

MUTACIJOS MODERNIOJE BIOLOGIJOJE

žanga

Kalbant apie mutacijas modernioje biologijoje, nepakakt apsiriboti vien tik teoretine diskusija, nes pritaikomieji aspektai yra taip pat labai svarbūs. Lengva parodyti, kad maisto gamyba pasaulyje didėja ne tokiu sparčiu žingsniu, kaip auga žmonių skaičius. Žmonijos aprėpinimas maistu priklauso nuo tinkamo išsprendimo bent dviem pagrindiniams problemoms, tai žmonijos augimo kontrolės ir maisto gamybos pakilimo. Pirmoji problema ne eina šio straipsnio rėmus, tačiau antroji problema turi tiesioginį ryšį, nes ieškojimas naujų metodų maisto medžiagų gamyboje, ar esamų pagerinimas bei patikslinimas, ar bandymas panaudoti naujus principus, yra kaip tik vienas iš būdų spręsti šias problemas iš tolimesnių perspektyvų¹. Mutacijų studija, be bendrojo pažinimo ir gamtos dėsnių atidengimo, jau dabar daug prisideda, o ateityje neabejotinai dar daugiau prisidės prie kultūrinių augalų bei naminių gyvulių savybių pagerinimo ar pritaikymo naujiems reikavimams.

Kiekvienas yra pastebėjęs, kad gyvieji organizmai turi savo tapatybę. Nėra dviejų žmonių pasaulyje, kuri negalima būtų atskirti vieno nuo kito, išskyrus, gal būtų, tik identiškuosius dvynius. Tačiau, nežiūrint to skirtingumo, visi žmonės yra tiek panašūs, kad žmogų nesunku atskirti nuo arklio, ar nuo katės. Taip pat lygiai visuotinai yra pastebėta, kad kiekvienos gyvūnų šios ainiui yra neabejotinai panašūs savo tūvus. Katė niekada nepagimdys kiškio, žvirblio ar narcizo. Tai rodo, kad savybių paveldėjimas gyvuosiuose organizmuose yra giliai komplikuotas.

Biologijos mokslų populiarumas buvo visada didelis, bet ypač iškilo šio dvidešimtojo šimtmečio pabaigoje, kai susiformavo ir išaugo nauja biologijos mokslo šaka genetika, kurios pradžia yra neatskiriama susijusi su augustinijon vienuolio Grigaliaus Mendelio dar-

¹ B. Sigurbjörnsson, *Induced mutations as a tool for improving world food sources and international cooperation in their use*, žr. Hereditas, 59 t. (1968), 375-395 psl.

bais². Jis pirmasis, remdamasis savo bandymais daržo žirni kryžiuviame, paskelbė kai kurias taisykles, kurios saisto savybi perdavim iš tėvų vaikams³. Jis pastebėjo, kad sukryžiuvus du skirtingus tos pat rūšies augalus, pirmojoje generacijoje augalai yra gana vienodi, tačiau antrojoje jau randama panašiai vien ir kitų rūšių, bei tarpinio tipo individai. Jo surastieji faktori pasiskirtymo dėsniai yra mokslininkai priimti ir tebegalioja⁴.

Mutacijų teorija

Mutacijų teorijos suformulavimas buvo sekantis svarbus po Mendelio atidengimų vykis biologijos moksluose. Mutacija dažniausiai yra apibrėžiama, kaip nuolatinis paveldimosios medžiagos pakitimas, kuris yra perduodamas iš kartos į kartą. Šitoki mutacijų teoriją paskelbė olandų gamtininkas Hugo de Vries (1848-1935). Jis rašė: «Žinojimas dėsniai apie mutacijų veikimą, gali atvesti dirbtini mutacijų sukūlimą pagal programą, ir tuo būdu sukurti visai naujas augalus bei gyvulių savybes. O jeigu galima sukurti pagerintas, derlingesnes ir gražesnes kultūrinių augalų linijas, pasinaudojant selekcijos metodais, galbūt kada nors ateityje bus galima pagaminti pastovias ir geresnes augalus bei gyvulius, pasinaudojant mutacijomis»⁵. Jis 1904 m. dar pasiūlymą sukelti mutacijas dirbtinai būdu pasinaudojant tada dar visai neseniai atrastais rentgeno spinduliais⁶, tačiau pats tokių bandymų nepadarė, o ir kiti tyrinėtojai šiuo pasiūlymu pasinaudojo tik apie 20 metų vėliau.

Mutacija genetikos moksle užima centrinę poziciją. Mutacijos būdu pakeistas genas yra mendelinis vienetas paveldime ir jis dalyvauja visuose procesuose organizmo savybėms besivystant. Tokis «genas — mutantas» yra pagrindinis genetinio skirtingumo šaltinis gyvuosiuose organizmuose.

Kiekvieno gyvo organizmo ląstelė yra sudaryta iš bent dviejų pagrindinių dalių, citoplazmos ir branduolio (Pav. 1). Branduolys yra paprastai apsuptas citoplazmos. Augalų ląstelė turi dar gerai

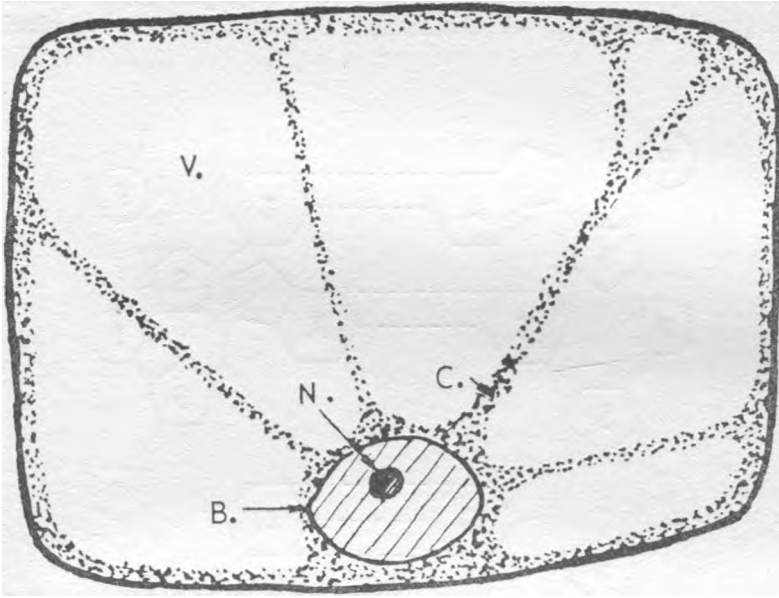
² B. Povilaitis, *Šimtmetis su Mendeliu biologijoje*, žr. *Aidai*, 1966 m. 10 nr., 458-461 psl.

³ G. Mendel, *Versuche über Pflanzen-Hybriden*, žr. *Verhandlungen des Naturforschenden Vereins in Brünn*, 4 t. (1866), 3-47 psl.

⁴ L. C. Dünne, *Mendel, his work and his place in history*, žr. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 109 t. (1965) 189-198 psl.

⁵ H. de Vries, *Die Mutationstheorie*, Leipzig 1901.

⁶ A. Gustafsson, *The induction of mutations as a method in plant breeding*, žr. *Mechanism in Radiobiology*, 1 t. (1961) 477-497 psl.



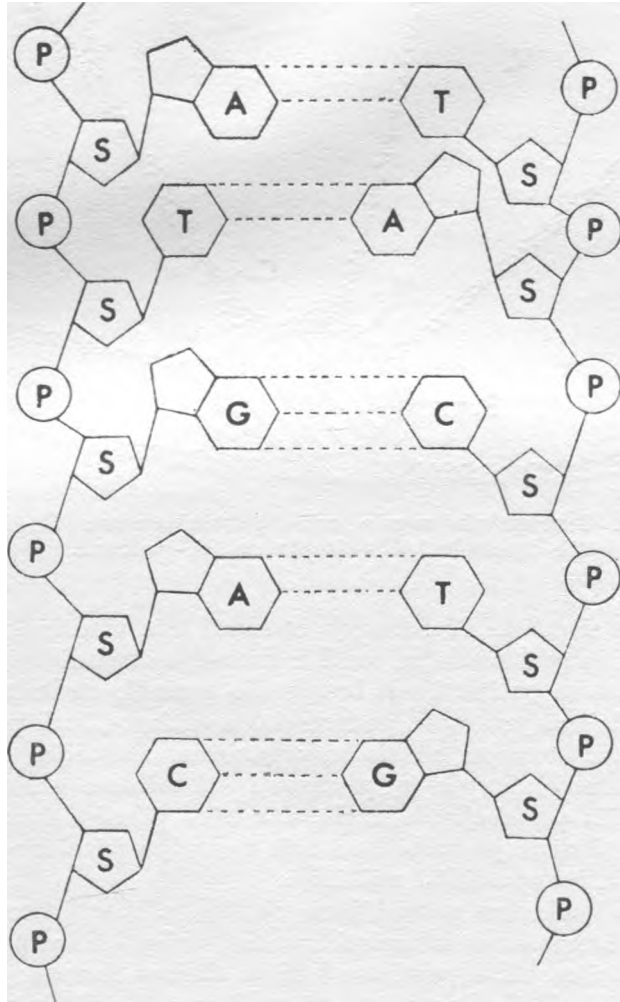
Pav. 1. Schematinis augalo cel s pavaizdavimas ; B - branduolyjs, N - branduol iis (nucleolus), C - citoplazma, V - vakuol .

išvystytas sienelės. Branduolyje randami tam tikri si leliai, chromosomos, su genais ant j , tod l ir mutacij atsiradimas normaliai yra rišamas su pasikeitimais branduolio genin je strukt roje. Pastaraisiais laikais yra gauta rodomosios medžiagos, kad, pavyzdžiui, mieli (*Saccharomyces cerevisiae*) organizme, mutacijos gali vykti ir citoplazmoje, ir per j persiduoti sekan ioms generacijoms ⁷. Kadangi šis pasteb jimas, regis, dar n ra pilnai dokumentuotas, tod l bus tiksliau, jei kalb dami apie mutacijas sivaizduosime, kad jos yra tik branduoliniai reiškiniai.

