

Kaj evidentiĝis, ke mi mem povis relegi ilin denove kun plezuro. Novaj riproĉoj ne estiĝis, kaj la malnovajn mi tie ĉi ja ne devas perfidi. Eĉ la esea teksto montriĝis ne malagraba, malgraŭ sia iom profundema, seriozega tono (ekzemple "Ĉiam pli klare kaj kun ĉiam pli profunden tranĉanta konsekvenco evidentiĝas, ke la homo, aroge sin difininta 'Krono de la kreitajo', estas fariĝinta fakte, ne nur metafore, ties dornokrono."). Tamen, ties konkludo ankaŭ nuntempe ne perdis sian aktualecon: "Nur la venko super la besteco, nur la animado de la besta heredaĵo ebligas al la homo la senpretendan koran inklinon al la bestoj kaj, plie, al la kunhomo."



Kiom ajn proksimaj estas la perceptoniveletoj bestaj kaj homaj, almenaŭ je unu graco superas la besto la homon: ĝi ne fariĝas kulpa eĉ se ĝi furioze kanibalas inter samspecianoj aŭ parazite lokaĉas sin en aliulan histon.

Do, verko, kiun mi prefere estus lasinta en la forgeso, post du jardekoj reaperis freŝa, agnoskinda, denove la mia. Ĝojiga afero, ĉar daŭre mi aprezegis ties pli brilan parton, la bildojn de mia edzino. La libro nun denove povas iri senhezite kiel tuto en la Esperantan mondon. Jes ja, kiel konstante statas en la malgranda Esperantujo: la stoko ankaŭ post 23 jaroj ne multe malkreskis...

#### Adreso de la aŭtoro

Franz-Georg RÖSSLER

Am Mönchsbusch 6

DE – 67373 Dudenhofen / GERMANUJO

<rozsas@web.de>

#### Priaŭtora informo

La aŭtoro, multjare kunlaboranto de Scienca Revuo, post la novica "Bestareto" produktis, plej ofte kun sia edzino Rita Rössler-Buckel, apud la naciolingvaj eldonaĵoj multajn aliajn librojn kaj broŝurojn kun Esperanta fono. Ili aperis en renomaj eldonejoj same kiel en la propraj "Eldonejo Antifono" kaj "Eldonejo PONTO". Inter ili troviĝas originalaj poemoj, tradukoj, prozaĵoj kaj prelegoj. Aktuale li preferas stoki kaj eldoni la produktojn en cifereca formo pro la eblo kunmeti tekstojn, multajn kolorajn bildojn kaj muzikon en unu unuon, kiu restas plene sub la propra kontrolo kaj povas malmultakoste atingi en reutiligebla formo eblajn interesatojn.

## Genetike modifitaj organismoj

Manfred WESTERMAYER

### Kio estas genetiko:

Ĉiuj organismoj, plantoj kaj bestoj sur nia planedo Tero – musoj, muŝoj kaj musoj, ŝarkoj, paseroj, helikoj kaj la homo – biologie funkcias laŭ la sama baza principo: vivi kaj heredigi la genojn. La monaĥo *Gregor Mendel* trovis en 1866 la heredajn regulojn kaj en 1953 *James Watson* kaj *Francis Crick* malkovris la duoblehelican strukturon de la DNA: du fadenoj formitaj de nukleotidoj konsistantaj el fosforata acido, desoksiriboza (suker-simila molekulo), kiuj formas la "dorsono", kaj unu el kvar nukleaj bazoj (adenino, guanino, citozino kaj timino), kiuj formas la ligojn per hidrogen-pontaj ligoj inter la du fadenoj. Kaj poste oni trovis la ribonuklean acidon (RNA), kiu entenas uracilon anstataŭ timinon.



Adenino (A)



Guanino (G)



Citozino (C)



Timino (T)



Uracilo (U)  
por RNA

**Bildo 1:** Strukturaj formuloj de nukleaj bazoj en DNA (A,G,C,T) kaj RNA (A,G,C,U). La N-glikozida ligo al (desoksi)riboza okazas en la formiĝo de suben montrantaj NH-grupoj.

