

ГЕНЕТИКАЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТ НӘТИЖЕЛЕРІНІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Әлайдар Н.Е., 7M01517 - «Биология» БББ-ның 2-ші курс магистранты

nurymzhan.alaidar@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-2384-2988>

Курманбаев Р.Х., биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор

rakhat72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0299-3494>

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада генетикалық эксперимент нәтижелерінің теориялық негіздері, оларды интерпретациялаудың ғылыми қағидалары және жоғары оқу орнында оқыту үдерісінде қолдану жолдары жан-жақты қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – генетикалық эксперимент нәтижелерін ғылыми тұрғыдан бағалауға мүмкіндік беретін негізгі теориялық және әдіснамалық ұстанымдарды жүйелеу, олардың білім беру тәжірибесіндегі маңызын айқындау. Зерттеу нысаны ретінде генетикалық эксперименттен алынатын деректер жүйесі алынса, пәні ретінде сол деректердің сенімділігін, валидтілігін және теориялық модельдермен байланысын түсіндіру тетіктері қарастырылды. Жұмыста теориялық талдау, салыстырмалы шолу, құрылымдық-жүйелік сараптау және ғылыми әдебиеттерді мазмұндық интерпретациялау әдістері қолданылды. Зерттеу нәтижесінде гипотеза, зерттеу дизайны, бақылау, қайталанымдылық, статистикалық өңдеу, генотип–фенотип байланысы, орта ықпалы және эпигенетикалық реттелу генетикалық нәтижені түсіндірудегі негізгі факторлар екені нақтыланды. Сонымен қатар эксперимент деректерін мендельдік, хромосомалық, молекулалық және популяциялық генетика модельдерімен сәйкестендірудің ғылыми маңызы көрсетілді. Мақала тұжырымдары генетика пәнін оқытуда деректермен жұмыс істеудің ғылыми мәдениетін қалыптастыруға, студенттердің зерттеушілік ойлауын дамытуға және әдістемелік негізді күшейтуге мүмкіндік береді. Бұл тұжырымдар жоғары оқу орындарында болашақ биология мұғалімдерін даярлау үдерісінде эксперименттік деректерді талдау, ғылыми қорытынды жасау, дәлелді пікір қалыптастыру және зерттеу нәтижелерін оқу мазмұнымен байланыстыра білу дағдыларын дамытуға практикалық тұрғыдан ықпал етеді, сондай-ақ пәнді терең түсінуге бағытталған әдістемелік шешімдерді оқыту сапасын жетілдіреді.

Тірек сөздер: генетикалық эксперимент; деректер интерпретациясы; сенімділік пен валидтілік; статистикалық өңдеу; теориялық модель.

Кіріспе. Қазіргі биология ғылымында эксперименттік әдістер ғылыми танымның негізгі құралына айналды. Тірі жүйелердің күрделілігі, көпфакторлы табиғаты және өзгермелілігі биологиялық құбылыстарды жай бақылаумен ғана емес, мақсатты түрде жоспарланған тәжірибелер арқылы түсіндіруді талап етеді. Әсіресе тұқым қуалаушылық пен өзгергіштік заңдылықтарын ашуда генетикалық эксперимент жетекші орын алады, өйткені ол генетикалық механизмдерді тек сипаттап қоймай, оларды тексеруге, салыстыруға және дәлелдеуге мүмкіндік береді.

Генетикалық эксперимент – тірі ағзалардың генетикалық құрылымын, гендердің қызметін, тұқым қуалау жолдарын және генотип пен фенотип арасындағы байланысты арнайы жоспарланған тәжірибелер арқылы зерттеуге бағытталған әдістер жүйесі. Бұл жүйеге классикалық будандастыру, ұрпақ талдауы, мутагенез, генетикалық маркерлерді қолдану, цитогенетикалық және молекулалық талдау тәсілдері кіреді. Генетиканың қалыптасу тарихында Г. Мендель тәжірибелерінің орны ерекше: жүйелі будандастыру мен сандық есеп негізінде тұқым қуалаудың дискретті сипаты дәлелденіп, кейін хромосомалық және молекулалық теориялардың дамуына жол ашылды.