Genų vadinsime paveld jimo vienet , užimant fiksuot pozicij ant chromosomos ir turint specifin efekt fenotip . Jis gali b ti mutacijos b du pakeistas kitas alelines formas. Genas tat yra labai maža bet organizuota medžiagos dalel ir yra aukšto molekulinio svorio (paprastai virš 100 milijon atomini vienetu) branduolin s r gšties molekul . Ši molekul yra sudaryta iš fosforo

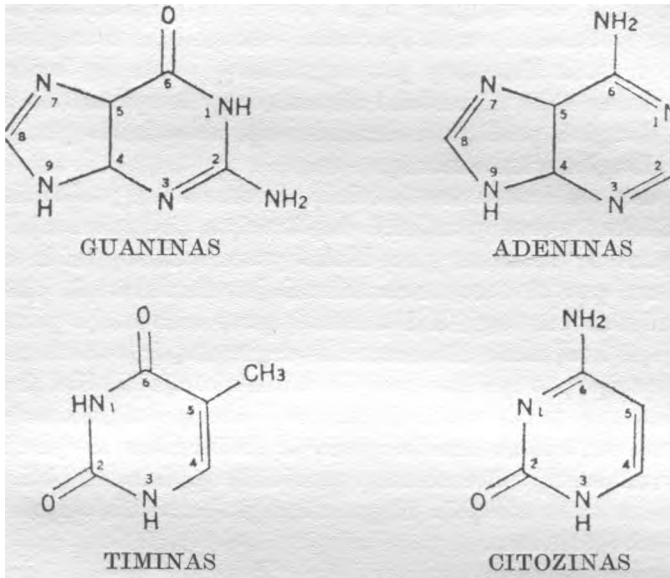
⁷ A. W. Linnase, G. W. Saunders, E. B. Gingold and H. B. Lukins, *The biogenesis of mitochondria. V. Cytoplasmic inheritance of erythromycin resistance in « Saccharomyces cerevisiae »*, žr. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 59 t. (1968), 903-910 psl.

ir gšties ir pentozos cukraus skeleto (Pav. 2), prie kurio yra tam tikra tvarka prisijungę dvi pirimidino ir dvi purino bazės: pirinai



Pav. 2. Schematiškai parodyta deoksiribozės branduolinės r gšties (DNA) molekulos maža sekcija iš 5 nukleotidų porų. Molekulos skeletas yra sudarytas iš fosfato (P) ir deoksiribozės cukraus (S). Centrinėje dalyje matyti prie skeleto prijungtos purino (adeninas - A, guaninas - G) ir pirimidino (citozinas - C, timinas - T) bazės. Šitos dvi šni reli pavidalo molekulos laikomos prie viena kitos vandenilio ryšiais tarp AT ir tarp CG bazių porų. Tokia porinė DNA erdvė sudaro sraigtinę struktūrą.

— adeninas ir guaninas, ir pirimidinai — citozinas ir timinas (Pav. 3). Normaliose chromozomose genas yra betgi tiek mažas, kad jo negalima žiūrėti per šviesos mikroskopą.



Pav. 3. Pagrindiniai bazi randam branduoliniuose rėgštyse struktūrinės formulės: purinai — adeninas ir guaninas, pirimidinai — citozinas ir timinas.

Geno definicija santykiuje su kuria nors organizmo savybe gali varyuoti pagal turimą tuo metu mokslinę informaciją. Taip pavyzdžiui, pirmieji genetikos darbuotojai manė, kad akis spalva yra vieno geno kontroliuojama. Vėlesnieji cheminiai tyrimai parodė, kad akis spalvos paveldėjimas yra labai kompliktuotas, kad biocheminis kelias akies pigmentui pagaminti yra kelialaipnis procesas, ir kad kiekvienas iš šių laipsnių yra atskiro geno kontroliuojamas. Viename iš šių laipsnių yra pagaminama amino rūgštis triptofanas. Tačiau triptofano gamyba yra irgi daugialaipnis procesas, kur kiekvienas laipsnis yra kontroliuojamas atskiro geno⁸.

Gyvieji organizmai chromosomų skaičiaus atžvilgiu labai dažnai yra diploidai, tai yra tokie, kurie celulose branduolyje turi po

⁸ R. P. Wagner and H. K. Mitchell, *Genetics and metabolism*, New Yorkas 1955; S. Zamenhof, *Mutations*, žr. *American Journal of Medicine*, 34 t. (1963), 609-626 psl.

du vienodu chromosom rinkini, vadinamu genomais. Genominis pasikeitimas, kuris kai kieno dar gali būti pavadintas genomine mutacija, bus, kai vietoje dviej chromosom rinkini tur sime branduol ar organizm tik su vienu rinkiniu, kur vadintume baploidu, arba su daugiau negu dviem rinkiniais, kur bendrai vadintume poliploidu, arba specialiai — triploidu, tetraploidu, hexaploidu, ir t.t. Yra taip pat organizm, nat rali bei eksperimentini, kurie šalia normalaus chromosom komplemento turi dar vien ar daugiau prid tini chromosom, arba kurie yra prarad vien ar daugiau chromosom.

Yra dar vadinam strukt rini chromosom pasikeitim. Iš toki pakitim verta pamin ti duplikacijos, kai pavieniai genai, arba didesni ar mažesni gen blokai yra duplikuojami ir randami dažnai tame pat chromosomos sektoriuje. Strukt rini chromosomos pakitimas bus irgi, kai normali gen sekvencija pakei iama invertuojant kur nors chromosomos segment ir vadinama inversija. ia taip pat priklausyt ir translokacija⁹. Kai kurie ši pasikeitim yra perduodami iš kartos kart daugiau ar mažiau pakeisdami organizmo morfologines ar fiziologines savybes. Daugumas strukt rini chromosom pakitim galima steb ti moderniais šviesos mikroskopais ir yra studijuojama biologijos mokslo šakos — citogenetikos.

Nesenai Harvardo universiteto (Boston, Mass.) tyrin toj grup paskelb, jog jie s kmingai išskyr bakterijos *Escherichia coli* branduolin s r gšties sekcij, pavadint *lac operon* arba gen, kuris yra atsakingas už laktozos cukraus metabolizm¹⁰. Kadangi tuo metu tai buvo pirmas toks vykis, periodin spauda, ypa Anglijoje, š atradim paskelb išp stai ir g sdinan iai per toli einan iomis antrašt mis, kaip *Genetin s bombos baim auga, G s-dinantieji gyvyb s faktai. Mokslininkai surado žmogaus paveld-jimo paslapt, ir tai juos g sdina*¹¹. Ši antrašt i aliuzija yra, kad, jei galime išskirti tam tikr funkcij išpildant gen, tai gal jau netoli tas laikas, kada bus galima tam tikrus genus, pagal pasirinkim, diegti organizm ir tuo b du net radikaliai pakeisti jo savybes. Izoliavimas gryn gen b t ta iau nepaprastai svarbus

⁹ Charlotte Auerbach, *Mutations. I t. Methods*, Edinburghas ir Londonas 1962.

¹⁰ J. Shapiro, L. Machattie, L. Eron, G. Ihler, K. Ippin, J. Beckwith, *Isolation of pure lac operon DNA*, žr. *Nature*, 2241. (1969), 768 psl.

¹¹ G. L. Wick, *Molecular biology: moving toward an understanding of genetic control*, žr. *Science*, 167 t. (1970), 157-159 psl.

žingsnis baltym sintez s tyrin jimuose, o, be to, gal pad t su-
prasti vien iš pagrindini gyvosios medžiagos funkcij — dupli-
kavim si.