La hereda meĥanismo funkcias ĉe ĉiuj genoj kaj specioj de nia planedo surbaze de DNA (desoksi-ribonukleataj acidoj), kies bazaj molekuloj troviĝas en 4 diversaj formoj: 2 purinaj acidoj A kaj G (adenino kaj guanino) kaj 2 pirimidinaj C kaj T (citozino kaj timino).

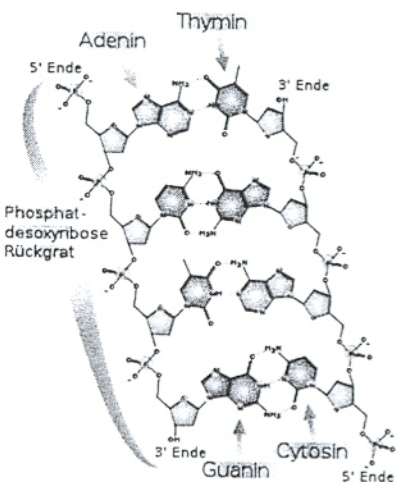
La du fadenoj tenas sin kvazaŭ zipe, tiel, ke ĉiu bazo de unu faden/er/o pariĝas kun la komplementa (A+T kaj G+C) de la dua fadeno, kaj estiĝas helico-forma duobla fadeno – la ĥromosomo. Tiel ekestas kvazaŭ eskalo kun flankoj el fosfato kaj sukero, kiuj estas transe ligitaj per la bazoparoj AT aŭ GC; krome ĝi estas distordita. Tiu longega, sed molekulskaŭle tordita eskalo konsistas el milionoj da eskaleroj kaj nomiĝas ĥromosomo.

La “lingvo de la genetiko” konsistas el tiuj 4 nukleotid-bazoj; ili estas la “literoj”, kiuj pariĝas. Ĉiu vorto konsistas el 3 paroj; el tio sekvas  $4^3=4*4*4=64$  diversaj vortoj, nomataj “kodonoj”. Ĉiu kodono enhavas specifan informon: ĉu por produkti unu el la 20 diversaj aminoacidoj, ĉu por utili kiel “gramatika informilo” por ebligi la ĝustan legadon de la genoj; ekz. AUG signalas la komencon de proteino, UAA aŭ UAG la finon de proteino. Ĉiu geno estas frazo el tiaj kodonoj. Kaj ĉeno de genoj nomiĝas ĥromosomo.

Simpla organismo, la gisto, havas 16 ĥromosomojn kun entute pli ol 6000 genoj. La genetika heredo de ĉiu specio aspektas kiel “biblioteko”, kaj ĉiu viro kaj ĉiu virino havas la samagrandan genetikan bibliotekon, sed ĉies biblioteko diferencigas iomete de la aliaj, krom ĉe unuovaj ĝemeloj; pluaj esceptoj estas homoj kun genetika mutacio, kiel ekz. “Trisomio 21”.

La specio homo karakteriziĝas per 46 ĥromosomoj, homsimio 48 – la genetika diferenco inter homo kaj homsimio estas do malpli ol 3%. Dum la homo havas 3 miliardojn da bazoparoj, la muŝo “drosofil” havas 160 milionojn, kiuj konsistigas 13 600 genojn. *Thomas Hunt Morgan* komence de la 20-a jc. uzis ĝin por studi la ge-

**Bildo 2:** La duobla heliko montras la du diversajn ligojn kun duoblaj kaj trioblaj hidrogenaj ligoj, kaj la skafaldon konsistantan el suklersimila ribozo kaj fosfato.



netikon, ĉar ĝi estas facile kultivebla kaj rapide reproduktiĝas. La drosofil havas nur 4 parojn da ĥromosomoj, el kiuj unu difinas la sekson – laŭ sia formo nomita X aŭ Y, same kiel ĉe la homo. Ĉe la reproduktiĝo, ekz. kiam ĉeloj plimultiĝas, la duobla-helica fadeno estas splitata kaj kopiata. Kiel funkcias la seksa reproduktado, tion studis *Christiane Nüsslein-Volhard* fine de la 20a jarcento, ankaŭ ĉe drosofil.