Қазіргі кезеңде генетикалық эксперименттер молекулалық және геномдық деңгейге көтерілді. ДНҚ секвенирлеу, жоғары өнімді талдау, ген экспрессиясын бағалау, биоинформатикалық өңдеу және геномды редакциялау күрделі белгілердің табиғатын, көпгенді эсерлерді және эпигенетикалық реттелуді түсіндіруге мүмкіндік беріп отыр. Осыған байланысты эксперимент нәтижесін сауатты интерпретациялау және оны теориялық модельмен байланыстыру генетикадағы ғылыми ойлаудың өзегіне айналады.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі генетикалық эксперимент нәтижелерін механикалық сипаттаудан гөрі, оларды ғылыми негізде бағалауға, дәлелдеуге және оқу үдерісінде дұрыс пайдалануға деген қажеттіліктен туындайды. Зерттеу нысаны – генетикалық эксперименттен алынатын деректер жүйесі. Зерттеу пәні – осы деректердің сенімділігін, валидтілігін, интерпретациялық мүмкіндігін және теориялық модельдермен сәйкестігін айқындайтын әдіснамалық ұстанымдар. Зерттеудің мақсаты – генетикалық эксперимент нәтижелерінің теориялық негіздерін жүйелеп, оларды түсіндірудің ғылыми логикасын ашу. Міндеттері: генетикалық эксперименттің сапасын анықтайтын факторларды саралау; деректерді интерпретациялаудың негізгі қағидаларын көрсету; теориялық модельдермен салыстыру тетіктерін нақтылау; алынған қағидалардың оқыту үдерісіндегі маңызын негіздеу.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Жұмыстың материалдық базасын генетика, молекулалық биология, популяциялық генетика және биостатистика бойынша отандық және шетелдік еңбектер құрады. Әдебиеттерді іріктеу барысында генетикалық эксперимент нәтижелерін түсіндіруге тікелей қатысы бар классикалық және заманауи теориялық еңбектер қамтылды. Атап айтқанда, Мендельдік заңдылықтар, хромосомалық теория, молекулалық генетика және биометриялық талдау қағидалары бар дереккөздер басшылыққа алынды.

Зерттеуде теориялық талдау, салыстырмалы шолу, жүйелік-құрылымдық сараптау және мазмұндық интерпретация әдістері қолданылды. Теориялық талдау генетикалық эксперименттің ғылыми табиғатын және оның эмпирикалық нәтижелерін түсіндіретін басты ұғымдарды анықтауға бағытталды. Салыстырмалы шолу арқылы классикалық және қазіргі генетикада қолданылатын деректер типтері мен интерпретациялық модельдердің айырмашылығы мен сабақтастығы сараланды. Жүйелік-құрылымдық әдіс нәтижелер сапасын қамтамасыз ететін факторларды біртұтас жүйе ретінде қарастыруға мүмкіндік берді.

Сонымен қатар генетикалық нәтижені бағалаудың аналитикалық матрицасы құрылды. Бұл матрицаға зерттеу гипотезасы, тәжірибе дизайны, бақылау топтары, үлгі көлемі, қайталаным саны, статистикалық өңдеу, орта факторлары, генотип–фенотип арақатынасы және теориялық модельмен сәйкестік сияқты өлшемдер енгізілді. Осындай тәсіл жұмыстың теориялық сипатына қарамастан, деректерді бағалау логикасын нақтылауға мүмкіндік берді және 1-кестеде жүйеленген факторларды негіздеуге көмектесті.

Әдістемелік тұрғыдан бұл жұмыс шолу-сараптамалық зерттеу ретінде орындалды. Сондықтан тәжірибелік нысандар туралы бастапқы биологиялық материал жиналмады; оның орнына түрлі деңгейдегі генетикалық деректерді түсіндіруде қолданылатын ғылыми ұстанымдар жинақталып, жалпыланды. Мұндай бағыт генетика пәнін оқытуда студенттердің нақты дерекпен жұмыс істеу мәдениетін қалыптастыруға қолайлы теориялық негіз береді.

Зерттеу нәтижелерін талдау. Генетикалық эксперимент нәтижесі дайын күйіндегі «ақиқат» емес; ол белгілі бір алғышарттар орындалғанда ғана ғылыми мағынаға ие болады. Сол себепті кез келген зерттеу ең алдымен нақты гипотезадан басталуы тиіс. Гипотеза зерттеудің мақсатын, өлшенетін көрсеткіштерді, күтілетін байланыстарды және интерпретация шекарасын анықтайды. Теориялық негізі әлсіз гипотеза нәтижені түсіндіруді қиындатып, деректі кездейсоқ мәлімет деңгейінде қалдырады [10].