Savybi paveld jimas organizmuose yra konservuojanti j ga,
kurios d ka vaik ir t v generacijos yra panašios. Daugyb stu-
dij šia tema parod , kad savybi perdavimas sekan iai generacijai
n ra pilnai tobulas, ir kad kartais vyksta klaid . Organizm
augimo ir veisimosi procese cel s dalinasi, taip pat dalinasi ir
chromosomos, o kartu su jomis ir genai. Šis dalinimasis bran-
duolyje yra paremtas ant chromosom , gen ar branduolini r gš i
sav s duplikacijos savyb s, ir šio proceso metu kartais vyksta
chemini pasikeitim arba «klaid » branduolini r gš i sud tyje.
Šie cheminiai pasikeitimai gali v liau pasirodyti kaip tam tikri
organizmo savybi pakitimai arba mutacijos. Gen mutacijos tuo
b d ir yra svarbiausi faktoriai, d l ko pavieniai tos pat r šies
individai skiriasi savo savyb mis vienas nuo kito. Šie skirtingu-
mai, arba mutacijos, taip pat sudaro pagrind r ši išsivystymo
sistemoje arba organin je evoliucijoje ¹².

Mutacijos pagal kilm gali b ti klasifikuotos dvi grupes, tai
spontanin s arba nat raliai gamtoje atsirandan ios, ir dirbtinosios,
kurios atsiranda pagal žmogaus vali . Dirbtin sias gi mutacijas
dar galima grupuoti tas, kurios atsiranda panaudojus jonizuo-
jan ius spindulius, ir tas, kurios gaunamos d l chemini mutagen
veikimo. Autoriui tenka studijuoti ir tyrin ti ši tip mutacijas
aukštesniuosiuose augaluose.

Spontanin s mutacij os

Mutacijos, kurios pasirodo be žmogaus s moningo sikišimo,
yra vadinamos spontanin mis. Daugyb aplinkos faktori turi
didesn s ar mažesn s takos j pasirodym ar dažnum . Iš toki
faktori yra pamin tini kosminiai spinduliai, žem s plutoje esan i
kai kuri element radioaktyviosios savyb s, žymesni temperat -
ros svyravimai, chemikal taka, ir kita. Prieš pusšimt met akimi
pastebimosios spontanin s mutacijos buvo daugelio skaitomos labai
svarbiais reiškiniais ir buvo naudojamos augal bei gyvuli savy-
b ms pagerinti ar pakeisti selekcijos ar atrankos metodais. Tokios
mutacijos dar ir šandie skaitomos pakankamai svarbiomis ne tik
teoretiniais bet ir praktiniais sumetimais.

¹² N. P. Dubinin, V. N. Soyfer, *Chromosome breakage and complete
genic mutation production in molecular terms*, žr. *Mutation Research*, 8 t.
(1969) 353-365 psl.

Mokslin literat ra apie spontanines mutacijas organiniame pasaulyje yra tokia plati, kad net paviršutiniška apybraiža b t praktiškai ne manoma. Šio referato reikalui pilnai užteks pamin ti tik kelet pavyzdži . Viena iš mano tyrin t tabako, *Nicotiana tabacum*, spontanini mutacij pasireiškia chlorofilo nepriteklium kotiledonuose ir žaliuose lapuose ¹³. Ši mutacija yra gal ne tiek žalinga komercinei tabako produkcijai, kiek sukelianti nereikalingo r pes io kininkams. Šio mutanto homozygotiniai recesyviniai individai (aa) turi gelsvus kotiledonus ir baltus, gelsvus ar lengvai žalius pirm , antr , net ir treči tikruosius lapus. Tuose lapuose yra didelis chlorofilo tr kumas, ir tie daigai, trumpai paaug , nu-vysta. Homozigotiniai dominantai (AA) yra visai normal s ir tam-siai žali daigai. Heterozigotiniai individai (Aa) turi normaliai žalius kotiledonus, bet pirmasis, antrasis, o kartais tre iasis tikrieji lapai rodo daugiau ar mažiau chloroz s. Jie augdami atsilieka nuo homozygotini dominant ir tod l re iau yra persodinami lauk . Taigi auginant iš s kl skylan i sias generacijas yra nesunku atskirti visas tris genetines formas, AA - Aa - aa, ir tod l ši muta-cija yra traukta vienos darbuotoj grup s program karbohy-drat sintezei studijuoti kult riniuose augaluose.

Dar ir kitu atžvilgiu ši mutacija rasta domi. Citogenetiškai tabakas yra aloploidas su 24 porom chromosom somatin se cel se. Tabakas yra kil s iš spontaninio susikryžiavimo dviej kit tabako r ši tur jusi po 12 por chromozom . Nevislus hibridas tur jo po 12 chromosom iš abiej t v . Kadangi chlorofilo pagaminimas bet kokiame augale yra pats svarbiausias reiškinys jo išsilaikymui, tai ir kiekviena t laukini r si tur jo po vien *locus* ant chro-mozom šiam genui patalpinti. Nevislus hibridas darosi vislus padvigubinus chromosom skai i . Taigi m s kult rinis tabakas turi normaliai po vien *locus* chlorofilo gamybai iš kiekvieno lauki-nio prot vio. Kadangi normaliam augalo augimui užtenka tik vie-no *locus*, tai kitas *locus* laikui b gant tampa neaktyvus ir augalas pereina vadinam diploidin paveld jimo b d . Ta iau anoje tabako mutacijoje radome augal su abiem *loci* aktyviais, taigi dar nepilnai diploidizuot individ . Šis faktas sustiprina teorij , kad dabartinis tabakas yra palyginti dar labai jaunas biologin s evoliucijos produktas ¹⁴.

¹³ B. Povilaitis, D. R. Cameron, *A mutation causing chlorophyll deficiency in «Nicotiana tabacum»*, žr. Canadian Journal of Genetics and Cytology, 5 t. (1963), 233-238 psl.

¹⁴ T. H. Goodspeed, *The genus «Nicotiana»*, Waltham, Mass. 1954.

Kita tabako mutacija, kuri irgi pagamina nepakankamai chlorofilo daiguose ir suaugusi augal lapuose, buvo angliškai pavadinta *Progressive veinbanding*¹⁵. Šios mutacijos simptomai yra ryškūs tik homozygotiniuose recesyviniuose individuose (aa). Jaun daig lapai turi netaisyklingai išsklaidytą balzganą dmi lapo plokštį, taigi neturini ar labai mažai teturini chlorofilo. Siauri lapo plokštis ruoželiai pagal lap gyslas paprastai yra žali. Jei toks mutantas paliekamas augti, kur išdygo, visi jo lapai rodo daugiau ar mažiau chlorotini dmi. Gi jei toks daigas, kaip tai normaliai yra priimta komerciniam tabak auginant, yra persodinamas lauk, jis kuriam laikui praranda chlorotines žymes lapuose, ir tik naujai išauginti lapai tas žymes turi. Tai domus reiškinyse, nes chlorofilas yra sukauptas taip vadinamuose chloroplastuose, randamuose tik citoplazmoje. Celei augant, chloroplastai paprastai dalinasi. Kai chlorotinis daigas yra persodinamas lauk, jo augimas kuriam laikui sustoja, taigi tuo laiku celis nebeauga, bet chloroplastai vis dėlto dalinasi, ir chlorotines žymes išnyksta. Augalui mus normaliai augti, tos žymes vėl atsiranda naujuose lapuose ir pasilieka per visą augimo laikotarpį.

Vaizdo pilnumui, štai keletas kitų mokslinių literaturoje aprašytų spontaninių mutacijų: žemo gūčio mutacija miežiuose¹⁶; chlorofilo nepriteklaus mutacija kviečiuose¹⁷; mutacijos veikiančios antocianino sintezę pomidoruose¹⁸; lubinai negaminantys alkaloidų¹⁹.

Daugumas regimųjų mutacijų yra organizmui nenaudingos, jam prisitaikant augti esamose aplinkos sąlygose, tačiau pasitaiko ir naudingų mutacijų. Geno cheminė struktūra yra tiek komplikuoata, kad, susidarant mutacijai, galima laukti pasirodant daug ir vairių kitų modifikacijų. Dažnai maži ar nežymūs pakitimai gali būti nepastebimi, nes tokio pakeisto geno fenotipinis efektas gali būti labai mažas, mažesnis negu galima paklauda tokio efekto atpažinti ar matuojant. Tik stambesni geno pakeitimų efektai gali būti

¹⁵ B. Povilaitis, D. R. Cameron, *Progressive veinbanding — a new mutation in « Nicotiana tabacum »*, žr. Canadian Journal of Genetics and Cytology, 10 t. (1968), 232-234 psl.

¹⁶ E. Holm, *Effects of two dwarfing genes in barley crosses*, žr. Hereditas, 62 t. (1969), 214-220 psl.

