

ФОРМАЛІЗМ І ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗНАНЬ УЧНІВ СТАРШОЇ ШКОЛИ ПРИ ВИВЧЕННІ ЗАКОНУ РІВНОВАГИ ГЕННИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ

Анотація. У статті розглядається проблема формалізму знань учнів старшої школи щодо одного із біологічних законів шкільного курсу біології – закону Харді – Вайнберга. Автором аналізуються його можливі причини, а також припускається, що одним із шляхів вирішення проблеми є формування формалізованих умінь старшокласників у ході розв’язання різнотипних задач з генетики популяцій.

Ключові слова: формалізм знань, формалізація, закон рівноваги генних концентрацій, умови достовірності закону, задачі з генетики популяцій.

Елена КОМАРОВА

Формализм и формализация знаний учащихся старшей школы при изучении закона равновесия генных концентраций

Аннотация. В статье рассматривается проблема формализма знаний учащихся старших классов об одном из биологических законов – законе Харди – Вайнберга. Автором анализируются его возможные причины, а также предполагается, что одним из путей решения проблемы является формирование формализованных умений старшеклассников в ходе решения разнотипных задач по генетике популяций.

Ключевые слова: формализм знаний, формализация, закон равновесия генных концентраций, условия достоверности закона, задачи по генетике популяций.

Olena KOMAROVA

Formalism and formalization of knowledge of high school students in the study of the law of equilibrium concentrations of gene

Summary. The article deals with the formalism of knowledge high school students in one of the biological laws – the law of Hardy – Weinberg. The author analyzes its possible causes, and it is assumed that one way to solve the problem is to develop formal skills of high school students in the course of solving different types of problems in genetics of populations.

Key words: formalism of knowledge, formalization, law of equilibrium concentrations of the gene, conditions of validity of the law, tasks of population genetics.

Одним з ключових завдань навчання біології в старшій школі є «формування наукової картини живої природи на основі засвоєння учнями системи біологічних знань» [9]. Такі наукові поняття як «факт», «гіпотеза», «закономірність», «закон», «теорія» є складовими системи біологічних знань старшокласників.

Які біологічні закони вивчаються в 10-11 класах? Це біогенетичний закон Геккеля – Мюллера, закони Г. Менделя, закон чистоти гамет, закон гомологічних рядів спадкової мінливості М. Вавилова, закон Харді – Вайнберга. З якою метою біологічні закони вивчаються в старшій школі? Або навіть так «З якою метою біологічні закони повинні вивчатися в старших класах?» Спочатку звернемося до визначення категорії «закон»: закон – внутрішній істотний та стійкий зв'язок явищ, що обумовлює їх впорядковану зміну [10]. Його реалізація залежить від наявності відповідних умов. Створення останніх забезпечує перехід наслідків, що впливають із закону, зі сфери можливого у сферу дійсного.

Грунтуючись на цьому підході, вважаємо, що відповідь на поставлене вище питання є такою: метою вивчення біологічних законів у старших класах повинно бути формування в учнів розуміння існування в живій природі різноманітних стійких повторюваних зв'язків між явищами і процесами, які виявляються за певних умов.

Метою даної статті є постановка питання про стан засвоєння учнями старшої школи одного із біологічних законів шкільного курсу біології – закону Харді – Вайнберга.

З метою виявлення рівня знань старшокласників щодо закону рівноваги генних концентрацій у популяції була проведена письмова робота серед 52 випускників різних загальноосвітніх навчальних закладів м. Кривого Рогу. Пропоновані завдання передбачали виявлення знань учнями визначення закону, його математичного виразу, умов достовірності та умінь застосовувати ці знання для розв'язання задач з генетики популяцій. Наведемо їх нижче:

1. Вкажіть рівняння, що є математичним відображенням закону Харді – Вайнберга (допускається декілька відповідей): А) $p + q = 1$; Б) $(p + q)^2 = 1$; В) $p^2 + 2pq + q^2 = 1$; Г) $p^2 + pq + q^2 = 1$; Д) $p + 2pq + q = 1$;

2. Вкажіть рівняння, що описує генотипну структуру популяції (допускається декілька відповідей): (див. варіанти відповідей до пит.1)

3. Вкажіть рівняння, що описує алельну структуру популяції: (див. варіанти відповідей до пит.1)

4. Сформулюйте закон Харді – Вайнберга.

