

Lucrările Seminarului de  
CREATIVITATE MATEMATICĂ  
Vol. 9 (1999-2000), 169 - 178

**EXPERIMENT ȘI SPIRIT MATEMATIC ÎN CERCETĂRILE  
LUI  
GREGOR MENDEL**

**Grigorie ȘTEFĂNESCU**

**Considerații introductive**

Alfred Whitehead, cunoscutul matematician și filosof american antebelic, surprinzând spiritul anistoric al comunității științifice nota că: "O știință care ezită să-și uite fondatorii este pierdută". Referindu-se la această afirmație sentențioasă Thomas Kuhn, în celebra sa carte "Structura revoluțiilor științifice" (1976), consideră că "științele, asemenea altor întreprinderi profesionale au nevoie de eroii lor și le păstrează numele", observând totodată că "în loc de a-și uita eroii, oamenii de știință au fost în stare să le uite operele sau să le revizuiască".

Gregor Mendel, cel care prin lucrarea "Experiențe asupra hibridilor la plante" (1866) a pus bazele geneticii este cu siguranță eroul acestei științe căruia, din păcate, i se potrivește remarca malițioasă a lui Thomas Kuhn. Într-adevăr, manualele mai vechi sau mai recente de genetică, elaborate de autori români sau străini nu omit să prezinte la capitolul dedicat geneticii clasice omagiul cuvenit lui Mendel - fondatorul, dar demonstrează că nu i-au citit lucrarea, prezentând rezultatele sale experimentale și importanța lor în mod deformat și incorect.

În lucrări anterioare (Ștefănescu, 1992 a, 1992 b) am urmărit restabilirea adevărului în legătură cu prezentarea corectă și completă a legilor mendeliene ale eredității. În articolul de față încercăm să analizăm contribuția lui Mendel la fondarea geneticii în adevărata sa lumină, locul central al demersului fiind relevarea capacității geniale a acestui cercetător de a iniția în știința eredității cuplarea metodologică a experimentului genetic cu gândirea matematică.

Gregor Mendel ocupă în istoria științelor biologice un loc de prim rang între cercetătorii experimentatori care s-au condus după cunoscutul aforism lansat de faimosul Roger Bacon: "sine experientia nihil sufficienter sciri potest".

Totodată, în domeniul biologiei Gregor Mendel este exponentul modern al științei de tip galileo-newtonian, așa cum este prezentată aceasta de eminentul filosof Lucian Blaga în lucrarea sa "Experimentul și spiritul matematic", încorporată în "Trilogia cunoașterii" (1983). După Blaga, aspectul cel mai semnificativ al cercetărilor din știința de tip galileo-newtonian este "constituirea unei serii întregi de cupluri metodologice, de cupluri în care de fiecare dată matematica figurează ca unul dintre cei doi factori constitutivi". Mai aproape de subiectul articolului nostru este următoarea remarcă blagiană: "Punctul de plecare al diverselor demersuri proprii științei de tip galileo-newtonian nu este, ca la Aristotel, simpla observație empirică, ci experimentul în cuplul metodologic cu matematica. Iar tendința acestei științe se îndreaptă hotărât spre formularea de "legi" de expresie matematizată".

Prin natura lor, fenomenele biologice sunt caracterizate printr-o fundamentală variabilitate individuală. De aceea ele sunt guvernate în special de legi statistice. În evocarea acestor legi, Blaga avansează următoarele afirmații: "Calculul probabilităților pune la dispoziția științei de tip galileo-newtonian mijlocul cel mai firesc și mai suplu pentru a asimila "regularitățile empirice". Formulările care exprimă "regularitățile empirice" arată nu ceea ce trebuie să se întâmple totdeauna și cu necesitate, ci ceea ce în condiții multiple și necontrolabile se întâmplă în majoritatea cazurilor. Atari formulări pot dobândi și ele, dacă sunt exprimate matematic, înfățișarea unor "legi", dar a unor legi statistice".