¹⁷ R. Pettigrew, C. J. Driscoll, K. G. Rienits, *A spontaneous Chlorophyll mutant in hexaploid wheat*, žr. Hereditas, 24 t. (1969), 481-486 psl.

¹⁸ P. von Wettstein-Knowles, *Mutations affecting anthocyanin synthesis in the tomato*, *Genetics, histology, and biochemistry*, žr. Hereditas, 60 t. (1968), 317-346 psl.

¹⁹ R. von Sengbusch, *Süßlupinen und Öllupinen*, žr. *Landwirtschaftliches Jahrbuch*, 91t. (1942), 723-880 psl.

mums prieinami individualiniam matavimui. Pagaliau mutacijos veiksmingum , t. y., naudingum ar žalingum , daugeliu atvej nustato aplinka. Mutacijos pasireiškia ne tik augaluose. J surandama aukštesniuosiuose ir žemesniuosiuose gyvuliuose, žmoguje, vabzdžiuose, o taip pat ir vairiausių mikroorganizmuose. Šiandien bakterijos, mielės, net virusai yra labai plačiai vartojami mutacij , o kartu ir kit biologini reiškiniai , studijose, nes šie organizmai dauginasi palyginti labai greitai, o ir techninės priemonės yra labai ištobulintos. Žalingosios mutacijos žmoguje dažnai vadinamos paveldimomis ligomis, kaip mongolizmas, hemofilija, progresyvinis raumenų distrofija, ir tt.

Dirbtiniai mutacij istorija

De Vries sugestija sukelti mutacijas dirbtin būdu pasekė J. A. V. genetikas Müller, kai jis 1927 parodė, jog rentgeno spinduliai žymiai padidino mutacij dažnum ir sukūrė naujas mutacijas muselėje *Drosophila melanogaster*²⁰, ir už tai jam buvo paskirta Nobelio premija. Stadler priėjo panašiai išvad , naudodamas rentgeno ir gamma spindulius ant miežių ir kukurūzų²¹. Su tabako augalu pirmasis eksperimentavo Goodspeed²². Šitam laikotarpiui priklauso pirmosios genetik pastangos pateikti aukštesnį augal medžiag su pakeltu mutacij dažnumu praktiškai selekcij vykdančiesiems²³. Po gausių pirmųjų teoretinių studijų mutacij srityje, optimizmas tyrinėjant tarpe žymiai sumažėjo dėl tuo metu siverdavusių nuomonių, kad šiuo būdu pozytyvi rezultatai praktiškai nėra galima atsiekti, ir kad rentgeno tipo spinduliai daro organizmui tik genetinį žal . Toji plačiai paplitusi pažiūra turėjo stipriausios takos J. A. V., kur ilg laik buvo net nemoderniška kalbėti apie organizm savybi pagerinimą naudojantis dirbtinomis mutacijomis²⁴. Tačiau nedidel tyrimų grupė Švedijoje tuo metu toliau tyrimus su augalais ir pasiekė palyginti gražius rezultatus²⁵.

²⁰ H. J. Müller, *Artificial transmission of the gene*, žr. *Science*, 671. (1927), 84-87 psl.

²¹ L. J. Stadler, *Genetic effects of X-rays in maize*, žr. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 14 t. (1928), 69-75 psl.

²² T. H. Goodspeed, *The effect of X-rays and radium on species of the genus « Nicotiana »*, žr. *Journal of Heredity*, 20 t. (1929), 243-259 psl.

²³ H. Gaul, *Mutations in plant breeding*, žr. *Radiation Botany* 4 t. (1964), 155-232 psl.

²⁴ W. C. Gregory, *Mutation breeding*, žr. *Plant breeding: a Symposium*, ed. K. J. Frey, Ames, Iowa. 189-218 psl.

²⁵ A. Gustafsson, I. Gadd, *Mutations and crop improvement: Introductory comments*, žr. *Hereditas* 53 t. (1965), 12-14 psl.

Po antrojo pasaulinio karo dirbtinai mutacij tyrimai tiek teoretiniais tiek praktiniais sumetimais staiga ir nepaprastai išplito, ir nėra abejoniškas, kad tai vyko dėl atradimų atominės energijos srityje²⁶. Šiandien J. A. V., Indijoje, Japonijoje ir daugelyje kitur kraštuose yra didelis susidomėjimas dirbtinomis mutacijomis ir pašvenčiama daug energijos, bandant, pasinaudojant šiuo metodu, pagerinti kultūrinių augalų savybes²⁷.

Jonizuojantieji spinduliai

Mutacijoms sukelti dažniausiai yra naudojami taip vadinami jonizuojantieji spinduliai. Medžiagos atomui suyrant, gali atsirasti net keli rėšiai spinduliai, turintieji jonizuojančias savybes. Atomai, arba mažiausias cheminio elemento kiekis dar nepakeičiant jo savybių, yra sudaryti iš trijų pagrindinių dalių: elektronų, protonų ir neutronų. Atomo vidinė konstrukcija yra kiek panaši saulės sistemai. Atomo centre yra branduolys sudarytas iš protonų ir neutronų. Protonai turi pozityvų elektros krūvį, gi neutronai elektros krūvio neturi. Apie atomo branduolį skrieja tam tikras skaičius elektronų, kurie neša neigiamą elektros krūvį. Paprastame elemento atome elektronų skaičius yra išbalansuotas su protonų skaičiumi, ir todėl toks atomas yra neutralus elektros krūvio atžvilgiu. Elektronų ir protonų skaičius atome yra charakteringas kiekvienam elementui. Lengviausiojo elemento, vandenilio, atomas yra sudarytas iš vieno protono branduolyje ir vieno elektrono skriejančio aplink. Sunkesnių elementų atominė struktūra yra komplikotesnė, pavyzdžiui, uranijaus atomo branduolyje yra 146 neutronai ir 92 protonai, o apie branduolį skrieja 92 elektronai²⁸.

Išmušus iš orbitos bent vieną elektroną likusioji atomo dalis pasireiškia kaip pozityviai apkrauta dalelė arba jonizuota elemento dalelė. Be jonizacijos, energijos perkimas galimas dar ir procesu angliškai vadinamu *Excitation*. Skaitoma, kad svarbiausi jonizuojantieji spinduliai efekčiai yra pats jonizavimas ir nutraukimas chemini ryšiai tarp elementų. Ultravioletiniai spinduliai, išskyrus tik pačius trumpiausius bangų, jonizavimo galios neturi, tačiau jie perneša energiją *excitation* būdu. Jonizuojantysis spinduliavimas

²⁶ D. A. Keys, *Atoms at your service*, Atomic Energy of Canada Limited, 2645 nr. Chalk River 1968.

²⁷ A. Gustafsson, *The induction of mutations as a method in plant breeding*, žr. *Mechanism in Radiobiology*, 1 t. (1961), 477-497 psl.

²⁸ A. H. Sparrow, *Types of ionizing radiation and their cytogenetic effects*, žr. *Symposium on mutation and plant breeding*, Washingtonas 1961, 55-119 psl. (Referuoti 205 straipsniai ir knygos); A. P. Casaret, *Radiation Biology*, New Jersey ir Londonas 1968.

yra dviej pagrindini r ši : elektromagnetinis bangavimas, tai rentgeno arba X-spinduliai, bei gamma spinduliai, ir medžiagini branduolio daleli srovenimas (arba spinduliavimas), kaip alfa, beta, protonai, deutronai ir kita. Pabr žtina kad tiek gamma, tiek rentgeno spinduliai yra ne medžiagini daleli srov , o dalis bendrojo elektromagnetinio bangavimo spektro, kuriame telpa ir m s regimosios šviesos spinduliai. Neutronai nors ir priskiriami prie jonizuojan i j spinduli , ta iau j sukeltas jonizavimo procesas yra netiesioginis. Gamma, rentgeno, ar kiti panašaus ilgio bang spinduliai permeta palyginti didelius kiekius energijos, žymiai didesnius už ultravioletini , o ypa už šviesos spinduli , tod l jie dar vadinami aukštos energijos spinduliais.

Kai aukštos energijos spinduli *quantum* pataiko atom , energija persiduoda vien iš elektron skriejan i apie branduol . Toks padidintos energijos elektronas gali b ti išmestas iš orbitos apie branduol ir nusviestas aplinkui esan i erdv , kurioje jis gali susidurti su kitais atomais. Atomas netek s vieno elektrono yra jau elektriškai ne neutralus, o turi teigiam elektros kr v ir vadinamas teigiamu jonu, kuris chemiškai yra labai aktyvus. Iš orbitos išmuštasis neigiamosios elektros kr v neš s elektronas susidurdamas su kitais atomais gali v l savo ruožtu išmušti elektronus iš t atom orbit ²⁹.

Aukštos energijos spinduliai skriedami per medžiag pakei ia kai kuri atom strukt r juos tiesioginiai jonizuodami, kaip rentgeno ar gamma spinduliai, ar išmušdami protonus iš branduolio ir tuo b du netiesioginiai jonizuodami, kaip neutronai.