### Por kio utilas la genetika informo:

La organismoj uzas la informon, kiu kuŝas en la aranĝo de la kodonoj, por produkti la proteinojn kaj ankaŭ hormonojn ktp. Proteinoj ĝenerale konsistas el 20 diversaj aminoacidoj. Tio signifas, ke

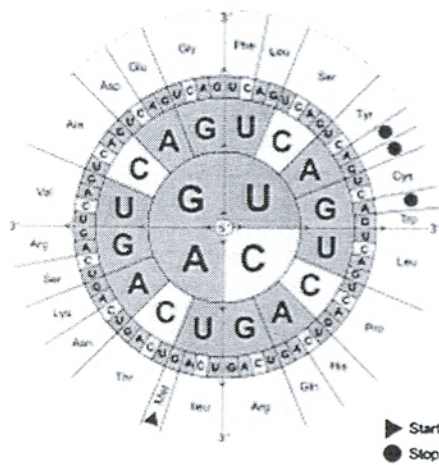
restas el la 64 diversaj kodonoj 44 por alia celo, ekz. kiel gramatikaj unuoj por ebligi la legadon. Proteino estas longa ĉeno de aminoacidoj, same kiel centperla dekorĉeno el 20 diversaj perloj. Tiu tre granda molekulo ricevas sian strukturon el la konsisto kaj sinsekvo de aminoacidoj: fadeneca, kugleca, faldita ktp, kaj tiuj strukturoj rilatas al la funkcio de la proteino – ĉu por muskoloj, haŭtoj, haroj, sensoj.

### Kiel produktiĝas proteinoj:

Inter la geno-frazoj troviĝas t.n. promotoroj\*, kiuj difinas la komencon de la legenda frazo por konstrui proteinojn. Tia promotoro estas aktivigata de hormono, kaj la kopiada procedo komenciĝas. La promotoroj estas specifaj por la specioj. Pro tio genetika informo ekz. de bakterio ne simple povas funkcii en besto. Do, la duobla helico estas splitata komence de tiu promotoro. La enzimo polimerazo legas la sinsekvon de la nukleotid-bazoj kaj produktas la kopion de tiu “frazo” – kiu estas nomita mesaĝila-RNA.

Tiu mRNA estas transportata el la ĉelkerno en unu el la ribosomoj, kiuj troviĝas ekstere de la

**Bildo 3** montras la alfabeton el la triopoj de nukleaj bazoj, kiel kreiĝas la aminoacidoj, kiujn oni vidas ĉe la ekstera rando de la cirklo.



kerno, ĉirkaŭata de la citoplasmo. Kaj tie laŭ ĉiu bazo-triopo (kodono) de la mRNA estas kopiataj la ĉeneroj de tRNA (transfer-RNA), kiu finfine funkcias kiel matrico por produkti la proteinojn.

### Viruso, la plej simpla organismo:

La esploristoj lernis de la virusoj kiel transiri la limon inter la specioj. La viruso estas la plej simpla organismo, kiu enfiltras en la ĉelon de bakterio aŭ de alia organismo. Tiam la atakita ĉelo reproduktas la DNA de la viruso. Kiam oni trovis bakteriojn, kiuj kapablas tranĉi la virusan DNA, oni eltrovis la “restriktan enzimon”\* por tranĉi la DNA, kaj per la enzimo “ligazo” oni povas “kombini” (tio signifas: molekule glui) la adician genetikan informon en tiun de la ĉelo.

### Plasmido, la gen-transportilo:

Por enkonduki aldonan informon en la plantan ĉelon oni uzas la t.n. "plasmidon", malkovritan en 1973 de *Cohen kaj Bayer*. Ĝi estas ringforma relative malgranda DNA-simila molekulo, trovebla en bakterioj, kiuj uzas ĝin por infekti plantojn. Ĝi enhavas adician informon (en unu aŭ malmultaj genoj) produkti proteinion por ekz. detruiri venenon aŭ metaboli novtipan nutraĵon. Ĝi estas pli facile manipulebla ol ĥromosomo, ĉar tiu ĉi ringo estas malfermebla per enzimo en nur unu loko, kaj tiel ebligas la konstruon de gen-transportilo (t.n. "vektoro"). Kutime oni uzas *ti*-plasmidon (nomata laŭ tiu, kiun oni unue trovis: kiu induktas tumoron al planto). Post fortranĉo de la kancerogena geno, oni povas aliroĉi la genetikon informon por ekz. produkti penicilinon. Intertempe oni bredas bakteriojn aŭ gistojn kun modifitaj plasmidoj en grandaj kultur-konteneroj por produkti enzimojn por fari bieron, fromaĝon aŭ eĉ insulinon. Laŭdire tiaj genetike modifitaj kulturoj (GM-kulturoj) ne estas danĝeraj, ĉar ili povas vivi nur sub tiaj specialaj kondiĉoj, kaj ne povas moviĝi aŭ vivi sendepende de tia "supo".