В одному із завдань учням пропонувалося із багаточисельного переліку характеристик популяції вибрати ті, які є умовами достовірності закону рівноваги генних концентрацій.

Результати відповідей:

- на перше завдання: А – 0 %, Б – 65 %, В – 76 %, Г – 29 %, Д – 24 %;
- на друге завдання: А – 24 %, Б – 12 %, В – 41 %, Г – 41 %, Д – 53 %;

- на третє завдання: А – 29 %, Б – 29 %, В – 12 %, Г – 12 %, Д – 18 %.

При виконанні четвертого завдання 82% учнів формулювання закону взагалі не навели, серед інших відповідей були такі: «Це закон, що описує розподіл генів в популяції», «Закон Харді – Вайнберга – на популяцію впливають нові умови, які впливають на розподіл генів у популяції», «Це закон, згідно якого під впливом нових умов з 2-х популяцій утворюється одна, з 3-х популяцій – 2 нових і т.д.».

Серед запропонованих умов достовірності закону правильні відповіді учнів розподілилися так: розміри популяції великі – 29%, спарювання відбувається випадковим чином – 24%, нові мутації не виникають – 18%, всі генотипи однаково плідні – 12%, покоління не перекриваються – 12%, відсутній обмін генами з іншими популяціями – 18%, гени знаходяться в аутосомах, а не в статевих хромосомах – 18%, особини різних генотипів однаково життєздатні – 12%.

За результатами отриманих відповідей можемо припустити: учнями недостатньо розуміється опис сутності закону Харді – Вайнберга двома рівняннями, а саме на визначення алельної та генотипної структури популяції; школярі плутаються у змінних, що входять до складу рівнянь; фрагментарними, уривчастими є знання про умови достовірності закону.

Також у ході письмової роботи школярам необхідно було розв'язати наступні задачі:

Задача № 1. Частка особин АА у панміктичній популяції дорівнює 0,09. Яка частина популяції гетерозиготна за геном А [8, с. 79]?

Задача № 2. У корінних жителів Австралії з 730 обстежених група крові М (генотип ММ) виявлена у 22 осіб, група крові MN (генотип MN) – у 216, група крові N (генотип NN) – у 492. Визначте генетичну структуру популяції [1, с. 200].

Задача № 3. Співвідношення генотипів у вибірці наступне: 1AA и 1aa. Визначте генотипну структуру в F₅ у випадку самозапилення та панміксії [1, с. 201].

Пропонуючи для розв'язання вищенаведені задачі, ми очікували, що задача № 1 не викличе утруднень в учнів, а задача № 3 буде самою складною. Підґрунтя для такого припущення пояснимо нижче. Зазначимо, що отримані результати виявилися іншими. Жоден з учасників контрольної роботи не приступив до розв'язання задач 1 та 3.

При роботі із задачею №2 хід міркувань школярів виглядав так: генотипи MM, MN та NN співвідносяться між собою як 22 : 216 : 492, або приблизно як 1 : 10 : 22. Відповідь: генетична структура популяції – 1MM : 10MN : 22 NN.

Отримана відповідь є неповною, тому що, по-перше, учнями розраховувалися відносні частки генотипів у популяції за співвідношенням генотипів у абсолютних величинах (кількостях осіб) один до одного, а не як співвідношення частин (кількості особин кожного генотипу) до цілого (загальної кількості особин). По-друге, визначення генетичної структури популяції передбачає обчислення не тільки частотних співвідношень генотипів, а й частотних співвідношень алелей.

Таким чином, школярі *можуть* частково *розпізнати* серед декількох запропонованих рівнянь ті, що відображають закон Харді – Вайнберга, а також умови достовірності закону із переліку характеристик популяції. Одночасно з цим учні *не можуть самостійно дати повне визначення* закону, в тому числі перелічити умови його достовірності, *написати* всі правильні математичні вирази закону, відчують значні ускладнення при розв'язанні задач з генетики популяцій.