Šie vykiai yra nauj chemini reakcij priežastis. Chromozom bombardavimas jonizuojan iais spinduliais gali lengvai suardyti ar pertraukti ilgas si leli pavidalo baltym ar branduolini r gš i molekules, kurios syk pakeistos ar sužalotos, tokiomis ir pasilieka ³⁰. Dar daugiau, duplikavimosi metu tokia branduolin s r gšties molekul pagamina naujas, jau pakeistos strukt ros molekules, kurios per lytines celes persiduoda ir formuoja naujos generacijos organizm . Chromatino medžiagos pakitimai d ka spinduliavimo vyksta ir somatin se arba paprastose k no cel se, ta iau j reikšm n ra tokia didel , nes tos cel s miršta su bendra organizmo mirtimi ir neperduoda to pakitimo sekan i j generacij . Jonizuojantieji spinduliai, be gen mutacij , dar palieka vairiu

²⁹ E. C. Pollard, *The biological action of ionizing radiation*, žr. *American Scientist*, 57 t. (1969), 206-236 psl.

³⁰ B. Wallace, Th. Dobzhansky, *Radiation, genes and man*, New Yorkas 1959.

kit pakitim cel s branduolyje, kuriuos lengva pasteb ti paprastu šviesos mikroskopu, kaip chromosom ar chromatid fragmentavimas, chromosom daleli translokacija, chromosomos segmento praradimas, mikrobranduoli atsiradimas, ir kita³¹.

Aukštos energijos, o taip pat ir kiti spinduliai yra plaiai naudojami mutacij tyrim jime vairiuose organizmuose, pradedant virusais, bakterijomis, pel siais, žemesniaisiais ir aukštesniaisiais augalais ir baigiant vairiais atstovais iš gyvuli pasaulio. Kai kurie iš ši tyrim yra motyvuoti praktini sumetim . Panaudojimas aukštos energijos spinduli praktiškajai organizm selekcijai pareikalauja v lesn se stadijose nemaža pastang ir r pestingumo, atsijojant nenauding medžiag , ypa toki , kuri turi *makro* pakitim branduolyje. Kadangi šie spinduliai prasiskverbia per palyginamai stor medžiagos sluogsn , tai ir nemažas augal s klas galima s kmingai radijuoti. Be to, mašin pagaminan i šiuos spindulius šiandie randama daugelyje ligonini ir tyrim institucij . Neutronai nors ir mažiau sužaloja chromosomas ir sukelia daugiau gen mutacij , yra mažiau parank s naudoti, nes jie gautami tik specialiuose ir komplikuo tuose reaktoriuose. Šioje vietoje pamin tina bent keletas studij , kuriose užregistruotas didesnis ar mažesnis pasisekimas su kult riniais augalais. Su rentgeno spinduliais : ryžiai³², miežiai³³, žem s riešutai³⁴, žirniai³⁵, tabakas³⁶.

³¹ L. H. Edwards, N. D. Williams, *Mutagenic and chromosomal effects of X-rays and alkylating chemicals on « Triticum durum » Desf. , Lakota ; žr. Crop Science, 6 t. (1966), 271-272 psl. ; A. H. Sparrow, Types of ionizing radiation and their cytogenetic effects, žr. Symposium on mutation and plant breeding, Washingtonas 1961, 55-119 psl.*

³² H. W. Li, C. H. Hu, W. T. Chang, T. S. Weng, *The utilization of X-radiation for rice improvement, zr. Effects of ionizing radiations on seeds, Intern. Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1961, 485-493 psl.*

³³ A. Gustafsson, *Mutations in agricultural plants, žr. Hereditas 33 t. (1947), 1-100 psl.; R. S. Caldecott, Seedling height, oxygen availability, storage and temperature : their relation to radiation-induced genetic and seedling injury in barley, žr. Effects of ionizing radiation on seeds, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1961, 3-24 psl.; H. Gaul, The use of induced mutations in breeding for quantitative characters, žr. News Letter of the Food and Agricultural Organization of the United Nations International Rice Commission, 15 t. (1966), 13-15 psl.*

³⁴ W. C. Gregory, *Mutation breeding; žr. Plant breeding, a Symposium, Ames, Iowa, 189-218 psl.*

³⁵ R. J. Heringa, *Mutation research in pea, žr. Euphytica, 13 t. (1964) 330-336 psl.*

³⁶ T. H. Goodspeed, A. R. Olson, *The production of variation in « Nicotiana » species by X-ray treatment of sex cells, žr. Proceedings of the National Academy of Sciences, 14 t., (1928), 66-69 psl.*

Su gamma spinduliais: ryžiai³⁷, kviečiai ir miežiai³⁸, žirniai³⁹. Su neutronais: avižos⁴⁰, žirniai⁴¹, tabakas⁴².

Cheminiai mutagenai

Geno mutacija, gauta po bet kokio spinduliavimo sukeltos cheminės reakcijos ar cheminio persitvarkymo molekuliniam lygyje, regis, tur jo sužadinti spekuliaciją, kad ir kai kurie cheminiai junginiai gali turėti mutagenines savybes. Tai jau dabartinis mokslinis pažinimas apie cheminę mutagenę at jo kitu keliu. Antrojo pasaulinio karo metu visa eilė pasižymėjusių mokslininkų buvo sujungę tyrinėjimą garstyčių aliejaus (karo dujos iperitas), ir kitų panašių « dujų », kuri daugumas yra skystame pavidale kambario temperatūroje. Ši tyrimų pagrindinis tikslas buvo surasti efektyvesni profilaktiniai ir gydymo priemonės prieš vietinį ir sisteminį užkratumą. Tai jau pagrindinis šių tyrimų tikslas nebuvo pasiektas, o vėliau pokariniiais metais dalis surastų faktų buvo viešai paskelbta⁴³. Genetikams buvo svarbi toji paskelbimo dalis, kurioje buvo aprašyta, kad garstyčių aliejus gali sukelti cels branduolyje genų mutacijas *Drosophila* muselėje⁴⁴. Tuo pačiu laiku buvo paskelbti duomenys ir apie kitus du cheminius junginius, dietilą ir dietilto sulfatą, kad ir jie gali sukelti mutacijas⁴⁵.

³⁷ M. A. Jalil Miah, H. Yamaguchi, *The variation in quantitative characters in the irradiated progenies of two rice varieties and their hybrids*, žr. *Radiation Botany* 5 t. (1965), 187-196 psl.

³⁸ H. Gaul, *The use of induced mutations in breeding for quantitative characters*, žr. *News Letter of the Food and Agricultural Organization of the United Nations International Rice Commission*, 15 t. (1966), 13-15 psl.

³⁹ R. J. Heringa, *Mutation research in pea*, žr. *Euphytica*, 13 t. (1964), 330-336 psl.

⁴⁰ C. Gonzalez, K. J. Frey, *Genetic variability in quantitative characters induced by thermal neutron treatment of diploid, tetraploid and hexaploid oat seeds*, žr. *Radiation Botany*, 5 t. (1965) 321-335 psl.

⁴¹ S. J. Wellensiek, *Early-flowering neutronic mutants in peas*, žr. *Effects of ionizing radiation on seeds*, Intern. Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1961, 321-326 psl.

⁴² G. S. Murty, K. V. Krishnamurthy, *Improvement of fluecured tobacco by means of ionizing radiation*, žr. *Euphytica*, 12 t. (1963), 285-293 psl.; D. M. Gopinath, K. V. Krishnamurthy, *Leaf tip hooding - an induced mutation in « N. tabacum », var. Delcrest*, žr. *Genetica*, 37 t. (1966), 93-96 psl.

⁴³ A. Lovelless, *Genetic and allied effects of alkylating agents*, Londonas 1966 (Referuota 574 straipsniai ir knygos).

⁴⁴ Charlotte Auerbach, J. M. Robson, *Tests of chemical substances for mutagenic action*, žr. *Proceedings of the Royal Society*, Edinburgh, 62 t. (1947), 284-291 psl.

⁴⁵ I. A. Rapoport, *Inheritance changes taking place under the influence*

Daugelis mutagenini chemini jungini turi alkiluojan i savybi . Alkilas tai angliahidrat radikalas, pavyzdžiui, CH_3 -metilo, CH_2 -etilo, ir t.t. Alkilavimas genetikoje yra dažniausiai suprantamas kaip alkilo radikalo prisijungimas prie azoto (N) atomo branduolin s r gšties molekul sudaran ioje baz je. Metilo radikalo prisijungimas dar vadinamas metiliacija, o etilo — etilia-cija. Yra taip pat galima, kad alkilo grup gali prisijungti prie branduolin s r gšties skelet sudaran io fosfato, tuo b du esterifikuojant ši r gšt . Ta iau n ra taip jau labai aišku, kuris iš ši dviej proces , alkilacija ar esterifikacija, yra svarbesnis. Sutin-kant, kad branduolini bazi sekvencija nustato genetin informa-cij ant branduolin s r gšties molekul s, manoma, kad alkilacija gali b ti svarbesn reakcija už esterifikacij ⁴⁶.