Эксперименттік дизайн – нәтижені қалыптастыратын негізгі құрылым. Оның құрамына бақылау және тәжірибелік топтарды бөлу, айнымалыларды шектеу, үлгі көлемін белгілеу, қайталаным санын анықтау, өлшеу мерзімін нақтылау және деректерді өңдеу жоспарын алдын ала құру жатады. Дизайн әлсіз болған жағдайда алынған нәтиже кездейсоқ ауытқуларға тәуелді болып, заңдылықты дәл көрсету қабілетін жоғалтады [19]. Әсіресе күрделі полифакторлы белгілерді зерттегенде үлгі көлемінің жеткіліксіздігі мен бақылаудың әлсіздігі интерпретациялық қате тудырады.

Зерттеу нысанын дұрыс таңдау да шешуші мәнге ие. Генетикалық құрылымы жақсы зерттелген, генерация уақыты қысқа және фенотиптік белгілері айқын модельдік ағзалар эксперимент нәтижесін салыстырмалы түрде тез әрі сенімді алуға мүмкіндік береді. *Drosophila melanogaster*, *Arabidopsis thaliana* және *Escherichia coli* сияқты нысандардың ғылыми айналымда кең қолданылуы осыдан туындайды. Ал табиғи популяциялар мен күрделі көпжасушалы ағзаларда орта ықпалы мен генетикалық әртүрлілік жоғары болғандықтан, интерпретация кезінде қосымша шектеулер есепке алынады.

Сенімділік пен валидтілік генетикалық эксперименттің ғылыми құндылығын анықтайтын екі іргелі өлшем болып табылады. Сенімділік – нәтижелердің тұрақтылығы және қайталанымдылығы; яғни бірдей жағдайларда қайталанған зерттеу ұқсас қорытынды беруі тиіс. Валидтілік – алынған

деректің нақты зерттеліп отырған құбылысты шынайы бейнелеу деңгейі. Эксперимент сенімді болғанымен, егер ол зерттеу сұрағына дәл жауап беретін көрсеткішті өлшемесе, валидті деп есептелмейді. Керісінше, зерттеу мақсатына сай көрсеткіш таңдалғанымен, нәтиже қайталанбаса, ғылыми сенім төмендейді.

Қазіргі генетикада деректерді статистикалық өңдеу интерпретацияның міндетті буынына айналды. Теориялық күтілетін қатынастардан ауытқу әрдайым заңдылықтың бұзылуын білдірмейді; кей жағдайда бұл тек кездейсоқ вариация болуы мүмкін. Сондықтан фенотиптік ажырау, аллель жиілігі, экспрессия деңгейі немесе мутация жиілігі сияқты көрсеткіштер мәнділік деңгейі, дисперсия, сенімділік интервалы және эффект мөлшері арқылы бағалануы керек. Мұндай өңдеу деректі сипаттаудан дәлелдеуге көшіреді.

Нәтижелерді түсіндіруде генотип–фенотип байланысының көпдеңгейлі сипаты ерекше назар аудартады. Классикалық көзқараста генотип фенотипті анықтайды деп қарастырылғанымен, заманауи деректер бұл байланыстың әлдеқайда күрделі екенін көрсетті. Бір белгіге бірнеше геннің әсер етуі (полигенділік), бір геннің бірнеше белгіні анықтауы (плейотропия), гендердің өзара әрекеттесуі (эпистаз) және регуляторлық тетіктер нәтижені көпқабатты құбылысқа айналдырады. Сондықтан «бір ген – бір белгі» қағидасын механикалық қолдану күрделі фенотиптерді түсіндіруде жеткіліксіз.

Фенотип көптеген жағдайда генотип пен орта әсерінің бірлескен өнімі ретінде көрінеді. Температура, жарық, қорек, стресс, токсиндер мен даму кезеңі ген экспрессиясына ықпал етіп, бір генотиптің өзінде фенотиптік айырмашылықтар туғызуы мүмкін. Демек, стандартталған жағдайлар мен бақылау топтарыңыз алынған дерек тұқым қуалау заңдылықтарын толық көрсете алмайды. Бұл әсіресе қолданбалы генетика мен селекцияда маңызды, өйткені белгі көрінісінің ортаға тәуелділігі практикалық шешімге тікелей әсер етеді [17].

Соңғы жылдары эпигенетикалық механизмдерді ескеру қажеттілігі күшейді. ДНҚ метилденуі, гистон модификациялары, реттеуші РНК және хроматиннің қайта құрылуы генетикалық тізбек өзгермегеннің өзінде фенотиптік айырмашылықтарға алып келуі мүмкін. Мұндай деректер күрделі аурулардың, даму үдерістерінің және бейімделу реакцияларының табиғатын түсіндіруде ерекше мәнге ие. Сондықтан кейбір тәжірибелерде фенотиптік өзгерісті тек мутациямен түсіндіру жеткіліксіз болып, ген экспрессиясының реттелу деңгейлерін де талдау қажет болады.