## **Metoda experimentală și gândirea matematică în cercetările lui Gregor Mendel**

Preocupat de problematica hibridării plantelor și studiind lucrările predecesorilor din acest domeniu, Gregor Mendel a sesizat faptul că neîmplinirile acestora se datorau lipsei unei metode experimentale adecvate. Referitor la acest aspect, el se exprimă în introducerea din celebra sa lucrare astfel:

“Dacă până în prezent nu s-a reușit să se stabilească o lege generală privind formarea și dezvoltarea hibridilor aceasta nu poate să mire pe acela care cunoaște amploarea problemei și știe să aprecieze dificultățile care trebuie învinse în acest gen de experiențe ... Cine urmărește lucrările din acest domeniu se convinge că dintre numeroasele experiențe nici una nu a fost efectuată într-o asemenea amploare și în așa fel, încât să fie posibile determinarea numărului de forme diferite, prin care se manifestă descendența hibridilor, separarea cu exactitate a acestor forme în diferitele generații și stabilirea raporturilor numerice dintre ele. Termenii din acest citat, precum amploare, cu sensul de mulțime a indivizilor cercetați, numărul de forme, separarea cu exactitate a acestor forme, stabilirea raporturilor numerice dintre ele demonstrează în mod vădit că abordarea experimentală a lui Mendel pornea de la un proiect meticol și riguros în care gândirea matematică era peste tot prezentă. De altfel, deoarece metoda hibridărilor experimentale întreprinse de Mendel a fost aplicată pentru prima dată în mod metodic și s-a bazat în prelucrarea rezultatelor pe utilizarea analizei statistice, el este considerat inițiatorul acestei metode, numită ulterior analiză genetică.

În cercetările sale Gregor Mendel a utilizat în calitate de material experimental plante din specia *Pisum sativum* (mazărea). Rezultatele obținute și interpretarea lor s-au soldat cu enunțarea a trei legi, cunoscute ca legi ale lui Mendel sau legi fundamentale ale geneticii hibridologice.

Pentru scopul propus al articolului de față, de a dezvălui anumite inadvertențe în legătură cu prezentarea în literatura didactică de specialitate a legilor lui Mendel, în particular a legii a II-a, numită și legea segregării și combinării independente a perechilor de caractere, suntem obligați să apelăm la unele precizări prealabile.

O serie de experiențe de hibridare mendeliene, numite monohibridări, care au condus la enunțarea legii I-a a lui Mendel, au urmărit modul de transmitere la urmași a unei perechi de caractere diferențiabile, cum ar fi bobul cu aspect neted sau zbârcit, bobul de culoare galbenă sau verde etc. Hibrizi din prima generație exteriorizau în mod uniform doar unul din caracterele pereche (bob neted, bob galben), numit pentru aceasta caracter dominant. În a doua generație însă se manifesta segregarea caracterelor, adică apăreau atât caracterul dominant, cât și caracterul său pereche, recesiv (latent) într-un raport aproximativ de **3:1**. Prin cercetări efectuate asupra generației a III-a, Mendel a stabilit că, de fapt, raportul 3 dominant:1 recesiv poate fi defalcat în raportul 1 dominant pur:2 dominant hibrid:1 recesiv pur sau mai simplu:

$$1 : 2 : 1.$$

Potrivit interpretării date de Mendel, dacă se notează cu "A" plantele cu caracter dominant pur, cu "a" plantele cu caracter recesiv pur și cu "Aa" plantele cu caracter dominant hibrid, atunci expresia:

$$A + 2Aa + a$$

reprezintă **șirul de dezvoltare** (Entwincklungsreihe) sau raportul de segregare a formelor din generația a doua a unei monohibridări. Dacă un astfel de șir de dezvoltare era valabil pentru perechea de caractere bob neted sau zbârcit, un șir de dezvoltare asemănător (**B + 2Bb + b**) se obține pentru altă pereche de caractere, și anume, pentru bob galben sau verde.

