

ЧЕНЬ І. Б., **ГУМЕНЮК Г. Б.**

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,

Україна, 46027, м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2, ORCID: 0000-0001-8208-2000, 0000-0002-7423-99682

✉ *iryuchen35@gmail.com, (097)416-16-48*

Г. Й. МЕНДЕЛЬ : ЖИТТЯ І НАУКОВА ДІЯЛЬНІСТЬ (до 200-річчя від дня народження)

У статті розглянуто основні етапи життя і діяльності основоположника сучасної генетики, всесвітньо відомого австрійського вченого біолога та монаха Грегора Менделя, який розробив наукові принципи опису і дослідження гібридів та їх потомства, увів поняття альтернативних ознак – домінантних та рецесивних, вперше застосував алгебраїчну систему символів і позначень ознак, сформулював основні закони успадкування ознак у ряді поколінь. Його доповідь на тему «Досліди над рослинними гібридами» (1865 р., м. Брюнн), як і опублікована за результатами дослідження наступного року стаття, залишились недооціненими і не до кінця зрозумілими біологами того часу. Визнання робіт видатного вченого відбулося через 35 років, після практично одночасної публікації статей трьох європейських вчених – Г. де Фріза, К. Корренса та Е. Чермака, які незалежно один від одного підтвердили дані Г. Менделя власними дослідженнями. Успіх вченого у відкритті перших законів генетики зумовлений тим, що він вибрав об'єкти дослідження з альтернативними морфологічними ознаками, залучив для цього достатню кількість особин, використав математичні методи для узагальнення результатів експериментів.

Ключові слова: Г. Мендель, успадкування ознак, закон одноманітності, закон розщеплення, закон незалежного розподілу.

Йоганн Грегор Мендель належить до вчених, епохальне відкриття якого не було визнано за життя, але стало одним з найцінніших надбань людства, основою для становлення генетики як науки та її подальшого розвитку. «Я пережив багато гірких годин у своєму житті. Тим не менше, я з вдячністю визнаю, що прекрасних, хороших годин було набагато більше. Моя наукова робота принесла мені величезне задоволення, і я переконаний, що весь світ визнає результати цих досліджень», – писав австрійський

натураліст, вчений-ботанік, монах Г. Мендель [1].

Народився Йоганн Мендель 20 липня 1822 року у селянській родині німецько-слов'янського походження у маленькому містечку Гайнцендорф в Австрійській імперії (нині с. Гинчице, Чеська Республіка). Любов до природи виявив у ранньому віці. Допомогавав батькові у садівництві. У 10 років пішов у місцеву школу.

Шкільний вчитель Йоганн Шрайбер вражений незвичайним інтелектом учня і його ентузіазмом до навчання рекомендує батькам відправити юнака у гімназію в м. Троппау (нині м. Опава). У 1840 р. Й. Мендель закінчує гімназію з відзнакою і вступає до університету Ольмюца (нині університет Ф. Палацького в Оломоуці) на 2-річну програму з практичної та теоретичної філософії та фізики. У той час ректором університету і деканом філософського факультету був Йоганн Карл Нестлер (1783-1842 рр.) – професор історії природи і сільського господарства, який займався дослідженням спадкових ознак рослин та тварин. Вважають, що він вплинув на наукові інтереси Й. Менделя [2].

У зв'язку з скрутним матеріальним становищем, яке виникло через нещасний випадок і втрату працездатності батька, молодий студент вирішує давати приватні уроки. Та цього було недостатньо. Сестра Терезія допомагала оплачувати його навчання зі свого приданого. І у 1843 р. Й. Мендель, успішно здавши випускні іспити, особливо з математики і фізики, закінчує навчання і приймає рішення стати ченцем. У 1844 р. він вступає в орден августинців в монастирі Святого Фоми в м. Брюнн (нині м. Брно) і починає вивчати богослов'я в єпископській семінарії, взявши ім'я Грегор [3].

У той час монастир був культурним центром регіону. Серед членів монастиря були відомі філософи, музиканти, математики і ботаніки. Настоятель монастиря, абат Франц Сиріл Напп, був зацікавлений у вивченні спадкових ознак рослин і тварин. Г. Мендель отримав доступ до

© **ЧЕНЬ І. Б., ГУМЕНЮК Г. Б.**

величезної бібліотеки, а також до досліджень і викладання різних вчених. Так, у 1846 р. він відвідував заняття у фахівця з селекції рослин Франца Дібля у філософському інституті в м. Брюнн.