Tyrin jimais yra parodyta, kad, paveikus alkiluojaniais muta-genais, kitoms fiziologin ms s lygoms esant normalioms, branduo-lin s r gšties baz guaninas yra dažniau paveikiama už kitas, ir kad alkilo grup prisijungia prie azoto atomo 7-je pozicijoje, tuo b du š azoto atom apkrauna teigiamos elektros kr viū. Pati alkilo grup padaro baz žymiai komplikuoesn . Teigiamos elek-tros kr vis ir ekstra molekul s prisijungimas sudaro nauj pad t atom ryšio balanse ir sutrukdo šioje vietoje branduolin s r gšties molekul s normal duplikavimosi proces ⁴⁷. Taip pat yra paste-b ta, kad baz su prisijungusia alkilo grupe dažnai atitr ksta nuo branduolin s r gšties molekul s, kuri tuo b du lieka nepilna ⁴⁸.

Cheminiai mutagenai gali taip stipriai paveikti organizmo paveldim j medžiag , tiksliau sakant genus ar branduolines r gš-tis, kad šios chemin s reakcijos rezultate mes gauname pastov , nuolatin ir kitoms generacijoms perduodam branduolini r gš i pakitim , o šis pakitimas v liau gali pasireikšti pakitusiomis orga-nizmo savyb mis, k mes kasdienin je kalboje pavadintume muta-cija. Yra pasteb ta, kad kai kurie cheminiai mutagenai, kaip die-tilo sulfatas ir etilo metano sulfonatas, duoda daugiau mutacij , jei panaudojami žemesn se koncentracijose⁴⁹. Speckman⁵⁰ rado,

of diethyl sulphate and dimethylsulfate, žr. (Rus k.) *Doklady Vsesojuznoi Akademii Selskohoziaistvennich Nauk*, 12 t. (1947), 12-15 psl.

⁴⁶ S. Zamenhof, *Mutations*, žr. *American Journal of Medicine*, 34 t. (1963), 609-626 psl.

⁴⁷ B. Reiner, S. Zamenhof, *Studies on the chemically reactive groups of deoxyribonucleic acids*, žr. *Journal of Biological Chemistry*, 228 t. (1957), 475-486 psl. ; J. W. Drake, *Mutagenic mechanisms*, žr. *Annual Review of Genetics*, 3 t. (1969), 247-268 psl. (Ref. 248 straipsniai ir knygos).

⁴⁸ E. Bautz, E. Freese, *On the mutagenic effect of alkylating agents*, žr. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 46 t. (1960), 1585-1594 psl.

⁴⁹ C. F. Konzak, R. A. Nilan, J. Wagner, R. J. Foster, *Efficient che-*

kad keliant temperatūrą, nuo 6 ligi 24°C, etilo metano sulfonatas pakl mutacijų proporcij žirniuose nuo 8 ligi 50%.

Be garstyčių dujų, $S(CH_2-CH_2Cl)_2$, yra daug kitų alkiluojančių cheminių junginių, kurie turi mutageninį savybę, pavyzdžiui, dimetilo sulfatas $(CH_3O)_2SO_2$, dietilo sulfatas $(CH_3CH_2O)_2SO_2$, etilo metano sulfonatas $(CH_3SO_2O-CH_2-CH_3)$ ir kita⁵¹.

Daugelis tyrinėtojų palaiko teoriją, kad alkiluotas guaninas gali būti mutacijos priežastimi dėl jo dažno klaidingo poravimosi su timinu vietoje taisyklingo poravimosi su citozinu. Sekančiuose branduolinių sąrašėse duplikavimosi cikluose tuo būdu užfiksuojamas guanino-citozino bazių poros pakeitimas adenino-timino pora, ir tuo būdu gaunama nauja mutacija⁵².

Alkiluojančių medžiagų veikimas cels branduolį sukelia begen mutacijų dar ir vairaus tipo chromosomų persitvarkymų. Ši chemikalų veikimas chromatinio medžiagų ne specialistui yra panašus rentgeno spindulių veikimui. Tačiau yra ir žymūs skirtumai. Daugelis stebėjimų parodė, kad alkiluojančių medžiagų pagamina cels branduolyje mažiau chromosomų fragmentavimo ir kitokių pakitimų, bet daugiau gen mutacijų, negu rentgeno spinduliai. Šis santykis, tačiau, nėra pastovus visiems cheminiams mutagenams, pavyzdžiui, etilo iminai savo veikimu daugiau priartėja prie rentgeno spindulių, o metilo sulfatas veikia visai nepalieka chromozomose makropakitim⁵³.

Kai kurie alkiluojančieji mutagenai yra ir karcinostatiniai, bet jie tarpe rasta ir tokie, kurie turi ir karcinogeninį savybę. Karcinostatinis mutagenų veikimas yra neabejotinai susijęs su jų galėjimu fragmentuoti chromosomas trumpesnius ar ilgesnius sielėjus. Chromosomų fragmentavimo būdu cels nustoja gyvybės funkcijų daug greičiau, jei ji yra dalinimosi fazėje, o tokie celi yra daugiau karcinominiame audinyje, negu sveikame.

Štai keletas pastebėjimų apie cheminius mutagenus studijuo-

mical mutagenesis, žr. *The use of induced mutations in plant breeding*, Oxfordas 1965, 49-70 psl.

⁵⁰ G. J. Speckmann, The mutagenic effect of treatment with EMS at different temperatures in «*Pisum sativum*», žr. *Euphytica*, 13 t. (1964), 337-344 psl.

⁵¹ A. Lovelless, *Genetic and allied effects of alkylating agents*, Londonas 1966; L. Fishbein, W. G. Flamm, H. L. Falk, *Chemical Mutagens*, New Yorkas ir Londonas 1970; (referuota 375 literatūros šaltiniai).

⁵² Charlotte Auerbach, *The chemical production of mutations*, žr. *Science*, 158 t. (1967), 1141-1147 psl.

⁵³ Charlotte Auerbach, *The chemical production of mutations*, žr. *Science*, 158 t. (1967), 1141-1147 psl.; H. Gaul, *Mutations in plant breeding*, žr. *Radiation Botany*, 4 t. (1964), 155-232 psl.

jant dietilo sulfat⁵⁴ ir jo veikim tabako augal. Sausos tabako s klos buvo kelias valandas mirkytos prisotintame šiuo chemikalu vandens skiedinyje, trumpai padžiointos ir išd tos dygti. Pasteb ta, kad dietilo sulfatas tur jo labai stiprios takos s kl dygimo greit ir j galutin dygimo procent. S kl dygimo greitis buvo žymiai sumažintas ir buvo atvirkšiai proporcingas s kl mirkymo mutageno skiedinyje laikui. Vis bandyt kult r s kl dygimo greitis buvo sumažintas, ta iau nevienodai. Jauni tabako daigeliai išaug iš taip paveikt s kl augo gerokai l iau ir savo dydžiu buvo žymiai atsilik nuo kontrolini⁵⁵. Pasteb ta, kad antroje ir tre ioje generacijose po s kl mirkymo mutagene, augalai bendrai buvo žemesni ir j lapai trumpesni, palyginant su kontroliniais augalais. Laikotarpis tarp daig persodinimo lauk ir j žyd jimo pradžios buvo ilgesnis augaluose, gautuose iš mutagene mirkyt s kl; reiškia, mirkymas dietilo sulfate suv lino augalo žyd jim palyginant su kontrol mis. Kiekvienas mutageno paveikt s kl laukelis dav platesn išmier išsiskyrim, tai yra, dav žemesni ir aukštesni augal, trumpesni ir ilgesni lap, anks iau ir v liau žydin i augal negu tie pat steb jimai kontrolin se populiacijose. Šie steb jimai, o taip pat atlikti steb jimai v lesn se generacijose, leidžia padaryti išvad, kad dietilo sulfatas buvo veiksmingas daugiau ar mažiau pakei iant branduolini r gš i sud t ir tur jo b ti priežastimi nauj mutacij susidarymo⁵⁶. Panašius rezultatus gavo Goud⁵⁷ paveik s vasarinius kvie ius (*Triticum aestivum*) cheminiu mutagenu etilo metano sulfonatu; Jacobs⁵⁸ paveik s augal

⁵⁴ A. Lovel ess, *Genetic and allied effects of alkylating agents*, Londonas 1966; A. Gustafsson, *Productive mutations induced in barley by ionizing radiations and chemical mutagens*, žr. *Hereditas*, 50 t. (1963), 211-263 psl.; R. E. Heiner, *The action of the chemical mutagen, diethyl sulphate, on barley*, Ph. D. Thesis, Washington State University, University Microfilms, Inc., Ann Arbor, Michigan, 1963; H. Heslot, R. Ferrary, *Action génétique comparée des radiations et de quelques mutagènes sur l'orge*, žr. *Annales de l'Institut National Agronomique*, 44 t. (1958), 133-152 psl.