O experiență mendeliană care a condus la enunțarea legii a II-a sau legea segregării și combinării independente a perechilor de caractere a urmărit modul de transmitere la hibrizi a două perechi de caractere, mai precis a caracterelor dominante **A** (bob neted) și **B** (bob galben), de la un părinte, și a caracterelor recesive **a** (bob zbârcit) și **b** (bob verde), de la celălalt părinte.

Așa cum era de așteptat pe baza experiențelor de monohibridare anterioare, toate plantele (boabele) din prima generație a acestei dihibridări au manifestat cele două caractere dominante (**A** și

**B).** În a doua generație, cele 556 de plante (boabe) obținute și studiate erau de 4 forme diferite, și anume:

- **315** boabe netede și galbene (**A, B**),
- **108** boabe netede și verzi (**A, b**);
- **101** boabe zbârcite și galbene (**a, B**);
- **32** boabe zbârcite și verzi (**a, b**).

Toate manualele de genetică subliniază un fapt inexistent în lucrarea lui Mendel, și anume, că el ar fi determinat cu promptitudine raportul de **9 : 3 : 3 : 1** dintre aceste forme. Deși era simplu de ajuns la această proporție, Mendel nu a întreprins așa ceva deoarece, așa cum a procedat și în cazul monohibridărilor el a căutat să cunoască natura ereditară a indivizilor din a doua generație, cu alte cuvinte să descopere ce se ascunde în spatele însușirilor exteriorizate de acești indivizi, în sensul naturii lor pure sau hibride pentru respectivele însușiri.

Pe linia mistificării menționate, manualele de genetică ale unor reputați autori străini, de pildă Hartl și colaboratorii (1988) sau autohtoni, de exemplu Raicu (1991) mai susțin că Mendel ar fi utilizat în interpretarea sa, privind raportul de mai sus, calculul probabilităților de maniera următoare:

Cunoscând faptul că în generația a doua a monohibridărilor indivizii cu caractere dominante (A sau B) reprezintă  $\frac{3}{4}$ , iar indivizii cu caracterele recesive (a sau b) reprezintă  $\frac{1}{4}$ , asocierile întâmplătoare ale caracterelor în generația a doua, datorate segregării și combinării independente a celor două perechi de caractere, ar avea o probabilitate egală cu produsul probabilităților lor separate astfel:

- $\frac{9}{16} (A, B) = \frac{3}{4} (A) \times \frac{3}{4} (B)$ ;
- $\frac{3}{16} (A, b) = \frac{3}{4} (A) \times \frac{1}{4} (b)$ ;
- $\frac{3}{16} (a, B) = \frac{1}{4} (a) \times \frac{3}{4} (B)$ ;
- $\frac{1}{16} (a, b) = \frac{1}{4} (a) \times \frac{1}{4} (b)$ .

Împingând mistificarea la extrem, unii autori (Raicu și Bratosin, 1966; Stănescu, 1977; Gavrilă și Dăbală, 1981) pretind că Mendel ar fi aplicat pentru demonstrarea acestei interpretări testul chi - patrat din biometrie care, după G.W. Snedecor (1968), a fost introdus de K. Pearson în 1899, așadar la 15 ani după moartea lui Gregor Mendel.

În realitate, Gregor Mendel a procedat în cu totul alt mod. El a urmărit descendența celor 556 de plante din generația a doua și pe baza analizei formelor din această descendență a dedus natura ereditară pură sau hibridă a plantelor din a doua generație. Astfel, Mendel a constatat că cele 556 de plante din a doua generație care, așa cum s-a menționat anterior, se manifestau prin cele 4 forme distincte, erau prin capacitățile lor ereditare de nouă categorii, care puteau fi separate, conform tabelului 1, în următoarele 3 grupe diferite:

1. - forme pure pentru două caractere (AB, Ab, aB, ab) prezente, în medie, de 33 de ori;
2. - forme pure pentru un caracter și hibride pentru celălalt (ABb, aBb, AaB, Aab), prezente, în medie, de 65 de ori;
3. - forme hibride pentru ambele caractere (AaBb) prezente în medie de 138 de ori.