### Kiel bredi plantojn, kiuj estas pli grandaj aŭ kiuj havas pli bonajn aŭ novajn proprecojn:

La homaro bredis plantojn ekde miloj da jaroj. Bredado per selektado de dezirata eco – kvanto, kvalito aŭ stabileco en severaj klimatoj – estas multajara laboro. Kiam oni malkovris labori per plantoĉeloj (anstataŭ per kompletaj plantoj) montriĝis pli rapide rezultoj, ekz. oni kreis miksitajn planto-speciojn inter terpomo kaj tomato (kiuj ambaŭ apartenas al la sama familio de solanacoj), sed ili ne plu estas reprodukteblaj. Tiu metodo tamen nur funkcias ĉe duĝermfoliaj plantoj: do ne ĉe la grenoj, ĉe rizo, ĉe maizo. La enmeto de preparita *ti*-plasmido ne funkcias ĉe la unuĝermfoliaj plantoj.

### Kiel produkti GMO-plantojn\*:

Fine oni trovis teĥnikon uzi mikro-injektilon aŭ, kun pli bona rezulto, "gen-kanoneton", kiu uzas oro-partiklojn kiel transportilon. Sed ne ĉiu eksperimento donas la deziratan rezulton, ĉar oni ja ne vidas la molekulojn en la vivanta ĉelo. Do, oni devas fari multajn provojn kaj uzi plurajn trukojn, ekz. enmeti du diversajn genojn samatempe, de kiuj unu donas rapide videblan rezulton, ekz. lumi-

gon aŭ rezistecon kontraŭ herbicido, por vidi ĉu la enmetado funkcias.

### Kial produkti GMO-plantojn:

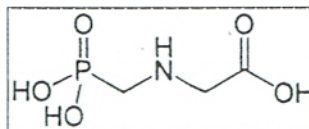
Depende de la planto oni deziras "plibonigi" aŭ denove "krei ecojn". Jen nekompleta listo, kiu donas la nomon de la produkto inter citiloj, kaj la firmaon inter krampoj:

- Terpomoj: pli alta procentaĵo de amelo "*Amflora*" (BASF).
- Fragoj: pli rezista kontraŭ frosto pro fiŝ-devena geno.
- Maizo: "*Mon 810*", rezista kontraŭ la herbicido "*glyphosat*" = *N-(Phosphonomethylglycin)* ("*Roundup*") (MONSANTO)
- Maizo kiu kombinas la herbicid-rezistecon kun produktado de toksino de *Bacillus thuringensis* (*Bt*-maizo).
- Kolzo: rezisteco kontraŭ glisofato (MONSANTO) – por pli facile neniigi la trud-herbojn.
- Kotono: kiu produktas la *Bt*-toksinon (*BOLLGARD*).
- Sojofabo: enhavanta omega-3-oleon, kiu devenas de fiŝ-geno.

### Ekologiaj, prisanaĵ kaj ekonomiaj riskoj pro GMO-plantoj: venenado - najbareca poleno-poluado - homa sano:

GMO-sojofaboj, enhavantaj genon el brazila nukso (de bertoletio) – por enmeti sulfur-havan aminoacidon, grave malsanigis homojn kiuj reagis alergie pro nuksoj. Komprenoble oni ĉesis uzi ĉi-tiun genon. (1996, firmao *PIONEER*, filio de la firmao *DU PONT*).

Glifosato (*Glyphosat*, t.e. *N-Phosphonomethylglycin*), evoluigita de *MONSANTO*, estas ampleks-mortiga herbicido. Tiu firmao evoluigis ankaŭ GMO-kolzonon (k.a.) kiu estas rezista kontraŭ glifosato – kaj vendas ambaŭ kune. Sed glifosato ankaŭ povas mortigi surgrundajn insektojn kaj reduktas la fekundecon de la grundo (laŭ Universitato *Buenos Aires*).