Эксперимент нәтижесі ғылыми білімге айналу үшін ол міндетті түрде теориялық модельмен салыстырылуы керек. Мендельдік модельдер ұрпақтардағы фенотиптік қатынастарды түсіндіруге негіз болса, хромосомалық теория гендердің орналасуы мен тіркесіп тұқым қуалауын ашты. Молекулалық модельдер ДНҚ құрылымы, генетикалық код және ген экспрессиясы сияқты құбылыстарды түсіндіруге мүмкіндік берді. Популяциялық модельдер аллель жиілігінің уақыт бойынша өзгеруін, сұрыпталу, дрейф және миграция ықпалын сандық бағалауға жағдай жасайды (1-кесте).

1-кесте – Генетикалық эксперимент нәтижелерін оқытуда пайдаланудың кезеңдері

Кезең	Мазмұны	Қалыптасатын дағды
1	Гипотезаны, нысанды және күтілетін нәтижені нақтылау	Теориялық ойлау, зерттеу сұрағын қою
2	Фенотиптік немесе молекулалық деректерді жинақтау және кестелеу	Дерекпен жұмыс істеу, жүйелеу
3	Нақты нәтижені теориялық модельмен және статистикалық көрсеткішпен салыстыру	Сандық талдау, дәлелдеу
4	Альтернативті түсіндірмелерді, орта факторларын және шектеулерді талдау	Сыни ойлау, интерпретация
5	Қорытындыны жазбаша және ауызша түрде ұсыну	Ғылыми коммуникация, академиялық этика

Осы тұрғыдан генетикалық эксперимент нәтижелерін интерпретациялаудың кезеңдік алгоритмін ұсынуға болады: 1) гипотезаны нақтылау; 2) дерек көзін және өлшенетін көрсеткішті

тексеру; 3) бақылау мен қайталанымының жеткіліктілігін бағалау; 4) статистикалық өңдеу арқылы ауытқудың мәнділігін анықтау; 5) нәтижені тиісті теориялық модельмен салыстыру; 6) қажет жағдайда альтернативті түсіндірмелерді, соның ішінде орта факторлары мен эпигенетикалық әсерлерді қарастыру. Мұндай алгоритм зерттеушінің субъективті түсіндіруін азайтып, қорытындының ғылыми негізділігін күшейтеді

Жоғары оқу орны жағдайында генетикалық эксперимент нәтижелерін оқытуда пайдалану тек ақпарат берумен шектелмеуі тиіс. Студент деректің қалай алынғанын, қандай шектеулермен сипатталатынын және қандай теориялық қорытынды жасауға болатынын түсінуі қажет. Практикалық сабақтарда будандастыру нәтижелерін есептеу, χ^2 критерийі арқылы күтілетін және нақты қатынастарды салыстыру, генетикалық карталарды талдау, молекулалық маркерлерді түсіндіру және биостатистикалық қорытынды шығару сияқты әрекеттер зерттеушілік құзыретті қалыптастырады.

Талдау барысында генетикалық эксперимент нәтижелерін интерпретациялауда жиі кездесетін қателер де айқындалды. Олардың қатарына үлгі көлемінің жеткіліксіздігі, орта факторларын елемеу, фенотип пен генотипті теңестіру, статистикалық мәнсіз ауытқуды биологиялық маңызды өзгеріс ретінде қабылдау, сондай-ақ нәтижені сәйкес келмейтін теориялық модельмен салыстыру жатады. Мұндай қателер ғылыми зерттеуде де, оқыту үдерісінде де жалған қорытындыға әкеледі. Сондықтан эксперимент пен теорияның бірлігі үздіксіз тексеріліп отыруы керек (2-кесте).

2-кесте – Генетикалық экспериментте деректер сапасын қамтамасыз ететін негізгі факторлар

Факторлар	Сипаттамасы	Ғылыми маңызы
Эксперименттік дизайн	Айнымалыларды нақтылау, бақылау және тәжірибе топтарын дұрыс құру	Нәтиженің жүйелілігі мен дәлдігін арттырады
Үлгі көлемі	Даралар санының жеткілікті болуы және іріктеменің репрезентативтілігі	Статистикалық қателікті азайтады
Қайталанымдылық	Бірнеше рет орындау және тәуелсіз растау	Сенімділікті күшейтеді
Статистикалық өңдеу	Биостатистикалық әдістерді, мәнділік пен интервалдық бағалауды қолдану	Валидті қорытынды жасауға мүмкіндік береді
Теориямен сәйкестік	Нәтиженің генетикалық заңдармен және модельдермен үйлесуі	Эксперимент пен теория бірлігін көрсетеді