У 1847 р. був висвячений у сан священника і, швидко піднімаючись сходами священства (послушник, іподиякон, диякон і священник), у віці 26 років отримує власну парафію. Однак, нові духовні обов'язки виявилися для нього непростими і він починає хворіти. Настоятель монастиря абат Напп у листі єпископу Шаффго-тшу пише: «Він дуже старанний у вивченні наук, але набагато менше пристосований для роботи парафіяльним священником, причина в тому, що його охоплює непереборна боязкість, коли йому доводиться відвідувати хворих». У 1849 р. його призначають заступником вчителя середньої школи у м. Знайм (нині м. Зноймо), де він користувався авторитетом колег. Вони високо цінували його «чіткий і зрозумілий метод навчання» [4].

У 1850 р. Г. Мендель провалив останній компонент державного атестаційного іспиту з викладання – усну частину. Екзаменаційна комісія, розуміючи те, що він був неймовірно розумним, але не мав відповідної фахової підготовки, направляє його вивчати природничі науки в Королівський Імператорський університет у м. Відень. Тут він відвідує заняття з фізики у знаменитого Крістіана Доплера, заняття з ботаніки у Франца Ангера та набуває теоретичні і практичні знання, які пізніше використовує у своєму житті, зокрема, математичні для оцінки та аналізу даних.

Закінчивши навчання (1853 р.), повертається в м. Брюнн і отримує посаду заступника шкільного вчителя історії природи та фізики. Навесні 1856 р. пробував повторно скласти сертифікаційний іспит на педагога, але не зміг. Лише завдяки його педагогічній майстерності він залишається на посаді, продовжує викладати в двох молодших класах середньої школи та розпочинає дослідити з горохом у монастирському саду [1].

Г. Мендель запилював батьківські форми гороху вісім поколінь, щоб свідомо досягти їх генетичної чистоти. Вивчав успадкування семи алельних пар ознак. На кожен гороховий кущик заповнював окрему картку (10000 карток !). Записував, коли батьківська рослина вирощена, які квіти в неї були, пилком яких батьківських форм зроблене запліднення, які горошини –

жовті чи зелені, гладкі чи зморшкуваті – отримані, які квіти – забарвлення по краях, забарвлення в центрі – розпустилися, коли отримано насіння, скільки з них жовтих, зелених, круглих, зморшкуватих, скільки з них відібрано для посадки, коли вони висаджені [5].

Слід зазначити, що Г. Мендель був обізнаний із станом досліджень з гібридизації на той час. Про це свідчать наявні у монастирській бібліотеці наукові праці попередників та сучасників з його численними помітками [6]. Згодом у своїй статті він написав: «Хто перегляне праці з цієї галузі, той переконається, що серед численних дослідів ні один не був здійснений у тому обсязі і таким чином, щоб можна було визначити кількість різних форм нащадків гібридів, з вірогідністю розподілити ці форми по окремих поколіннях та встановити їх числові співвідношення» [7]. Таким чином, вчений мав чітко визначену мету – дослідити закономірності успадкування ознак.

Вивчаючи результати схрещування рослин з альтернативними ознаками Г. Мендель виявив, що гібриди першого покоління в більшості випадків не є проміжними між двома батьківськими формами, а схожі на одну з них. Наприклад, при схрещуванні рослин із забарвленими та білими квітками все потомство першого покоління мало забарвлені квітки. Батьківську ознаку, яка виявилася у рослин першого покоління, назвав домінантною. Шляхом самозапилення гібридів першого покоління одержав потомство другого покоління і виявив, що воно не одноманітне: частина з них мало ознаку батьківської рослини, яка не проявилася у гібридів першого покоління – біле забарвлення квіток. Цю ознаку він назвав рецесивною. Здійснив цілу серію подібних дослідів із різними парами альтернативних ознак і у всіх випадках відношення кількості рослин з домінантною ознакою до кількості рослин з рецесивною ознакою у другому гібридному поколінні складало приблизно 3:1.