Bildo 4: La formulo de "glifosato", nomata "*Roundup*".

Ĝi ne estas rekte venena, sed en kombino kun *Tallowamin*\*, kiun oni kunmetas por pli facile enirigi la molekulon en la plantajn ĉelojn; sed tio funkcias ankaŭ ĉe animalaj ĉeloj. Tion oni esploris en la franca universitato de *Caen*, kaj trovis altan toksecon kontraŭ homaj ĉeloj el la umbiliko-ŝnuro. ("*taz*", 2009-07-07, p.8).

*Bt*-maizo\*, (*MON 810*) mem produktas la toksinon de *Bacillus*

*thuringensis* – uzatan kontraŭ la trud-papilio *Ostrinia nubilalis* de maizo. Se papilioraŭpoj manĝas multon de tiaj polenoj ili mortas. Pro tio la polenoj de *Bt*-maizo mem enhavas la toksinon: dum surkampaj esploroj ĉe la rando de naturprotektita zono oni mezuris la nombron de maizo-polenoj laŭ la distanco for de la maizo-kampo, kiujn la vento transportis je pli ol 500 m. La polenoj do povas fekundigi normalan maizon.

Tiu toksino estas tutatempe produktata de la planto. Tio signifas, ke ĝi daŭre filtriniĝas la grundon. Oni ankoraŭ ne plene studis la ne-intencitan veneniĝon de la tieaj vivantaĵoj. Kaj tia daŭra ĉeesto de toksino en la grundo kutime kaŭzas rezistecon. *Bacillus thuringiensis* kontraŭ trud-papilioj estas natura principo, kiun ankaŭ – rekte per tiaj bakterioj – utiligas la bio-agrikulturo. Do, rezisteco kontraŭ *Bt*-toksino estus ne nur grava interveno kontraŭ la bio-agrikulturo sed entute kontraŭ la naturo. Pro tio oni ne rajtas uzi *Bt*-maizon proksime de naturprotektataj regionoj, ĉar ĉiaj papiliaj raŭpoj, kiuj manĝas la polenojn de tiaj plantoj, mortos, se la kvanto estas tro granda (depende de la specio). La *Bt*-toksino ankaŭ troviĝas en la rikoltata maizo, pro tio la franca universitato de *Caen* esploris nutrante longdaŭre ratojn per tia *Bt*-maizo; kaj eltrovis, ke ilia sano – de renoj kaj hepato – kaj reproduktiveco reduktiĝis (i.a. laŭ "taz" 2010-02-09, p.9; 2009-04-01, p.9).

Suker-betoj (nomataj H7-1), de la germana firmao *Kleinwanzleben Saatgut* (KWS), toleras la herbicidon glifosato, jam permesatan en Usono, sed en Germanio nur por esploro. La herbicid-rezisteco kontraŭ glifosato donas – laŭ la firmao – la avantaĝon, ke oni bezonas malpli da herbicido kaj malpli da fuelo, ĉar per unufoja apliko ĉiuj trud-herboj estos neniigataj. Ili diras, ke ne estas risko de transdono de polenoj al neGMO-a beto, ĉar tiu planto floras nur en la sekva jaro. Tamen restas la risko, ke forgesita aŭ falinta planto povas flori kaj disdoni la fremdan genetikan informon. Kaj ĝenerale eblas, ke ankaŭ trudherboj iĝos rezistaj kontraŭ tiu (aŭ simila) herbicido. Por eviti tion, necesas ŝanĝi la kultivatatan planto-specion. Tio estas tradicie farata, sed ĝenas la agrikulturiston, ĉar per sukerbetoj ili ricevas altan rikolton (laŭ la germana Instituto de Bio-Agrikulturo en *Witzenhausen*, publikigita en "taz" 2010-04-10, p.6).

