

Природне науке • *Natural sciences* • *Естественные науки*

Генетски код: енигма која траје

У престижном међународном часопису за теоријску биологију недавно је објављен веома опширан рад (са око 20 илустрација) др Милоја М. Ракочевића, професора хемије на Нишком универзитету, о потпуно новом разумевању генетског кода. У научном чланку *Хармонична структура генетског кода* (*A harmonic structure of the genetic code*, *Journal of Theoretical Biology*, vol. 229, pp. 221–234, 2004) аутор износи хипотезу о комплетном генетском коду (КГК) и коментарише постојеће хипотезе и теорије на ову тему. Наиме служећи се релевантним научним чињеницама аутор тврди да је стандардни генетски код јединствен и универзалан за биолошки начин постојања живота, односно услов за настанак и његову еволуцију. Као такав, КГК мора бити заснован на неколико основних принципа, од којих аутор посебно истиче:

1. принцип фракталности (системске самосродне и самосличне организације),
2. принцип „компромиса“ (оптимизације масе, енергије и информације),
3. принцип кохеренције са једноставним аритметичким структурама и правилностима (избор по критеријумима естетског),

4. принцип јединства „стварног и могућег“ (избора јединственог решења),
5. принцип „све или ништа“ (избор кодогености),
6. принцип интегралног дејства све четири природне силе: електромагнетне, гравитационе, слабе и јаке (синергијско садејство).

Професор Ракочевић сматра да нема смисла говорити о биотичкој (биолошкој) еволуцији генетског кода, већ само о пребиотичкој. Отуда и његова хипотеза да је генетски код био комплетан већ на почетку, у самом чину настанка живота. Он показује да су многе *ајрејације молекула* могле бити *кандидати* за настанак генетског кода, али да је само једна могла да стекне својство *саморепродукције*, и то она која је у интеракцији са спољним факторима себе „искомплетирала“ до *комплетног* генетског кода какав је и данас. Кроз покушај, погрешку и *успех* она је постала *свеајрејација*, док су преостале, самим чином настанка прве (и једине!) „матике“, морале постати *ништина-ајрејације* (кроз покушај, погрешку и *неуспех*!). Отуда и посебност једног од шест принципа које професор Ракочевић наводи као важеће за КГК – „принцип све или ништа“. Поред овог принципа истиче се



A harmonic structure of the genetic code

Miloje M. Rakočević

Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Niš, Ćirila i Metodija 2, Serbia & Montenegro, Yugoslavia

Received 7 October 2003; received in revised form 19 March 2004; accepted 26 March 2004

486

Abstract

In this paper is presented a new, very harmonic structure of the genetic code (GC) within a system of “4 × 5” (and/or of “5 × 4”) of amino acids (AAs) in two variants. In first variant, the five rows within the system start with one polar charged amino acid (AA) each, making first column, consisting from five polar charged AAs (D, R, K, H, E). Five polar non-charged AAs (N, P, Y, W, Q) follow, then five non-polar AAs as last column (A, L, F, V, I) and, finally, five polar or non-polar AAs, in a combination, as first to last column (A as non-polar; S, T as polar, and G, P as ambivalent AAs). A second variant is subsequent to this one—“4 × 5” system with five nitrogen AAs (K, R, P, H, W), five oxygen (D, E, Y, S, T), five solely carbon (A, L, F, V, I) and five “combined” AAs (G with hydrogen as side chain; C and M with carbon and sulfur; N and Q with carbon, oxygen and nitrogen). A strict balance of atom and nucleon number as well as molecule mass follows the classification in both system variants.

