele', 'Atvasara', saldo ķiršu šķirnes 'Agris', 'Balzams', 'Dzintars' un citas.

Daudzpusīgu selekcijas darbu ir veicis Pēteris **Upītis**. Viņš savu darbību sāka 1953. gadā Dobeles **kokaudzētavā** "Lauciņi". Tika izveidoti selekcijas

dārzi, kuros bija vairāk nekā 60 tūkstoši augu (ābeļu, bumbieru, saldo un skābo ķiršu, aprikožu, persiku, cidoniju, lazdu, valriekstu, zemeņu, aveņu, upeņu, jāņogu, ērkšķogu un dekoratīvo augu). E Upītis izveidojis tādas ābeļu šķirnes kā 'Velte', 'Ilga', plūmju šķirnes - Kaukāza plūmes 'Agrā dzeltenā', 'Spīdola', veicis aprikožu aklimatizāciju, atlasījis vērtīgākos ceriņu sēklaufžus un ieguvis jaunas ceriņu šķirnes.

Panākumus ogulāju selekcijā guvis Arvīds Viksne. Viņš izveidojis ērkšķogu šķirnes 'Koknese' un 'Veldze'.

Latvijā veikti darbi arī kartupeļu, zirņu, miežu, stiebrzāļu, graudaugu, cukurbiešu selekcijā. Izveidotas jaunas lauksaimniecības dzīvnieku šķirnes, piemēram, Latvijas brūnās govīs, Latvijas tumš-«gaļves **aitas-r-Latvijas** baltās cūkas, Latvijas braucamzirgi. 1978. gadā radīts "Seleks" - lopkopības informācijas sistēma, kurā apkopoti ciltslietu dati. Tā dod iespēju saimniecībām izvēlēties labākos vaisliniekus.

Mūsdienās meža koku sugu selekcijas pētījumi tiek turpināti Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava". Selekcijas darbs ar atsevišķām augu sugām notiek arī Latvijas Nacionālajā botāniskajā dārzā un Latvijas Universitātes botāniskajā dārzā. Piemēram, plašus pētījumus rododendru selekcijā veicis Rihards Kondratovičs.

## Mikroorganismu selekcija

Mikroorganismu selekcijas rezultātā iegūst tādus baktēriju vai sēņu celmus, kurus var izmantot dažādu vielu, piemēram, fermentu, aminoskābju, raugu, antibiotiku, vitamīnu ražošanai. Mikroorganismu selekcija ir ļoti cieši saistīta ar biotehnoloģiju - dažādu nozīmīgu vielu un medikamentu iegūvi, izmantojot mikroorganismus, kā arī augu un dzīvnieku šūnas.

Mikroorganismu selekcijā ir šādas metodes:

- 1) dabā esošo klonu mākslīgā izlase;
- 2) inducētā (ierosinātā) mutāģenēze;
- 3) mutantu mākslīgā izlase;
- 4) piemērotu celmu ieguve ar hibrizācijas un ģēnu inženierijas palīdzību.

Inducēto mutāciju iegūšanai izmanto rentgenstarus, ultravioletos starus, kā arī ķīmiskos mutagēnus, piemēram, kolhicīnu. Ar selektīvo barotņu palīdzību atlasa noderīgākos klonus.

## Ieskaites darbs. Tēma: Biotehnoloģijas.

### 1. Atbildet uz jautājumiem.

- 1). Kādas ir gēnu inženierijas turpmākās attīstības perspektīvas?
  - 2). Nosauciet Četrus apgalvojumus par un Četrus - pret pārtikā izmantojamu organismu ģenētisko modificēšanu!
  - 3). Nosauciet četrus apgalvojumus par un četrus - pret cilvēku un to orgānu klonēšanu!
  - 4). Iedomājieties, ka dzīvojat nākotnē. Turpmāk aprakstītas vairākas ar gēnu darbību saistītas problēmas (apzīmētas ar cipariem), nosauktas arī perspektīvākās gēnu inženierijas metodes (apzīmētas ar burtiem). Kuras no minētajām gēnu inženierijas metodēm būtu pielietojamas aprakstīto problēmu risināšanā (viena metode var būt pielietojama vairāku problēmu risināšanā)?
    - a) Šūnās ievadīts gēns, kurš ražo insekticīdus;
    - b) šūnās ievadīts gēns, kurš padara augu izturīgu pret herbicīdiem;
    - c) pastiprināta baktēriju dabiskā spēja pārstrādāt organiskās vielas;
    - d) baktēriju hromosomā ienests gēns, kurš ražo noteiktu hormonu;
    - e) ģenētiski pārveidoti augi, lai to saknes būtu uzņēmīgas pret gumiņbakterijām;
    - f) baktēriju hromosomā ienests **gēns**, kurš ražo vīrusu vai baktēriju virsmas olbaltumvielas, pēc kurām tos dabiskos apstākļos atpazīst imūnsistēma;
    - g) jauna ģenētiskā materiāla ievadīšana cilvēka šūnās.
- 1) Lielu daļu kokvilnas pogaļu bojā kaitēkļi - kokvilnas pūcītes kāpuri;
  - 2) kviešu ražu samazina laukos augošās nezāles;
  - 3) jūras piekrasti piesārņojusi nafta;
  - 4) daudzi cilvēki slimo ar diabētu - insulīna nepietiekamību organismā;
  - 5) nepietiekams slāpekļa saturs augsnē;
  - 6) nepieciešamība iegūt mājdzīvniekus ar lielāku muskuļu (liesās gaļas) masu;
  - 7) vakcinēšana reizēm izraisa pacienta saslimšanu;
  - 8) daudzi cilvēki cieš no Parkinsona slimības, kuru izraisa neiroaktīvās vielas dopamīna trūkums smadzenēs;
  - 9) nav atrasta ārstēšanas metode tādām slimībām kā vēzis, AIDS, dažādas garīgās slimības.