Генетикалық эксперимент нәтижелерінің теориялық және әдіснамалық негізін сақтау қолданбалы салаларда да шешуші мәнге ие. Селекцияда ол өнімділігі жоғары және төзімді формаларды таңдауға көмектеседі; медицинада тұқым қуалайтын аурулардың молекулалық механизмдерін анықтау, диагностика мен профилактика стратегиясын әзірлеуге негіз болады; биотехнологияда ген экспрессиясын басқару және трансгенді жүйелерді бағалау үшін қажет. Демек, интерпретация сапасы ғылыми жаңалықтың да, практикалық шешімнің де дұрыстығына әсер етеді.

Осылайша генетикалық эксперимент нәтижелерін оқытуда қолданудың кезеңдік моделі болашақ биолог-мамандардың кәсіби даярлығын күшейтеді. Ол теорияны, эмпирикалық деректі, статистикалық өңдеуді және ғылыми интерпретацияны бір жүйеге келтіреді. Нәтижесінде студент тек дайын білім алушы емес, дәлелге сүйенетін зерттеуші ретінде қалыптасады. Бұл ұстаным магистранттарды ғылыми-зерттеу жұмысына, мектеп пен жоғары оқу орнында генетика мазмұнын сапалы түсіндіруге және заманауи биологиялық деректерді сауатты қолдануға бағыттайды.

Соңғы кезеңде эксперимент нәтижелерін ұсыну және ғылыми коммуникация дағдылары қалыптасады. Студент алынған деректерді кесте, диаграмма немесе қысқаша аналитикалық есеп түрінде рәсімдеп, өз қорытындысын дәлелмен қорғай білуі керек. Бұл жерде тілдік дәлдік, терминдерді орынды қолдану, дереккөзге сілтеме жасау және шектеулерді ашық көрсету маңызды. Генетика пәнін оқытуда осындай жұмыс түрлері академиялық адалдықты, дерекпен жауапкершілікпен жұмыс істеуді және ғылыми этиканы нығайтады.

Күрделірек деңгейде студенттерге молекулалық дерекке негізделген жағдайлық тапсырмалар беруге болады. Мысалы, белгілі бір ген бойынша мутацияның бар-жоғын анықтайтын ПТР-тәжірибе нәтижесі ұсынылады. Студент ампликон ұзындығын, жолақтардың санын және бақылау үлгілерімен

сәйкестігін талдап, фенотиптік көрініске ықпал ететін ықтимал генетикалық өзгерісті түсіндіреді. Мұндай тапсырмалар биоинформатикалық және визуалдық деректерді оқу қабілетін дамытып, қазіргі генетикадағы тәжірибелік нәтижелерді кешенді бағалауға үйретеді.

Практикалық сабақта осы модельді қолданудың қарапайым мысалы ретінде асбұршақтағы тұқым түсі бойынша моногибридті будандастыру есебін алуға болады. Алдымен студент 3:1 қатынасын болжайды, кейін нақты алынған 79 сары және 21 жасыл дара үлгісін өңдейді, одан кейін айырманың кездейсоқ не мәнді екенін бағалайды. Егер нақты нәтиже теорияға толық сәйкес келмесе, ол бірден «заң бұзылды» деген қорытынды жасамай, тәжірибенің шарттарын, дара санының жеткіліктілігін және есептеу қателерін талдайды. Бұл ғылыми интерпретация мәдениетінің негізгі белгісі болып саналады (3-кесте).

3-кесте – Генетикалық эксперимент нәтижелерін интерпретациялаудың негізгі деңгейлері

Деңгей	Талдау нысаны	Негізгі деректер	Интерпретациялық нәтиже
Классикалық	Ұрпақтардағы фенотиптік ажырау	Будандастыру нәтижелері, фенотиптік есеп	Тұқым қуалау типін анықтау
Хромосомалық	Гендердің тіркесуі және кроссинговер	Цитогенетикалық және рекомбинациялық деректер	Гендердің салыстырмалы орналасуын түсіндіру
Молекулалық	ДНҚ, РНҚ және ген экспрессиясы	ПТР, секвенирлеу, экспрессия профилі	Ген қызметі мен мутация әсерін ашу
Популяциялық	Аллель жиілігі және өзгерісі	Популяциялық іріктемелер, биостатистикалық есеп	Эволюциялық күштердің ықпалын бағалау
Эпигенетикалық	Метилдену және хроматин күйі	Эпигеномдық маркерлер, реттеуші РНҚ деректері	Фенотиптік реттелудің қосымша деңгейін түсіндіру