© 2004 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Genetic code; Siemion–Siemion’s rule; Davidov’s rule; Damjanović’s spiral model; Atom-number; Nucleon number; System theory

и значај „принципа компромиса“, који се првенствено односи на оптимизацију у кохеренцији (усклађивању и усаглашавању) делова у оквиру целине генетско-кодних система. На пример, у два подскупа ак остварена је кохеренција са аспекта хемије (свака ак у првом подсупу разликује се тачно за једну CH₂ групу од сваке аминокиселине у другом подсупу), док у следећа два није, али јесте са аспекта физике – пуна равнотежа у броју честица протона и неутрона у аминокиселинским молекулима. Природа је, дакле, направила „компромис“ са аспекта хемије на уштрб физике и обратно; а онда учинила нови компромис – кохеренцију (усаглашеност) са једноставним аритметичким структурама на уштрб и хемије и физике. Прагматичност природе аутор је исказао кроз „принцип јединства реалног и могућег“, у смислу да је природа у генет-

ском коду направила такве равнотеже и симетрије као да сваки изотоп понаособ учествује „у игри“ без изузетка, иако реално неки изотопи учествују са мање од једног процента.

Будући истраживачи не само генетског кода него и истраживачи *јенетској* уопште, као и истраживачи постанка живота, не могу заобићи овај рад. Међутим, будући истраживачи морају бити опрезни, јер у вези са *укујношћу јенетској кода* аутор је прибегао једној „лукавости“, која је била могућа захваљујући двосмислености енглеског језика. Наиме, кад се каже „A harmonic structure of the genetic code“ – како гласи наслов рада – то се може протумачити двојачко: као „Хармонијска структура генетског кода“ (дакле, генетског кода уопште), и као „Једна хармонијска структура генетског кода“ (једна специфична структура генетског кода).

Рад је заиста започет презентацијом једне потпуно нове и заиста хармоничне структуре, и чак две трећине чланка се односе на њу, на систем 4×5 и/или 5×4 аминокиселина (АК). Међутим, аутор у даљем поступку показује да из тог изворног система следи нови систем, такође од 4×5 и/или 5×4 АК, али сада уређен на нов начин. То је преломни момент, јер тек тада наступа промишљање хармоничности генетског кода генерално, као специфичном новооткривеном структуром једног и/или другог система 4×5 АК.

Разумевање степена оригиналности у односу на постојеће стање у науци најбоље се огледа кроз ауторове коментаре текућих хипотеза и/или теорија о постанку и еволуцији генетског кода које је дао у дискусији. Најпознатије и најстарије две хипотезе су *Fransisa Cricka*, родоначелника (заједно са *Watsonom*) свих кључних идеја о структури генетског кода и суштини *џенетској*, које је изнео у свом чувеном и веома опширном чланку о генетском коду из 1968. године. Крик је резонувао: или је ГК резултат физичко-хемијских међуутицаја (*The stereochemical theory*), или је резултат случајног избора, производ „чисте шансе“, „замрзнут“ након укључивања и 20. молекула (*The frozen accident theory*).

Међутим, после објављивања овога рада професора Ракочевића погледајмо како данас стоје постојеће теорије о генетском коду. Условно може се рећи да су обе Крикове теорије тачне. Генетски код је заиста резултат физичко-хемијских (атомских и молекулских) међуутицаја, али само условно, уз важење *џринципиа комџромиса*, на начин како је описано у раду професора Ракочевића. С друге стране, генетски код заиста мора бити и „замрзнут“, али не у *џоку* (биолошке) еволуције, већ на *самом џочетџку*, у чину настанка

генетског кода као саморепродуктивне молекулске агрегације (*свеџреџације*), која је самом собом била услов и могућност за настанак живота. Иако се могло десити да се таква агрегација никада не „комплетира“, а комплетирање може бити резултат само „чисте шансе“, то се и ова Крикова идеја појављује као научно веродостојна, али у потпуно новом светлу.

Условно је такође тачна и трећа теорија коеволуције, коју је поставио Кинез (натурализовани Американац) *J. Tze-fei Wong* 1975. године. Суштина његове хипотезе (која у најновије време има све више присталица) јесте у томе да су нуклеинске киселине (из којих се генерише прва азбука генетског кода: Урацил, Цитозин, Аденин, Гуанин) коеволуирале (заједно еволуирале) са протеинима, тачније са једноставним „протеинима“ – пептидима, из којих се генерише друга азбука генетског кода, 20 канонских АК, и да је та коеволуција била посредована биосинтетским путевима аминокиселинских молекулских прекурсора. Резултати које је професор Ракочевић предочио у овом раду апсолутно иду у прилог теорији коеволуције, али не може бити посредована само реченим биосинтетским путевима, већ може бити коеволуција посредована са свих шест наведених принципа КГК. Дакле, реч може бити само о коеволуцији која се остварује кроз мултифакторске утицаје, тј. кроз *коинфлуенцију*.