Kolzo: la firmao *MONSANTO* vendas kolzo-sembajn kune kun la

herbicido, varbante per la simpla teorio, ke GMO efikas por plifaciligi la laboron, uzi malpli da herbicidoj, kaj plialtigi la rikolton, ĉar la trudherboj estos neniigitaj. El GMO-kolzo postrestas semoj kaj la vento blovas la sekigitan pajlon, kiu ofte enhavas kelkajn semojn. Konata estas la kazo *MONSANTO*, kiu akuzis kaj postulis licenc-pagon de la agrikulturisto *Schmeisser*, ĉar sur liaj kampoj kreskis i.a. GMO-kolzo de tiaj semoj. Ĉar li ne semis ilin, li finfine post longa tempo gajnis la proceson. Kolzo apartenas al specio de brasiko, kaj interkruciĝo kun alia brasiko eblas.

Mielo, kiu enhavas GMO-polenojn, estas taksata rubaĵo. Mielo el Kanado aŭ aliaj landoj, kiuj permesas GMO-plantojn, kutime enhavas GMO-polenojn, kaj pro tio ne plu estas aĉetata de konsciaj konsumantoj.

Kotono: *BOLLGARD\** ankaŭ produktas *Bt*-toksinon. Sed la raŭpoj, kiuj nutras sin en la kotonkapsulo, iĝis rezistaj post 8 jaroj de aplikado de *Bt*. *MONSANTO* evoluigis GMO-kotonon *Bollgard 2*, kiu enhavas plian toksinon. Sed tio signifas, ke la biologie uzata *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) en tiu regiono ne plu funkcias. *MONSANTO* jam laboras nun pri B3. (laŭ "taz" 2010-03-23, p.9).

#### Politike:

Austrio kaj Hungario entute malpermesis uzi kaj kulturigi GMO-plantojn, dum Argentino, Pollando kaj Rumanio akceptas GMO. Germanio faris leĝon, ke la damaĝo de GMO-kulturoj devas esti pagata de la kulturistoj; oni rajtas kultivi GMO-plantojn – ĝis nun – nur por esplorado. Burkino, la tre malriĉa okcidentafrika lando, eĉ interkonsentis rekte kun la firmao *MONSANTO* akcepti subĉielajn test-kampojn por GMO-kotono. Pro la centra situo de la lando ĝi estas aparte grava, ĉar la fabrikoj, kiuj sen-semigas la kotonon, kunlaboras kun najbaraj landoj. Miksado inter GMO kaj neGMO-sembaj tial facile okazas – "Troja Ĉevalo" por pli vaste enbrudi GMO-sembajn. La prilaborado de kotono, vendo de semoj kaj herbicidoj – kontraŭ kredito – okazas en fermitaj firmaaj kompleksoj, kaj tiel igas la kamparanojn kvazaŭ sklavojn. Por la elita klaso, kiu profitas de tiu dependeco, tio ne gravas. La semoj, inkluzive de la poste pagenda licenco, estas pli multekostaj. Se pro sekco oni devas denove elsemi, tio signifas grandan perdon, kiu povas kaŭzi la bankroton de la familioj, simile kiel en Hindio, kie kamparanoj tial sin mortigis.

En Burkino kamparanoj fondis alternativan asocion por ne iĝi dependaj de la koton-industrio, svis-devena justa-komerca asocio *HELVETAS* subtenas produktadon per integrada metodo, kiu signifas pli da manlaboro, kaj pli daŭran fekundecon de la grundo pere de sterko aŭ komposto kaj pere de natura herbicido el la *Neem*-arbo, krome ili subtenas la justa-komercan vendon de biologia kotono. (laŭ tre detala artikolo de *Françoise Gerard*, “*Le Monde Diplomatique*“ 2/2009, p.14).

### Resume:

GMO-plantoj ne akordiĝas kun la bio-kvalito de nutraĵoj. Daŭra produktado de *Bt*-toksino veneniĝas aliajn vivantaĵojn kaj la grundon. Daŭra uzado de glisofato venenigas aliajn vivantaĵojn kaj la grundon. Pro la maleblo teni GMO-plantojn en certa loko ne eblas najbara "paca kunekzistado" inter tiaj du diversaj metodoj: bio-kamparanoj estas minacataj de GMO-kampoj. Spertaj agrikulturistoj scias, ke la grundo bezonas diversajn plantojn, kiel en bona herbejo; sur la agroj oni uzas sinsekvon de diversaj plantoj. Tiel oni ankaŭ evitas la tromultiĝon de trudherbaj specioj kaj de trudinsektoj.