Tabelul 1

Plante din generația a doua (556 boabe)		Categorii de plante din generația a doua, deduse din analiza formelor apărute în generația a treia			
<i>numărul</i>	<i>forma</i>	<i>pure</i>	<i>semihibride</i>	<i>semihibride</i>	<i>hibride</i>
<b>315</b> <b>(301)</b>	netede și galbene	<b>38 AB</b>	<b>65 ABb</b>	<b>60 AaB</b>	<b>138 AaBb</b>
<b>108</b> <b>(102)</b>	netede și verzi	<b>35 Ab</b>	<b>67 Aab</b>	-	-
<b>101</b> <b>(96)</b>	zbârcite și galbene	<b>28 aB</b>	<b>68 aBb</b>	-	-
<b>32</b> <b>(30)</b>	zbârcite și verzi	<b>30 ab</b>	-	-	-

**Notă:** În paranteză este dat numărul boabelor răsărite la însămânțare din numărul inițial al fiecărei forme.

Luând în considerare aceste rezultate, raționamentul matematic a lui Gregor Mendel a fost următorul: dacă se compară numărul mediu în care apar formele din cele trei grupe distincte (33, 66, 132), intuim că raportul dintre aceste grupe este, de fapt, **1 : 2 : 4**, așa cum ar fi între numerele **33, 66, 132**.

În felul acesta, conchide Mendel, formele din a doua generație a dihibridării analizate pot fi obținute rațional după următoarea expresie:

$$\mathbf{AB + Ab + aB + ab + 2ABb + 2aBb + 2AaB + 2Aab + 4 AaBb.}$$

În continuare, gândirea matematică a lui Mendel și-a spus din nou cuvântul. El intuiește că această expresie reprezintă o serie combinativă în care sunt asociate, prin termenii lor, cele două șiruri de dezvoltare ale formelor din generația a doua, corespunzătoare monohibridărilor pentru perechea de caractere A și a, respectiv pentru perechea B și b. Cu alte cuvinte, seria combinativă a formelor din a doua generație a dihibridării studiate rezultă din combinarea celor două șiruri de dezvoltare, pentru cele două perechi de caractere diferențiabile:

$$\mathbf{A + 2Aa + a}$$

$$\mathbf{B + 2Bb + b.}$$

Prin generalizarea datelor obținute, Gregor Mendel a enunțat în lucrarea sa cea de a II-a lege a eredității hibridilor în felul următor:

*“Die Nachkommen der Hybriden, in welchen mehrere wesentlich verschiedene Merkmale vereinigt sind, stellen die Glieder einer Kombinationsreihe vor, in welchen die Entwicklungsreihen für je 2 differierende Merkmale verbunden sind. Damit ist zugleich erwiesen, daß das Verhalten je zweier differierender Merkmale in hybrider Verbindung unabhängig ist von den anderweitigen Unterschieden an den beiden Stammpflanzen”.*

Adică:

*“Descendenții hibrizilor în care sunt asociate mai multe caractere esențiale diferențiabile sunt membrii unei serii combinate, în care sunt unite șirurile de dezvoltare pentru câte două caractere diferențiabile. Se dovedește prin aceasta că fiecare pereche de caractere diferențiabile din asocierea hibridă are o conduită independentă față de celelalte diferențieri din ambele plante genitoare”.*

Acesta este enunțul adevărat pentru **legea segregării și combinării independente a perechilor de caractere diferențiabile sau legea a II-a a lui Mendel.**

Cu o singură excepție notabilă (Diaconu, 1974), toate manualele de genetică autohtone și străine consultate dovedesc lipsă de informare de la sursă și lipsă de respect față de opera lui Mendel, omițând enunțul original al legii a II-a a eredității hibrizilor pe care, de regulă îl substituie cu o serie de enunțuri “sui generis”, prin care eludează semnificația reală a demersului științific mendelian, unde s-a îmbinat în modul cel mai armonios cu puțință metoda experimentală riguroasă cu interpretarea matematică solidă și exactă.