Отже, результати контрольної роботи дозволяють припустити наявність формалізму у знаннях учнів старшої школи про закон рівноваги генних концентрацій. *Формалізм у навчанні* – полягає у механічному заучуванні

навчального матеріалу без достатнього розуміння його змісту. Змістом знань, як відомо, є уявлення, поняття, закони і теорії, які виражаються за допомогою слів. Якщо у процесі навчання учень запам'ятовує назви предметів і явищ, заучує визначення понять і законів, не розуміючи їх сутності, то знання набувають формального (вербального, словесного) характеру [7, с. 536].

Як подолати виявлений формалізм в знаннях учнів старшої школи про закон рівноваги генних концентрацій, як одного з теоретичних узагальнень шкільної біології? Що є запорукою успішного розв'язання задач з генетики популяцій? Пошук відповіді на ці питання частково здійснювався у попередніх публікаціях автора [4 – 6].

Вважаємо, що для успішного розв'язання задач з генетики популяцій школярі мають, насамперед, володіти відповідним понятійним апаратом, по-друге, знати визначення закону рівноваги генних концентрацій у вербальній формі, по-третє, знати і користуватися формалізованою формою його вираження. Іншими словами, одним із критеріїв якості засвоєння учнями закону Харді – Вайнберга є успішне розв'язання ними задач з генетики популяцій, що, в свою чергу, вимагає використання формалізованої мови математики для здійснення відповідних обчислень. Отже, одним із шляхів подолання формалізму в знаннях учнів про закон рівноваги генних концентрацій є формування в них міжпредметного вміння формалізації. *Формалізація* – метод вивчення різноманітних об'єктів шляхом відображення їхньої структури в знаковій формі за допомогою штучних мов [11, с. 73].

Прискіпливий і вдумливий читач або досвідчений вчитель може запитати: навіщо стільки уваги приділяти вивченню цього закону? Адже на практиці його розгляду за програмою приділяється в кращому випадку одне – два заняття, а практичної роботи на розв'язання задач з генетики популяцій не передбачено.

Відповідь може бути такою. По-перше, навчальний матеріал про закон рівноваги генних концентрацій дійсно розглядається на одному – двох уроках, але створює теоретичне підґрунтя для подальшого вивчення теми «Популяційно – видовий рівень організації живої природи», а саме розгляду факторів еволюційного процесу і видоутворення. По-друге, він надає можливість встановлювати широкі ретроспективні внутрішньоциклові змістовно-інформаційні зв'язки біології з хімією, фізикою для формування елементів системи методологічних знань, а саме про основні наукові категорії, в тому числі «закон». По-третє, зміст курсу загальної біології у 10-11 класах ґрунтується на основних теоретичних узагальненнях базової науки, якими є біологічні закони, закономірності й теорії, тож навчальний процес має бути спрямованим на оволодіння учнями категоріальним апаратом базової науки на рівні конкретних теоретичних узагальнень, якими у тому числі є біологічні закони і закон рівноваги генних концентрацій зокрема.

Розглянемо методичні особливості змісту і ходу розв'язання запропонованих задач.

Для їх успішного опрацювання школярам необхідно оперувати поняттям «гомозигота», «гетерозигота», «самозапилення», «панміксія», «панміктична популяція», «частота алелей», «частота генотипів», «генотипна структура популяції», «генетична структура популяції». Нагадаємо деякі з них.

Частота алелей – це частота, з якою в популяції в даному локусі зустрічається даний алель. *Частота генотипів* – це частота, з якою в популяції зустрічається даний генотип, що, як правило, має певний фенотиповий вигляд; або співвідношення (%) кількості особин, що мають певний фенотиповий вигляд, який визначається конкретним генотипом, до загальної кількості особин популяції. *Генетична структура популяції* – частота різноманітних алелей у популяції і частотне (у %) співвідношення різних генотипів (гомозигот і гетерозигот) у ній [2, с. 127]. *Генотипна*

структура популяції – частотне (у %) співвідношення різних генотипів (гомозигот і гетерозигот) у популяції.

Учні мають знати чітко і повне формулювання закону Харді – Вайнберга та умов його достовірності: *частоти домінантного та рецесивного алелей у даній популяції будуть залишатися постійними з покоління в покоління за наявності певних умов: розміри популяції великі; спарювання відбувається випадковим чином; нові мутації не виникають; всі генотипи однаково плідні; покоління не перекриваються; не відбувається ні еміграція, ні імміграція, тобто відсутній обмін генами з іншими популяціями [3]; гени знаходяться в аутосомах, а не в статевих хромосомах; особини різних генотипів однаково життєздатні; співвідношення особин чоловічої та жіночої статі – 1:1 [2].* Методичне обґрунтування такого визначення закону розкрито у попередніх публікаціях автора [4].