Када је реч о четвртој теорији, „претходеће егзистенције рНА света“, коју је изнео *Gilbert* 1986. године, читаво наше знање о генетском коду се релативизује, јер није спорно да је могло бити тако, али да је могло бити и другачије, тј. да су претходиле *протеинске* уместо *нуклеинских* агрегација. Резултати професора Ракочевића допуштају и једну и другу могућност, при чему аутор назначавача да је Крик

487

Систа 2004

„мало више у праву“, јер је бар био свестан да ми то никада не можемо сазнати. Овим аутор на нов начин актуелизује стару заго-нетку о томе шта је старије – кокош или јаје (или су можда једнако стари?). Зато ћемо из новог угла размотрити сценарио који је предочио проф. Ракочевић у овом раду. Он сматра да се може претпоста-вити да су се у време настанка редукујуће атмосфере на Земљи (CH₄, NH₃, H₂O) ре-ализовале многе „нуклеотиде/амино ацидс агрегације“ сличне агрегацијама Милеро-вог типа (Miller, 1953; Miller & Orgel, 1973), или не много различитим агрегацијама Мурхесон-метеорит типа (Anders et al., 1981; Tingle et al., 1991). Свака од тих струк-тура могла је имати своју „еволуцију“, али је само једна могла бити селектована – она која је задобила својство саморепродук-ције (чиме је постала *све*); док остале, несе-лектоване, нису могле више имати ника-кве шансе (и тиме су, са аспекта настанка кода, па тиме и живота, постале *ништина*). Саморепродукција је заправо могла зна-чити само то да је конституисан генет-ски код и да је он тај и такав код који ту репродукцију омогућава. Уколико генет-ског кода, таквог какав је *генерисан* (а не „дегенерисан“!), потом не би било или уко-лико би се променио, па био другачији, он би изгубио својство за репродукцију већ насталог живота. Зато равнотежа и кохеренција у броју честица (броја атома, нуклеона, изотопа итд), према хипотези аутора овог рада, поред других ефеката, морају представљати и израз утицаја гравитације и нуклеарних сила у чину настанка генетског кода. С друге стране, сâм избор искључиво левогирих а к можда

заиста означава и утицај уједињене елек-трослабе силе, како је сматрао физичар нобеловац Абдус Салам. Једном речју, има смисла претпоставка да у настанку генет-ског кода нису деловале само електромаг-нетне силе (како се данас у науци пре-ћутно подразумева), него и преостала три типа природних сила (интеракција). Овим аутор отвара нову могућност синер-гијског садејства ове четри силе у биоло-шким системима и, насупрот унифика-цији ове четри силе у физици, указује да је потребна нова физика да би се схватио генетски код. Истраживања и резултати професора Ракочевића указују колико је Ајнштајн био у праву када је рекао: *One can best appreciate, from a study of living things, how primitive physics still is* (Проуча-вањем живих бића најбоље се може про-ценити колико је физика још увек прими-тивна).

Професор Ракочевић је овим радом дао значајан научни допринос осветља-вању дилема око настанка генетског кода, предочио нам његову хармоничну струк-туру и отворио могућност новог дијалога међу научницима разних профила, а у првом реду међу хемичарима и физича-рима. Исти такав значај овај рад има и за дијалог и сарадњу молекуларних биолога и инжењера из области информационих молекуларних нанотехнологија. Улажући и дајући себе без остатка у истраживач-ком подухвату у области генетског кода, професор Ракочевић је оставио неизбри-сив траг у светској науци о генетском коду, као енигми која траје.

Ђуро Коруџа (Београд)