У третьому поколінні, теж одержаному шляхом самозапилення рослин другого покоління, виявилось, що ті рослини з другого покоління, які несли рецесивну ознаку, дали все потомство з цією ознакою. Частина рослин другого покоління з домінантною ознакою дала потомство з цією ж ознакою, а частина – потомство з розщепленням ознаки подібно до гібридів другого покоління: 3 частини рослин з домінантною ознакою та 1 частина з рецесивною.

Аналізуючи результати своїх експериментів, Г. Мендель зрозумів, що такі співвідношення ознак у потомстві можуть бути тільки наслідком існування відокремлених та незмінних одиниць спадковості, які передаються від покоління до покоління через статеві клітини. Ці одиниці спадковості він назвав факторами, або, як і Ш. Ноден, елементами. У кожній особини спадкові елементи перебувають у парі, тоді як у статевих клітинах наявний лише один елемент з кожної пари [8].

Зауважимо, що у 1902 р. англійський біолог В. Бейтсон (1861-1926 рр.) запропонував статеві клітини називати гаметами, а пари альтернативних ознак – алеломорфами. Пізніше спадкові елементи Г. Менделя датський біолог В. Йоганнсен (1857-1927 рр.) назвав генами, а термін «алеломорфи» скоротив до «алелі». В. Бейтсон запропонував також поняття «гетерозигота», «гомозигота» і символи для позначення батьківських особин (P) гібридних поколінь (F).

Для позначення альтернативних ознак рослин, а фактично спадкових елементів, Г. Мендель увів буквені символи: домінантні ознаки позначалися великими літерами латинської абетки, а рецесивні – маленькими. Дослідник виявив, що рослини можуть містити два спадкові елементи у трьох можливих комбінаціях: AA, Aa чи aa. Тобто, за фенотипом, перші дві комбінації дають домінантну ознаку, а третя – рецесивну. Стосовно генотипу, то гамети містять лише один спадковий елемент – домінантний (A) або рецесивний (a). Гібриди першого покоління (F₁) містять елементи Aa і утворюють два типи гамет порівну: одні з них містять елемент A, інші – елемент a. У процесі запліднення жіноча гамета типу A матиме рівні шанси з'єднатися як з чоловічою гаметою A, так і з чоловічою гаметою a. Те ж саме справедливе і для жіночих гамет типу a.

Після виявлення закономірностей розщеплення за однією парою альтернативних ознак (моногібридне схрещування) Г. Мендель перейшов до вивчення успадкування двох пар таких ознак (дигібридне схрещування). При цьому одна батьківська рослина несла домінантні ознаки (гладеньке жовте насіння – AABV), а друга – рецесивні (зморшкувате зелене насіння – aавв).

Як і очікувалося, усі гібридні рослини першого покоління мали домінантні ознаки – гладеньке жовте насіння (AaBv). Друге гібридне

покоління складалося з рослин, які мали різне поєднання ознак за таким співвідношенням: 9 частин рослин з гладеньким жовтим насінням (1 частина AABV, 2 частини AABv, 2 частини AaBV, 4 частини AaBv), 3 частини із зморшкуватим жовтим насінням (1 частина AAav, 2 частини Aaav), 3 частини з гладеньким зеленим насінням (1 частини aaBV, 2 частини aaBv) та 1 частина із зморшкуватим зеленим насінням (aавв) [6].

Результати цього досліду засвідчили явище незалежного розподілу та комбінування ознак, що констатує Г. Мендель: «...потомки гібридів, які поєднують у собі кілька суттєво відмінних ознак, є членами комбінаційного ряду, в якому поєднанні ряди розвитку кожної пари різних ознак. Цим одночасно доказується, що поведінка в гібридному сполученні кожної пари різних ознак не залежить від інших відмінностей у обох вихідних рослин». І далі: «Константні ознаки, які зустрічаються у різних форм спорідненої групи рослин, можуть, шляхом повторного штучного запліднення, вступати у всі сполучення, які можливі за правилами комбінації» [7].