⁵⁵ B. Povilaitis, *Effects of diethyl sulphate on seed germination and seedling growth of « Nicotiana tabacum »*, žr. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 11 t. (1969), 72-76 psl.

⁵⁶ B. Povilaitis, *Mutagenic effects of diethyl sulphate on certain morphological characters of « Nicotiana tabacum »*, žr. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 11 t. (1969), 660-667 psl.

⁵⁷ J. V. Goud, *Induced polygenic mutations in hexaploid wheat*, žr. *Radiation Botany*, 7 t. (1967), 321-331 psl.

⁵⁸ M. Jacobs, *Comparaison de l'action mutagénique d'agents alkylants et des radiations gamma chez « Arabidopsis thaliana »*, žr. *Radiation Botany*, 9 t. (1969), 251-268 psl.

Arabidopsis thaliana etilo metano sulfonatu ir eile kit chemini mutagen . Primoji komercin kult ra kult riniuose augaluose buvo išleista Washingtono valstijos universiteto 1959, tai mieži kulturi varas , Luther ' gautas po dietilo sulfato veikimo ⁵⁹.

Baigiamosios mintys

Suklus organizme dirbtinias mutacijas, paprastai turi sekti atranka arba selekcija, nes atrankos nedarant seks efekto regresija. Augal selekcija negali ribotis vien tik surinkimu pageidaujam gen vien organizm ar vien populiacij , nes yra lygiai svarbu tuos genus suliedinti gerai išbalansuot kombinacij . Tod l vedimas bet kokios mutacijos daugiau ar mažiau sutrukdo išbalansuotos sistemos veikim , o to rezultatas yra sumaž j s fenotipinis stabilumas, kuris pasireiškia padid jusia genotipo ir aplinkos interakcija, bei sumaž jusiu mutanto augimo potencialu ⁶⁰.

Spontanin s mutacijos dažnai padidina organizm genetinis konstitucijos skirtingumus. Augal bei gyvuli atranka arba selekcija, kuri vykdo žmogus pagal savo utilitarinius sumetimus, yra ne kas kita, o kontroliuojama biologin evoliucija, kuri ligi šiol bazavosi tik paioje gamtoje randamais genetiniais skirtingumais. Dirbtin s mutacijos prapleia savybi skirtingumo ribas ir gali bti labai naudingos s kmingesniam selekcijos darbui, ypa tose organizm r šyse, kuriose nat ralus savybi skirtingumas yra žemas ⁶¹. Vyrauja nuomon , kad mutacij selekcija ras pakankamai pripažinimo kult rini augahi pagerinimo srityje. Daugeliu atvej mutacij selekcija gal nepakeis pilnai standartini metod , bet bus geras papildomasis priedas ⁶².

Augalo savybi pagerinimo technika istorijos bgyje buvo atrinkti vairi r ši augalus, kurie buvo geriausiai prisitaik augti žmogaus pateiktoje aplinkoje. Pradžioje atranka buvo daroma tarp t augal , kurie augo arti prie žmogaus sodyb . Šis metodas buvo papildytas vedimu augal ir j s kl iš tolimesni j viet . V liau

⁵⁹ (Anonimas) *Chemical mutation produces new barley variety*, žr. *Crops and Soils Magazine*, (1966 m. gruodžio men.), 28 psl.

⁶⁰ R. D. Brock, *Induced mutations affecting quantitative characters*, žr. *The use of induced mutations in plant breeding, Radiation Botany*, Suppl., 5 t. Oxfordas 1965, 451-464 psl.

⁶¹ C. Gonzalez, K. J. Frey, *Genetic variability in quantitative characters induced by thermal neutron treatment of diploid, tetraploid and hexaploid oat seeds*, žr. *Radiation Botany*, 5 t. (1965), 321-335 psl.

⁶² K. J. Frey, *Mutation breeding for quantitative attributes*, žr. *The use of induced mutations in plant breeding, Radiation Botany*, Suppl. 5 t., Oxfordas 1965, 465-475 psl.

buvo atrasta, kad hibridizacijos b du galima išskirti aikšt n pa-
sl ptas savybi skirtingumas ir j panaudoti selekcijos reikalams.
Gi dabar turime dar vien b d savybi skirtingumui prapl sti,
tai dirbtiniu b du sudarant mutacijas.

Br onius Povil ait is

TERMINOLOGIJA

- Adeninas — piurino baz randama branduolini se r gštysė : 6-amino piuri-
nas, $C_6H_6N_6$.
- Al el is — diploidiniuose organizmuose bet kuris vienetas iš paveld jimo
faktori poros ar eil s.
- Al fa spinduliai — srov alfa daleli , kurios yra helijaus branduoliai susi-
deda iš dviej proton ir dviej neutron , ir turin i dvigub teigia-
mosios elektros kr v .
- Al kal oidai — augalin s kilm s azoto turintieji cikliniai junginiai, daugu-
mas farmakologiškai aktyv s, pavyzdžiui, colchicinas, nikotinas, ir
kita.
- Al kil as — prisotint alifatini angliahidrat vienavalentinis radikalas,
bendros formul s C_nH_{2n+1} , pavyzdžiui, CH_3 , C_2H_5 , ir kita.
- Al opl oidas (alopoliploidas) — poliploidinis organizmas sudarytas iš gene-
tiškai skirting genom .
- Amino r gštys — azoto turintieji junginiai, kuriuos polimerizuojant susi-
daro baltymai. Organiniame pasaulyje j yra rasta išviso 24, ta iau
jos ne visos yra vienodos svarbos.
- Ant ocianas — raudonas, violetinis ar m lynas glikozidinis pigmentas,
randamas lap , žied , vaisi ir stieb celi sunkoje ir priduo d s auga-
lams spalvos.
- At omas — mažiausia cheminio elemento dalel dar galinti dalyvauti chemi-
n je reakcijoje.
- At ominis svoris — neutralaus elemento atomo mas s vidurkis išreikštas
atominio svorio vienetais.
- Beta spinduliai — srov beta daleli , kurios yra aukštos energijos elek-
tronai skriej per erdv ; jie yra išmesti iš radioaktyviškai irstan io
atomo branduolio.
- Biochemija — chemijos mokslas apie junginius ir procesus sutinkamus
organizmuose.
- Branduol in r gšt is, žr., DNA, RNA.
- Branduol ys — (1) rutulin strukt ra, esanti veik visose bet kokio orga-
nizmo cel se, kurioje randamos chromosomos ; (2) centrin atomo dalis
sudaryta iš proton ir neutron .
- Chl orofilas — žalias fotosintetinis pigmentas randamas chloroplastuose.
Grybai chlorofilo neturi. Jis saul s energijos pagalba sintetizuoja
angliahidratas.
- Chl oroplastai — maži sferoidiniai, membrana apsupti k neliai citoplaz-
moj , kuriuose yra patalpintas chlorofilas.
- Chl oroz — neišvystymas chlorofilo ir tod l tr kumas žalios spalvos kai
kuriuose augaluose.