Школярам також слід знати два рівняння, що є математичним виразом закону Харді – Вайнберга, і розуміти їх складові.

До перелічених вище умов оволодіння учнями вмінням розв'язувати задачі з популяційної генетики можна додати і таку, як поступове зростання складності задач, перехід від розв'язання задач на застосування закону Харді – Вайнберга для ідеальних популяцій до задач, у яких за умовою в популяції умови достовірності закону не дотримуються.

Розглянемо етапи розв'язання задач письмової роботи

Хід розв'язання задачі № 1:

1. Визначення частоти алеля А: $\sqrt{0,09} = 0,3$;
2. Визначення частоти алеля а: $1 - 0,3 = 0,7$.
3. Визначення частоти генотипу Аа: $2 \times 0,3 \times 0,7 = 0,42$;

Відповідь: частка гетерозигот у популяції – 0,42.

Хід розв'язання задачі № 2 відбувається за схемою:

1. Обчислення об'єму вибірки: $22 + 216 + 492 = 730$ (осіб);

2. Визначення частоти генотипу MM: $22 / 730 = 0,03$;
3. Визначення частоти генотипу MN: $216 / 730 = 0,3$;
4. Визначення частоти генотипу NN: $492 / 730 = 0,67$.
5. Визначення частоти алеля N: $\sqrt{0,67} = 0,82$;
6. Визначення частоти алеля M: $1 - 0,82 = 0,18$.

Відповідь: генетична структура популяції наступна ($AA = p^2 = 0,03$) + ($Aa = 2pq = 0,3$) + ($aa = q^2 = 0,67$) або 3 % AA + 30 % Aa + 67 % aa = 100 % ; ($p = 0,18$) + ($q = 0,82$).

Розв'язання **задачі № 3** можна умовно поділити на два етапи. Спочатку визначається генотипна структура популяції у випадку панміксії (етап 1), а потім у випадку самозапилення (етап 2).

Етап 1:

1. Визначення частот генотипів у вибірці по відношенню до частки одиниці: 0,5 AA : 0,5 aa.

2. Оскільки за умовами задачі необхідно визначити генотипну структуру поколінь, то обчислюються частоти гамет, що містять алель A та алель a: гомозиготи продукують гамети тільки одного типу, частоти генотипів однакові, значить частота гамет, що містять алель A дорівнює частоті гамет з алелем a і складає 0,5.

3. Визначення частоти генотипу AA: $0,5^2 = 0,25$.

4. Визначення частоти генотипу aa: $0,5^2 = 0,25$.

5. Визначення частоти генотипу Aa: $2 \times 0,5 \times 0,5 = 0,5$.

Згідно закону рівноваги генних концентрацій популяція вже після першого схрещування досягне стану рівноваги генних концентрацій, і генотипна структура залишатиметься постійною у наступних поколіннях, в тому числі в F₅.

Відповідь: генотипна структура популяції в F₅ у випадку панміксії наступна ($AA = p^2 = 0,25$) + ($Aa = 2pq = 0,5$) + ($aa = q^2 = 0,25$).

Етап 2:

1. Див. п.1 етапу 1.
2. Оскільки у задачі необхідно визначити генотипну структуру покоління популяції, в якій умови достовірності закону Харді-Вайнберга не дотримуються, а саме має місце самозапилення, то подальше розв'язання здійснюється шляхом логічних міркувань. Домінантні та рецесивні гомозиготи між собою не схрещуються, а значить гетерозиготні генотипи не утворюються. Розвиток популяції при самозапиленні йде в напрямку збереження чистих ліній, а генотипна структура у F_5 залишається такою ж, як у вихідній вибірці.

Відповідь: генотипна структура популяції в F_5 у випадку самозапилення наступна ($AA = p^2 = 0,5$) + ($aa = q^2 = 0,5$).

Роз'яснимо підгрунття наших міркувань щодо складності запропонованих задач і очікуваних результатів їх розв'язання.