У 1863 р. дослід з горохом були завершені, здійснювався остаточний аналіз отриманих даних і підготовка рукопису. 8 лютого і 8 березня 1865 р. Г. Мендель доповідав результати своєї роботи перед групою ченців-августинців та членами Товариства природодослідників у монастирі святого Фоми. У 1866 р. вийшла його стаття «Досліди над рослинними гібридами» у журналі Товариства Брюнських природодослідників. Г. Мендель розіслав 40 примірників статті найбільш відомим ботанікам того часу. Однак, К. Негелі був чи не єдиним, хто надіслав йому відповідь [1].

У більшості джерел з історії генетики наводиться міркування, що тогочасні біологи не прочитали написану німецькою мовою статтю Г. Менделя а ті, хто прочитав, не зрозуміли значення його математичних викладок [4, 8, 10].

Відомо, що робота Г. Менделя цитувалася близько 15 разів, зокрема у зведенні німецького ботаніка В. Фокса про рослинні гібриди у 1881 р. Про неї знали всі провідні ботаніки ще за життя дослідника, адже четвертий том журналу зі статтю «Досліди над рослинними гібридами» відразу потрапив в 120 бібліотек університетів і товариств природознавців Відня, Праги, Берліна, Лондона, Парижа, Санкт-Петербурга, Філадельфії.

При аналізі робочих зошитів К. Корренса, виявилось, що він читав статтю Г. Менделя і навіть зробив її реферат у 1896 р., але не зрозумів її глибинного сенсу і забув про неї. Г. де Фріз навіть посилався на неї у німецькому виданні, але вилучив посилання у скороченому варіанті публікації для Вісника Паризької академії наук. Лише після опублікування роботи Г. де Фріза, коли К. Корренс зрозумів, що втрачає пріоритет відкриття, він нагадав і собі, і Г. де Фрізу про статтю Г. Менделя. Таким чином, в даний час є чимало свідчень, які спростовують інформацію про незнання тогочасними біологами цієї публікації [9].

Г. Мендель мав і інші наукові інтереси: займався вимірами ґрунтових вод, експериментами з гібридизації інших рослин, бджільництвом, вирощуванням овочів і фруктових дерев. У 1865 році він заснував австрійське метеорологічне товариство.

У 1868 р. його було обрано настоятелем монастиря. Він був досить поважною персоною в Моравській провінції і прославився десятирічною безкомпромісною боротьбою проти прийнятого рейхстагом і затвердженого імператором закону про релігійний фонд (1874 р.), згідно якого було введено непосильне оподаткування монастиря [1].

Грегор Йоганн Мендель помер 6 січня 1884 р. На місці абатства, в якому він служив майже 40 років, згодом відкрили музей його імені. Могила знаходиться у м. Брно, Чеська Республіка. Її вінчас пам'ятник зі словами, що належали ченцю: «Мій час ще прийде» [2].

Розуміння геніальності робіт вченого відбулося аж у 1900 році після практично одночасної публікації статей трьох європейських вчених – голландського ботаніка і генетика Г. де Фріза

(1848-1935), німецького ботаніка К. Корренса (1864-1933) та австрійського генетика Е. Чермака (1871-1962), які незалежно один від одного підтвердили дані Г. Менделя власними дослідженнями. Цей рік вважається роком народження науки про спадковість і мінливість – генетики.

В. Бейтсон організував видання статті Г. Менделя англійською мовою, активно пропагував її в своїх виступах, а також видав фундаментальну монографію «Менделеві принципи спадковості», де встановлені ним закономірності, постійно називає законами [10].

Свідченням світового визнання наукових заслуг видатного дослідника є нагородні й пам'ятні медалі з зображенням Г. Менделя та фрагментів його досліджень. Перша медаль була викарбована до IV Міжнародної конференції з генетики (1911 р., м. Париж). У 1928 р. Радою Католицького університету Вілланова (США) була заснована нагородна медаль імені Грегора Менделя, якою нагороджуються вчені за вагомий внесок у науку, які своїм життям і науковою діяльністю довели, що не існує конфлікту між справжньою наукою й релігією. Товариство «Менделіанум» при музеї «Моравської землі» вручає провідним спеціалістам в галузі генетики медаль, вперше викарбовану в Чехії до 100-річчя від дня опублікування класичної роботи Г. Менделя «Досліди над рослинними гібридами». З 1965 р. німецьке товариство природодослідників, що стало національною Академією наук Німеччини «Леопольдина» вручає медаль імені Г. Менделя за видатні досягнення в галузі загальної біології [11].