Бірінші кезеңде студент деректерді теориялық модельмен салыстырып, қорытынды тұжырым жасайды. Бұл жерде жай ғана «заңдылық расталды» деп жазу жеткіліксіз; зерттелген нәтиже қай жағдайда расталғанын, қандай шектеулер болғанын, қандай альтернативті түсіндірме қарастырылғанын көрсету қажет. Мысалы, күтілетін мен нақты ажырау арасындағы айырмашылық үлгі көлемінің аздығынан, орта ықпалынан, есеп қателігінен немесе гендердің өзара әрекеттесуінен туындауы мүмкін. Осындай сараптау студенттің сыни ойлауын дамытады.

Екінші кезеңде фенотиптік мәлімет молекулалық және цитогенетикалық ақпаратпен толықтырылады. Егер тәжірибе белгілі бір мутациямен, маркермен немесе ген экспрессиясымен байланысты болса, студент фенотип көрінісін ДНҚ деңгейіндегі өзгерістермен сәйкестендіреді. Мұнда ПТР нәтижесін оқу, электрофореграмманы сипаттау, генетикалық маркерлердің айырмасын түсіндіру және мутация түрінің ықтимал әсерін болжау сияқты тапсырмалар енгізіледі. Осындай жұмыс классикалық генетика мен молекулалық генетиканы өзара байланыстырып, интерпретацияның көпдеңгейлі сипатын көрсетеді.

Үшінші кезеңде нақты дерекпен жұмыс жүргізіледі: фенотиптер есептеледі, ұрпақтардағы ажырау пайыздары шығарылады, кесте жасалады және алынған көрсеткіштер күтілетін теориялық қатынастармен салыстырылады. Осында студент тәжірибелік деректің абсолютті дәл болмайтынын, тірі жүйелерде вариация әрқашан болатынын түсінеді. Нақты және күтілетін шамалар арасындағы айырманы түсіндіру үшін χ^2 критерийі, салыстырмалы жиілік, пайыздық үлес сияқты статистикалық тәсілдер қолданылуы қажет. Бұл кезең нәтижені дәлелдеудің сандық мәдениетін қалыптастырады.

Төртінші кезеңде студент тәжірибе мақсатын, гипотезасын және күтілетін нәтижесін айқындайды. Мысалы, моногибридті немесе дигибридті будандастыру бойынша жұмыс басталса, алдымен тұқым қуалау типі, доминантты және рецессивті белгілер, күтілетін ажырау қатынастары анықталады. Бұл кезеңде әдеби дерекпен жұмыс, белгілік сызбалар құру, ұғымдарды нақтылау және

зерттеу сұрағын дұрыс қою жетекші рөл атқарады. Теориялық негізі айқындалмаған тапсырма кейінгі есептеу мен интерпретацияның сапасын төмендетеді.

Генетикалық эксперимент нәтижелерін жоғары оқу орны жағдайында тиімді игерту үшін деректермен жұмыс істеудің кезеңдік моделін қолдану орынды. Бұл модель студенттің тек дайын қорытындыны қабылдауын емес, нәтижеге алып келген логиканы, есептеу жолын, шектеулерді және баламалы түсіндірмелерді ұғынуын көздейді. Теориялық білім мен нақты эксперименттік материалды бірізді ұштастыру студенттің зерттеушілік ойлауын дамытады және генетикалық деректі механикалық жаттаудан сақтайды. Сондықтан нәтижені оқыту үдерісінде қолдану ғылыми мазмұнды әдістемелік құрылыммен толықтыруды талап етеді.

Қорытынды. Қорытындылай келе, генетикалық эксперимент нәтижелері генетика ғылымының теориялық дамуын қамтамасыз ететін негізгі эмпирикалық база болып табылады. Олардың ғылыми құндылығы зерттеу гипотезасының нақтылығына, эксперименттік дизайн сапасына, зерттеу нысанының сәйкестігіне, бақылау мен қайталанымының жеткіліктілігіне, статистикалық өңдеудің дұрыстығына және интерпретацияның көпдеңгейлі қағидаларын сақтауға тәуелді.

Генотип–фенотип байланысының күрделілігі, орта факторларының ықпалы, ықтималдық заңдылықтар және эпигенетикалық реттелу нәтижені түсіндіруде міндетті түрде ескерілуі керек. Эксперименттік деректерді мендельдік, хромосомалық, молекулалық және популяциялық модельдермен байланыстыру генетикалық білімнің жинақталуын, жаңа болжамдардың қалыптасуын және ғылымның ілгерілеуін қамтамасыз етеді. Осылайша эксперимент пен теорияның өзара бірлігі генетика ғылымының да, оны оқыту әдістемесінің де басты қозғаушы тетігі болып қала береді.