- Chromosomos — si lelio pavidalo struktura celis branduolyje. Kiekviena organizmas šis turi sau charakteringus chromosomus skaičius kiekvienoje celyje. Celei dalinant, chromosomos duplikuojasi — skykla išilgai ir naujose celyse atstatomas charakteringas chromosomų skaičius.
- Citogenetika — mokslas sujungiantis citologijos ir genetikos metodus bei atradimus.
- Citoplazma — proteininio gelio struktūros substancija celyje apsupanti branduolį.
- Citozinas — pirimidino bazė randama branduoliniuose rGŠtyse: 4-amino-2(1)-pirimidonas, $C_4H_5N_3O$.
- Diplooidas — organizmas, kuris somatiniuose celiuose turi po dvi kiekvienos rūšies chromosomas.
- DNA — deoksiribozės branduolinių rGŠtis (ang., *deoxyribonucleic acid*), molekulinis paveldėjimo bazė. Susideda iš fosfato ir deoksiribozės cukraus skeleto, prie kurio yra prisijungę purinai ir pirimidinai. DNA susiformuoja dvigubą sraigtinį struktūrą, kuri palaiko vandenilio ryšius tarp atitinkamų bazių (timino prie adenino, citozino prie guanino).
- Dominuojantis genas — kurio fenotipinis efektas yra tas pats tiek heterozigotiniame tiek homozigotiniame stovyje.
- Fenotipas — galimos observuoti organizmo savybės, kurios dėl genotipo susidaro toje ar kitoje aplinkoje.
- Gamma spinduliai — elektromagnetinis trumpo bangų spinduliavimas sudarytas atomo branduoliui įstant radioaktyviškai.
- Genas — paveldėjimo vienetą užimančiam tam tikrą vietą chromosomoje, galintis perduoti specifinį efektą fenotipui ir galintis pasikeisti alelines formas mutacijos keliu.
- Genetika — mokslinis paveldėjimo studija arba mokslas apie genetinį organizmą skirtingum.
- Genomas — terminas naudojamas pažymėti genų visumą vienoje gametoje.
- Genotipas — genetinis organizmo konstitucija, atskirtina nuo jo fizinio pasirodymo (fenotipo).
- Guaninas — purino bazė randama branduoliniuose rGŠtyse: 2-aminohipoksantinas, $C_6H_5N_6O$.
- Haplooidas — organizmas turintis tik gametinę chromosomų skaičių, t. y., tik po vieną chromosomą kiekvienos rūšies.
- Heterozigotas — diploidinis organizmas, kuris paveldėjo du skirtingus alelius viename ar keliuose lokiuose, ir todėl sekančioje generacijoje vyksta savybių išsiskyrimas, todėl jo ainiai dažniau nevienodi.
- Hibridas — augalas ar gyvulys išaugęs sukryžiuvus genetiškai nevienodoms tėvams.
- Homozigotas — organizmas turintis identiškus alelius atitinkamuose tose paties lokiuose chromosomose, todėl sekančioje po kryžiuavimo generacijoje nevyksta savybių išsiskyrimas ir ainiai yra visi vienodi.
- Interakcija — bendras ar reciprokinis veikimas ar taka.
- Jonas — elektros krūvėš atomas ar atomų grupė.
- Jonizuojantieji spinduliai — elektromagnetinis spinduliavimas ar atominių dalelių srovinimas pagamins jonų poras, kai jų energija sklaidosi aplinkos medžiagoje.
- Karcinogenas — fizinis ar cheminis veiksnys sukelsi vėžio ligą.
- Kosminiai spinduliai — aukštos energijos elektromagnetinis bei korpuskulinis spinduliavimas, kurio kilmė yra už žemės atmosferos.

- Kotiledonas — augalo s klos embriono dalis, kuri kiek panaši lap .
Kotiledonas tarnauja kaip maisto medžiag atsarga jaunam daigui.
Jame dažnai išsivysto chlorofilas, ir tada tarnauja fotosintetiškai kaip pirmasis augalo lapas.
- Kryžiuavimas — žiedadulki pernešimas nuo vieno augalo žiedo ant kito, turin io skirting genotip .
- Locus, daugisk. *loci*, — vieta, kuri genas užima chromosomoje.
- Metabolizmas — fizini ir chemini proces visuma gyvai protoplazmai gaminti ir išlaikyti, ir pateikti reikiam energij organizmui naudotis.
- Molekul inis svoris — atomini svori suma vis atom sudaran i molekul .
- Mutacija — (1) geno strukt rinio pasikeitimo procesas; (2) modifikuotas genas, kaip mutacijos rezultatas ; (3) individas manifestuoj s mutacij .
- Mutagenas — fizinis arba cheminis veiksnys, kuris pakelia mutacij dažnum virš spontaninio lygio.
- Mutantas — organizmas tur s mutacijos keliu pakeist gen , kuris yra fenotipiškai atpaž stamas.
- Pentoz — paprastas cukrus tur s penkis anglies atomus. Miel s jo nefermentuoja.
- Pigmentas — bet kuri iš spalvot medžiag , randam augaluose ar gyvuliuose.
- Pirimidinas — organini bazi klas , randama branduolin se r gštyse, bendros formul s — $C_4H_4N_a$.
- Piurinas — organini bazi klas , randama branduolin se r gštyse, bendros formul s — $C_6H_4N_4$.
- Poliploidas — individas tur s daugiau kaip du chromozom rinkini .
- Recesyvus alelis — toks alelis, kuris neparodo fenotipinio efekto, kai yra heterozigotiniame stovyje su dominuojan iu aleliu.
- RNA — riboz s branduolin r gštis (ang. *ribonucleic acid*). Skiriasi nuo DNA riboz s cukrum ir turi baz — pirimidin uracil . Molekul s yra tik pavien s, neporuotos.
- Rentgeno spinduliai — gaunami, kai didelio grei io elektronai atsimuša metalo plokšt . Jie yra elektromagnetiniai spinduliai. J bangos ilgis yra tarp ultravioletini ir gamma spinduli . Tai aukštos energijos jonizuojantieji spinduliai.
- Timinas — pirimidino baz randama branduolin se r gštyse: 5-metilo uracilas, $C_5H_6N_2O_2$.
- Triftofanas — viena iš amino r gš i , $C_6H_{1a}N_aO_a$.
- Uracilas — pirimidino baz randama tik riboz s branduolin je r gštyje (RNA) : 2,4-dioxopirimidinas, $C_4H_4N_aO_a$.

MUTATIONS IN MODERN BIOLOGY

by
Bronius Povilaitis

Summary

The author, in presenting this short review on the mutation phenomenon, discusses various theoretical problems and explains to some extent the results obtained in the practical application of this theory. The study of mutations provides us with a broadened understanding of the transmission of characters from generation to generation which may ultimately help to solve the feeding problem of mankind.

The formulation of the theory on mutations by de Vries in 1901 was a very important step forward in the biological sciences. He also suggested the use of X-rays to produce mutations artificially. The position of a mutation in the science of genetics is a central one, for the mutated gene is a basic source of genetic variability among the living organisms.

The gene is a hereditary unit which takes a fixed position on a chromosome and induces a specific effect on the phenotype. It may also mutate into other allelic forms. Although a variety of chromosomal changes may have an effect on the phenotype, the most important ones, however, are those occurring within the gene itself, or the so called "gene mutations". Chemically a gene is identified as a molecule of nucleic acid with a molecular weight higher than 10^8 atomic weight units.

The gene, whether active or not, is a discrete body on the chromosome. Recently an announcement was made in the scientific literature that a gene identified as "*lac* operon" has been successfully isolated. This gene is responsible for the metabolism of lactose sugar in *Escherichia coli*. The method of gene isolation, if perfected, could have far reaching application in genetical studies, elucidation of protein synthesis, and in medical uses.

There are two basic groups of mutations according to their origin, i. e., spontaneous or those that occur without conscious participation of man, and artificial that are made by man's design. The artificial or induced mutations may originate from two main sources, i. e., from exposure to ionizing radiation and by treatment with chemical mutagens. The author has been involved to some extent in the study of these three types of mutations in higher plants.

The scientific literature on spontaneous mutations in a great many living organisms is rather voluminous and therefore no summary will

be attempted. Suffice is to mention that many of these mutations produce visible characteristics which often have a negative effect on the performance of the phenotype. Attempts to improve the characteristics of an organism to satisfy the utilitarian needs of man require that such mutations be eliminated from the population. In higher plants the most visible mutations are those connected with one or another form of chlorophyll deficiency. Since the production of an adequate amount of chlorophyll is of paramount importance for the survival of a plant, this group of mutations is of great interest and importance in plant breeding.

The interest in induced mutations increased immensely after Muller in 1927 showed that the treatment with X-rays caused a considerable increase in the mutation rate in *Drosophila melanogaster*. Following the first extensive series of research studies on induced mutations obtained by means of ionizing radiation, many researchers lost interest in this field mainly due to the erroneous belief that these mutations contributed only negatively to the phenotype. However, a small group of researchers in Sweden continued this type of research and obtained encouraging results. After the second World War another explosion in induced mutation research took place undoubtedly as the result of achievements in the study of atomic energy. Today almost in every country projects are under way to explore further the effects of various kinds of ionizing radiation (X-rays, gamma rays, neutrons, etc.) on the induction of mutations and the possibility and feasibility of utilizing them for man's utilitarian purposes. A number of new cultivars have already been released in numerous countries with improved characteristics in most of the agricultural plants, e. g., rice, wheat, barley, oats, peanuts, peas, tobacco, etc.

During World War II many prominent scientists were involved in mustard gas studies in order to produce more efficient profilactic and therapeutic substances. This goal, however, was not achieved but in the declassified material one important message was reported, i. e., that mustard gas could be used to increase the mutation rate in *D. melanogaster*. Soon many other chemicals were added to this list of mutagens, such as diethyl sulphate, ethyl methane sulphonate, etc. Most of these chemical substances possess the ability to alkylate nucleic acids in chromosomes. An alkyl is defined as a radical of a carbohydrate, of the general formula C_nH_{2n+1} (CH_3 , C_2H_5 , etc.) that carries a positive electrical charge. It has been shown that an alkyl may more often be attached to the nitrogen atom in the seventh position of the base guanine. A nucleic acid molecule with attached alkyl radical may become weakened at that particular point and broken, creating a change in the chemical bond relationships of the atoms and thus may become a cause of mutational alterations. Alkyl groups may also be attached to other bases but with lesser frequency than to guanine. Chemical mutagens have already been widely used for various types of organisms in order to induce mutations.