Велич постаті Грегора Менделя як справжнього вченого є взірцем для наслідування як для нинішнього, так і для прийдешніх поколінь науковців.

References

1. Mauricio De Castro. Johann Gregor Mendel: paragon of experimental science. *Molecular genetics & Genomic Medicine*. 2016. Vol. 4 (1). P. 3–8. doi: 10.1002/mgg3.199.
2. Schwarzbach E., Smykal P., Dostal O., Jarkovska M., Valova S. Gregor J. Mendel – Genetics Founding Father. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2014. Vol. 50 (2). P. 43–51. doi: 10.17221/54/2014-CJGPB.
3. Kutya S. A., Prokhorova N. S. Gregor Johann Mendel – founder of genetics (190th anniversary). *Ukrainian medical almanac*. 2012. Vol. 15 (6). P. 103–104. [in Ukrainian]
4. Medina M. N. D. The monk in the garden: The lost and found of Gregor Mendel by Robin Marantz Henig. A book review. *College Research Journal*. 2011. Vol. 1 (1). P. 48–55. doi: 10.13140/RG.2.1.1242.8000.
5. Bohuslavskyi R. L. 150 years since the discovery of Gregor Mendel. *Plant Genetic Resources*. 2015. Vol. 17. P. 101–102. [in Ukrainian]
6. Pomohaibo V. M., Petrushov A. V., Berezan O. I. The beginning of genetics: Gregor Mendel and others. *The world of medicine and biology*. 2016. Vol. 2 (56). P. 198–204. [in Ukrainian]
7. Mendel G. Versuche über pflanzen-hybriden. *Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn*. 1866. Vol. 4. P. 3–47.
8. Petrossyan J. S., Petrossyan A. E. Mendel's 'units of heredity': inglorious and second birth. *Herald of the Tver State University. Series: Biology and Ecology*. 2006. Vol. 2. P. 177–194. [in Russian]

9. Opalko A. I. Personality of Gregor Mendel: myths and realities. The 150th anniversary of Mendel's disclosure of his results of «Experiments on plant hybrids». *Factors in experimental evolution of organisms*. 2015. Vol. 16. P. 13–20. [in Ukrainian]
10. Peter J. van Dijk, Franz J. Weissing, Noel Ellis T. H. How Mendel's Interest in Inheritance Grew out of Plant Improvement. *Genetics*. 2018. Vol. 210. P. 347–355. doi: 10.1534/genetics.118.300916.
11. Barshteyn V. Ju. The founder of genetics Gregor Mendel and his scientific heritage in medallic art. *Scientific journal of the National Pedagogical University named after M.P. Drahomanova. Series 20. Biology*. 2012. Vol. 4. P. 224–232. [in Ukrainian]

CHEN I. B., HUMENIUK H. B.

*V. Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University,
Ukraine, 46027, Ternopil, M. Kryvonosa str., 2*

G. J. MENDEL: LIFE AND SCIENTIFIC ACTIVITY (ON THE 200th BIRTH ANNIVERSARY)

The main life and activity moments of the founder of modern genetics, the world-famous Austrian biologist and monk Gregor Mendel are discussed in the article. He developed the scientific principles of hybrids and their offspring description and research, introduced the concept of alternative traits – dominant and recessive, first applied the algebraic symbol system and trait designations, and formulated the basic inheritance trait laws in a number of generations too. His scientific report *Experiments on plant hybrids* (1865, Brun), as well as the article based on his results of research published the following year, remained underestimated and not fully understood by biologists at that time. The recognition Mendel's outstanding works took place 35 years later, after the almost simultaneous article publications by three European scientists – H. de Vries, C. Correns and E. Tschermak, who independently confirmed his data with their own experiments. G. Mendel's success in discovering the first laws of genetics is due to the fact that he chose research objects with alternative morphological features, involved a sufficient number of individuals and used mathematical methods to generalize the experiment results.

Keywords: G. Mendel, inheritance of characters, law of uniformity, law of segregation, law of independent assortment.