## Concluzii

1. Considerăm ca absolut necesară schimbarea opticii autorilor de manuale de genetică, de orice nivel, în legătură cu contribuția lui Gregor Mendel la fondarea acestei științe.

2. În speță, menționăm că enunțul legii a II-a a lui Mendel și calea rațională, matematică prin care fondatorul geneticii a ajuns la acest enunț au o valoare teoretică și practică net superioară față de formulările “sui generis” ale autorilor de manuale care, neinformându-se de la sursă, riscă să apară incorecți față de adevărul științific și față de prioritatea lui Mendel în descoperirea legilor eredității.



### Bibliografie

1. **Blaga, L.**, Experimentul și spiritul matematic, în "Trilogia cunoașterii", Edit. Minerva, București, 1983.
2. **Diaconu, P.**, De la factorii ereditari la codul genetic, Edit. Ceres, București, 1974.
3. **Gavrilă, L., Dăbală, I.**, Descifrând tainele eredității, vol. I și II, Edit. Dacia, Cluj-Napoca, 1981.
4. **Hartl, D. L., Freifelder, D., Snyder, L.A.**, Basic Genetics, Jones and Bartlett Publ. Inc., Boston, Portola Valley, 1988.
5. **Mendel, Gr.**, Versuche über Pflanzenhybriden, "Verhandlungen des naturforschenden den Vereines in Brünn", 4, 3-47, 1866.
6. **Raicu, P.**, Genetica, E.D.P., București, 1991.
7. **Raicu, P., Bratosin Susana**, Genetica în actualitate, Edit. Științifică, București, 1966.
8. **Snedecor, G.W.**, Metode statistice aplicate în cercetările de agricultură și biologie, E.D.P., București, 1968.
9. **Stănescu, W.**, Genetica și ameliorarea speciilor forestiere, E.D.P., București, 1977.
10. **Ștefănescu, Gr.**, Imperativele prezentării corecte și complete a contribuției lui Gregor Mendel la dezvoltarea geneticii, în "Congresul Național de Biologie - Rezumatele lucrărilor", Iași, 16-20 sept., p. 323, 1992a.
11. **Ștefănescu, Gr.**, Imperativele prezentării corecte și complete a contribuției lui Gregor Mendel la dezvoltarea

geneticii, "Bul. ũt. Univ. Baia Mare, Seria B, vol. IX,  
Fasc. Fizic-Chimie-Biologie, 191-198, 1992b.

## EXPERIMENT AND MATHEMATICAL SPIRIT IN GREGOR MENDEL'S RESEARCH

**Abstract.** University courses and textbooks in genetics, new or old, published in Romania or abroad, do not fail to mention in the chapter dealing with classic genetics, the name of Gregor Mendel, founder of genetics. However, most of them prove lack of knowledge concerning his work "Versuche ber Pflanzenhybriden" (1866). They interpret Mendel's experimental research in a personal and rather in incorrect way.

The present article analyses Mendel's contribution to the founding of genetics. It shows the true genius of Mendel to couple mathematical thinking with the methodology of genetic experiments. More precisely, the analysis shows how courses and textbooks fail to present the original statement of Mendel regarding the law of independent segregation (the second law of hybrid heredity). This statement is generally substituted with a series of personal interpretations which elude the true significance of Mendel's scientific approach, the perfect combination between rigorous experimental methodology and solid mathematical interpretation. The article underlines the fact that the second law of hybrid heredity, as stated by Mendel and the rational, mathematical way in which the founder of genetics has reached his conclusions have both theoretical and pragmatical values which are far superior to the "sui generis" interpretations belonging to the authors of courses and textbooks. They risk to be incorrect to Mendel's priority in discovering the laws of heredity and to the scientific truth.

Primit: 20.11.2000

Universitatea de Nord Baia Mare  
Facultatea de Őtiine  
Catedra de Biologie  
Victoriei 76, 4800 Baia Mare  
ROMANIA