Әдебиеттер:

- [1] **Айтхожин, М.Ә.** Молекулалық биология және генетика негіздері. – Алматы: Қазақ университеті, 2012. – 320 б.
- [2] **Сейітов, З.С., Әлімқұлов Б.Т.** Генетика: оқулық. – Алматы: Эверо, 2016. – 356 б.
- [3] **Әбдірешов, С.Н.** Генетика және селекция негіздері: оқу құралы. – Алматы: Мектеп, 2015. – 240 б.
- [4] **Бейсенова, Ә.С., Ахмедова Д.** Биология: жалпы биология (10–11 сыныпқа арналған оқулық). – Алматы: Мектеп, 2019. – 272 б.
- [5] **Глани, С.** Медико-биологическая статистика. – М.: Практика, 2010. – 459 с.
- [6] **Лакин, Г.Ф.** Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей. – М.: Высшая школа, 2011. – 352 с.
- [7] **Рокицкий, П.Ф.** Биологическая статистика. – Минск: Высшая школа, 2012. – 320 с.
- [8] **Доспехов, Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 2013. – 351 с.
- [9] **Плохинский, Н.А.** Биометрия. – М.: Издательство МГУ, 2000. – 368 с.
- [10] **Григорьев, П.П., Ушаков А.В.** Основы генетики: учебник. – М.: Академия, 2011. – 384с.
- [11] **Инге-Вечтомов, С.Г.** Генетика с основами селекции: учебник. – СПб.: Лань, 2010. – 720с.
- [12] **Айала, Ф., Кайгер Дж.** Современная генетика: молекулярная, клеточная и популяционная. – М.: Мир, 2014. – 496 с.
- [13] **Уотсон, Дж., Бейкер Т., Белл С., Ганн А., Левин М., Лосик Р.** Молекулярная биология гена. – М.: БИНОМ, 2014. – 912 с.
- [14] **Стрикбергер, М.** Генетика. – М.: Мир, 2015. – 656 с.
- [15] **Лодиш, Х., Берк А., Ципурски С., Мацудаира П., Балтимор Д., Дарнелл Дж.** Молекулярная клеточная биология. – М.: БИНОМ, 2008. – 1104 с.
- [16] **Атраментова, Л.А., Утевская О.М.** Статистические методы в биологии: учебник. – Харьков: ХНУ, 2008. – 288 с.
- [17] **Вейр, Б.С.** Генетика популяций: принципы и методы. – М.: Мир, 2001. – 348 с.
- [18] **Животовский, Л.А.** Популяционная биометрия. – М.: Наука, 2016. – 271 с.
- [19] **Мерфи, К., Саймон С.** Основы биостатистики: практическое руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 320 с.
- [20] **Тимербаев, А.А., Кәрімов Б.Қ.** Генетикалық есептер жинағы: оқу-әдістемелік құрал. – Алматы: Қазақ университеті, 2017. – 180 б.

References:

- [1] **Ajthozhin, M.A.** Molekulalyq biologija zhane genetika negizderi. – Almaty: Qazaq universiteti, 2012. – 320 b. [in Kazakh]
- [2] **Sejítov, Z.S.,** Alimqulov B.T. Genetika: oqulyq. – Almaty: Jevero, 2016. – 356 b. [in Kazakh]
- [3] **Abdireshov, S.N.** Genetika zhane selekcija negizderi: oqu quraly. – Almaty: Mektep, 2015. – 240 b.
- [4] **Bejsenova, A.S.,** Ahmedova D. Biologija: zhalpy biologija (10–11 synypqa arnalgan oqulyq). – Almaty: Mektep, 2019. – 272 b. [in Kazakh]
- [5] **Glani, S.** Mediko-biologicheskaja statistika. – M.: Praktika, 2010. – 459 s. [in Russian]
- [6] **Lakin, G.F.** Biometrija: uchebnoe posobie dlja biologicheskikh special'nostej. – M.: Vysshaja shkola, 2011. – 352 s. [in Russian]
- [7] **Rokickij, P.F.** Biologicheskaja statistika. – Minsk: Vysshaja shkola, 2012. – 320 s. [in Russian]
- [8] **Dospehov, B.A.** Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). – M.: Agropromizdat, 2013. – 351 s. [in Russian]
- [9] **Plohinskij, N.A.** Biometrija. – M.: Izdatel'stvo MGU, 2000. – 368 s. [in Russian]
- [10] **Grigor'ev, P.P.,** Ushakov A.V. Osnovy genetiki: uchebnik. – M.: Akademija, 2011. – 384s. [in Russian]
- [11] **Inge-Vechtomov, S.G.** Genetika s osnovami selekcii: uchebnik. – SPb.: Lan', 2010. – 720s. [in Russian]
- [12] **Ajala, F.,** Kajger Dzh. Sovremennaja genetika: molekuljarnaja, kletochnaja i populjacionnaja. – M.: Mir, 2014. – 496 s. [in Russian]
- [13] **Uotson, Dzh.,** Bejker T., Bell S., Gann A., Levin M., Losik R. Molekuljarnaja biologija gena. – M.: BINOM, 2014. – 912 s. [in Russian]
- [14] **Strikberger, M.** Genetika. – M.: Mir, 2015. – 656 s. [in Russian]
- [15] **Lodish, H.,** Berk A., Cipurski S., Macudajra P., Baltimor D., Darnell Dzh. Molekuljarnaja kletochnaja biologija. – M.: BINOM, 2008. – 1104 s. [in Russian]
- [16] **Atramentova, L.A.,** Utevsckaja O.M. Statisticheskie metody v biologii: uchebnik. – Har'kov: HNU, 2008. – 288 s. [in Russian]
- [17] **Vejr, B.S.** Genetika populjacij: principy i metody. – M.: Mir, 2001. – 348 s. [in Russian]
- [18] **Zhivotovskij, L.A.** Populjacionnaja biometrija. – M.: Nauka, 2016. – 271 s. [in Russian]
- [19] **Merfi, K.,** Sajmon S. Osnovy biostatistiki: prakticheskoe rukovodstvo. – M.: GJeOTAR-Media, 2014. – 320 s. [in Russian]
- [20] **Timerbaev, A.A.,** Karimov B.Q. Genetikalyq esepter zhinagy: oqu-adistemelik qural. – Almaty: Qazaq universiteti, 2017. – 180 b. [in Kazakh]

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Алайдар Н.Е., магистрант 2-го курса по ОП 7М01517 – «Биология»

Курманбаев Р.Х., кандидат биологических наук, ассоциированный профессор

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические основы результатов генетического эксперимента, научные принципы их интерпретации и дидактическая значимость в высшей школе. Цель исследования – систематизировать теоретические и методологические положения, позволяющие научно оценивать результаты генетических экспериментов. Объектом исследования выступает система данных, получаемых в ходе генетического эксперимента, предметом – механизмы объяснения надежности, валидности и теоретической согласованности этих данных. В работе использованы методы теоретического анализа, сравнительного обзора, структурно-системного рассмотрения и содержательной интерпретации научной литературы. Показано, что гипотеза, экспериментальный дизайн, контроль, воспроизводимость, статистическая обработка, связь «генотип–фенотип», влияние среды и эпигенетическая регуляция являются ключевыми факторами интерпретации генетических результатов. Также раскрыта важность соотнесения экспериментальных данных с менделевскими, хромосомными, молекулярными и популяционно-генетическими моделями. Полученные выводы могут служить методологической основой для формирования культуры научной работы с данными при преподавании генетики в вузе.

Ключевые слова: генетический эксперимент, интерпретация данных, надежность и валидность, статистическая обработка, теоретическая модель.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF GENETIC EXPERIMENT RESULTS

Alaidar N.E., 2nd year master's student of EP 7M01517 – «Biology»
Kurmanbayev R.H., candidate of biological sciences, associate professor

Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda city, Kazakhstan

Annotation. The article examines the theoretical foundations of genetic experiment results, the scientific principles of their interpretation, and their didactic value in higher education. The purpose of the study is to systematize the theoretical and methodological principles that make it possible to scientifically assess the outcomes of genetic experiments. The object of the study is the system of data obtained in genetic experiments, while the subject is the mechanism for explaining the reliability, validity and theoretical consistency of these data. The study is based on theoretical analysis, comparative review, structural-systemic examination and content interpretation of scientific literature. The results show that hypothesis, experimental design, control, reproducibility, statistical processing, genotype–phenotype relationships, environmental influence and epigenetic regulation are key factors in the interpretation of genetic results. The article also demonstrates the importance of correlating experimental data with Mendelian, chromosomal, molecular and population-genetic models. The conclusions may serve as a methodological basis for developing a scientific culture of working with data when teaching genetics in universities.

Keywords: genetic experiment, data interpretation, reliability and validity, statistical processing, theoretical model.