### Literaturo, glosaro kaj dankesprimoj:

1. La grafikajoj estas kopiitaj el Vikipedio – danke al Kreaĵ Komunaĵoj
2. "taz", Berlina “*Tageszeitung*“, tutgermana kritikema gazeto, www.taz.de.
3. promotoro = difinas la komencon por konstrui proteinojn, aktivigata de hormono.
4. restriktita enzimo = tiu enzimo, kiu povas tranĉi genojn el la DNA.
5. GMO = genetike modifita planto aŭ specio, kiu enhavas artefaritajn enmetitajn genojn (vd. "natur+kosmos", germana revuo, www.natur.de, serĉu "GMO").
6. *Tallowamin* = graso-simila aldoniĝo, kiu ebligas la eniron de ĥemiaĵo en la ĉelon
7. *Bt* = *Bacillus thuringiensis*. *Bt*-maizo = kiu enhavas genon el la bakterio, per kiu ĝi produktas daŭre tiun toksinon, kiun produktas *Bacillus thuringiensis*.
8. *Bollgard* = registrita varmarko por GMO-kotono, kiu enhavas la genojn por produkti la *Bt*-toksinon kaj la rezistecon kontraŭ la herbicido *Roundup*/glifosato.

### Adreso de la aŭtoro

Dr. Manfred WESTERMAYER

Kandelstrasse 62

DE – 79194 Gundelfingen / GERMANIO

<m.westermayer@comlink.org>

### Priaŭtoro informo

La aŭtoro, profesia ĥemiisto, specialiĝis pri ĥromografio kaj spektroskopio kaj laboris en farmacia laboratorio evoluiga. Kunfondis 1979 la Verdan Partion kaj 1984 la Asocion de Verduloj Esperantistaj (AVE).

## La punktoj, kiuj determinas trilateron

Jan GÓROWSKI & Adam ŁOMNICKI

Kun ĉiu trilatero estas ligitaj la jenaj kvar punktoj:

- ĝia pezocentro (la komuna punkto de la medianoj de tiu trilatero),
- ĝia ortocentro (la komuna punkto de la rektoj inkluzivantaj la altojn de tiu trilatero),
- la centro de ĝia ĉirkaŭskribita cirklo (la komuna punkto de la mezortantoj de tiu trilatero),
- la centro de ĝia enskribita cirklo (la komuna punkto de la dusekcantoj de tiu trilatero).

Kompreneble kun ĉiu trilatero estas ligitaj ankaŭ:

la tri mezoj de ĝiaj lateroj, la tri piedoj de ĝiaj altoj, la tri punktoj komunaj de ĝia enskribita cirklo kaj ĝiaj lateroj, la tri punktoj komunaj de ĝiaj dusekcantoj kaj ĝiaj lateroj.

Konata estas la “Eŭlera cirklo“ (*Leonardo Euler*, 1707-1783), nomata ankaŭ “*Feuerbach*-cirklo“ (*Karl Feuerbach*, 1800-1834), trairanta naŭ punktojn de la triangulo: la mezojn de ĝiaj lateroj, la piedojn de ĝiaj altoj kaj la mezojn de la strekoj ligantaj ĝiajn verticojn al ĝia ortocentro. Alia mirinda teoremo priskribas la eŭleran rektan, al tiu rekto apartenas la jenaj kvar punktoj de la neegallatera triangulo: ĝia ortocentro, ĝia pezocentro, la centro de ĝia ĉirkaŭskribita cirklo kaj la centro de la eŭlera cirklo de tiu triangulo. Oni pruvis ankaŭ, ke  $|TO| = 3 \cdot |PO|$ , kie  $T$  estas la ortocentro,  $P$  estas la pezocentro, kaj  $O$  estas la centro de la ĉirkaŭskribita cirklo de la triangulo.

Interesa estas tre vasta problemo: **kiuj punktoj de la trilatero** (el la aro de supre menciitaj) **determinas tiun trilateron**? Oni povas tiun problemon esprimi ankaŭ jene: **kiuj punktoj ligitaj kun trilatero permesas konstrui tiun trilateron** (“ricevi” ĝin, kiel solvon de la fizika konstruado per desegnistaj cirkelo kaj rektilo)?

En ĉi tiu artikolo ni starigos kaj solvos 9 tiajn problemojn, konvenajn – laŭ ni – por mezlernejoj.