За класифікацією задач з генетики популяцій [5], задачі № 1 та № 2 відносяться до задач на застосування закону Харді – Вайнберга для ідеальних популяцій, а саме на успадкування аутосомних двохалельних генів. Задача № 3 – до задач, у яких за умовою вихідне співвідношення частот генотипів не відповідає рівнянню Харді – Вайнберга. Отже, розв'язання задачі № 3 вимагало не тільки знання самого закону, а й умов його достовірності. Саме цей елемент методологічних знань про закон мав спрямовувати подальший пошук учнями вірного рішення.

Задачі № 1 та № 2 відносяться до одного типу за запропонованою класифікацією, але суттєво різняться. Зокрема, способом представлення кількісної інформації (відносні та абсолютні величини), обсягом відомого, шуканим, а також відсутністю в умові задачі № 2 вказівки на те, чи можна вважати популяцію (вибірку) ідеальною. А саме ця інформація є ключовою для вибору способу розв'язання задачі і визначення генетичної структури популяції. Обґрунтування останньої тези буде розкрито у наступних публікаціях автора.

Припускаємо, що можливими причинами отриманих результатів роботи над задачами є *низький рівень*: а) засвоєння учнями нормативних знань про закон, зокрема закон Харді – Вайнберга; б) володіння формалізованою мовою математики у пізнанні біологічних процесів, в) сформованості уміння формалізації, необхідного для розв'язання різнотипних задач з генетики популяцій.

Підсумовуючи вищесказане, зазначимо, що, на нашу думку, навчання учнів розв'язуванню задач з генетики популяцій сприятиме якісному засвоєнню знань про закон рівноваги генних концентрацій у популяції, уникненню виявленого формалізму і формуванню розуміння існування в живій природі різноманітних стійких повторюваних зв'язків між явищами і процесами, які виявляються за певних умов.

У даній статті зроблена спроба постановки питання про наявність формалізму у знаннях старшокласників щодо закону рівноваги генних концентрацій. Методологічне та методичне обґрунтування шляхів його подолання має стати, на нашу думку, напрямком подальших досліджень для вчених – методистів та вчителів – практиків.

Література

1. Барна І. В. Біологія. Задачі та розв'язки: навчальний посібник / І. В. Барна, М. М. Барна, Л. С. Барна. – Тернопіль: Мандрівець, 2005. – 384 с.
2. Барна І. В. Методика розв'язування задач: навч. посіб. / І. В. Барна – Тернопіль: Мандрівець, 2009. – 216 с.
3. Грин Н. Биология . В 3 т. Т. 3: пер. с англ. / под ред. Р. Сонера / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор. – М. : Мир, 1990. – 376 с.
4. Комарова О. В. Формування міжпредметних умінь формалізації та ідеалізації на уроках біології в 11 класі / О. В. Комарова // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2012. - № 1. – С. 16 – 20.

5. Комарова О. В. Формування міжпредметних умінь формалізації та ідеалізації на уроках біології в 11 класі / О. В. Комарова // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2012. – № 6. – С. 4 – 13;
6. Комарова О. В. Формування міжпредметних умінь формалізації та ідеалізації на уроках біології в 11 класі / О. В. Комарова // Біологія і хімія в сучасній школі. – 2013. – № 1. – С. 11 – 13.
7. Педагогическая энциклопедия: [в 4 т]. – М. : Советская энциклопедия, 1968. – Т. 4. – 911 с.
8. Песецкая Л. Н. Сборник задач по генетике: [учеб. – метод. пособ.] / Л. Н. Песецкая, Г. Г. Гончаренко, Н. Н. Острейко. – Гомель, 2002. – 114 с.
9. Програма з біології для 10-11 класів. Профільний рівень. - Тернопіль: Мандрівець, 2010.
10. Философский словарь / [под ред. И. Т. Фролова]. – М. : Политиздат, 1987. – 590 с.
11. Шейко В. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності: підруч. / В. М. Шейко, Н. М. Кушнарченко. – К. : Знання-Прес, 2002. – 295 с.

Кандидат педагогічних наук,

доцент кафедри зоології, фізіології та валеології

Криворізького педагогічного інституту

державного вищого навчального закладу

«Криворізький національний університет»

Комарова Олена Володимирівна