МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агротехнологій
Кафедра виноградарства та плодоовочівництва

СПЕЦІАЛЬНА ГЕНЕТИКА

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти спеціальності 201 „Агрономія” денної форми навчання

МИКОЛАЇВ
2021

УДК 631.52(076)
М25

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від 13.05.2021 року, протокол № 9.

Укладач:

І. М. Марценюк – кандидат біологічних наук, доцент кафедри виноградарства та плодоовочівництва, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

М. М. Корхова – канд. с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет.

Л. Б. Ушакова – вчитель біології вищої категорії, Миколаївська ЗОШ І-ІІІ ступенів №50 ім. Г. Л. Дівіної.

© Миколаївський національний аграрний університет, 2021

ЗМІСТ

Передмова 3

1. МОДУЛЬ І. Розвиток та мінливість організмів 6

1.1. Практична робота №1. Закономірності модифікаційної мінливості 6

2. МОДУЛЬ ІІ. Генетика культурних рослин 13

2.1. Практична робота №2. Вивчення успадкування ознак у пшениці 13

2.2. Практична робота №3. Вивчення успадкування ознак у ячменю 17

2.3. Практична робота №4. Генетика успадкування ознак у жита 19

2.4. Практична робота №5. Генетика успадкування ознак у кукурудзи 21

2.5. Практична робота №6. Вивчення успадкування ознак у зернобобових культур 24

2.6. Практична робота №7. Вивчення успадкування ознак у круп'яних культур 31

2.7. Практична робота №8. Вивчення успадкування ознак в олійних культур 38

2.8. Практична робота №9. Вивчення успадкування ознак у овочів 42

2.9. Практична робота №10. Вивчення успадкування ознак у технічних культур 47

2.10. Практична робота №11. Вивчення успадкування ознак у баштанних культур 52

2.11. Практична робота №12. Вивчення успадкування ознак у плодових та ягідних культур 55

Додаток 1. Значення критерію t на 5% і 1 % рівні значущості 57

Додаток 2. Генетичний аналіз гібридного потомства F2 з обчисленням критерію χ^2 58

Список використаної літератури 61

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна "Спеціальна генетика" спрямована на вивчення морфологічних та молекулярно-генетичних маркерів господарськоцінних ознак сільськогосподарських культур. Наука генетика є теоретичною основою селекції і через неї має безпосередній вихід у практику сільського господарства шляхом створення нових сортів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів.

Метою навчальної дисципліни є надання майбутнім спеціалістам агрономічного профілю необхідних знань із питань спадковості і мінливості культурних рослин, формування здатності розв'язувати фахові задачі і практичні проблеми зі спеціальної генетики.

Завдання:

методологічні – формування логіки планування генетичного експерименту та аналізу його результатів;

пізнавальні – викласти основи генетичних знань про функціонування біологічних систем різних рівнів складності, а також про специфіку ядерного та цитоплазматичного геномів та їх взаємодію;

практичні – навчити розглядати генотип як систему, а не як суму генів; якісно проводити генетичний аналіз.

У результаті вивчення дисципліни «Спеціальна генетика» здобувачі вищої освіти мають досягти таких результатів:

– аналізувати безпосередні та прогнозувати віддалені наслідки втручання в генотип рослин при гібридизації, індукуванні мутацій, поліплоїдизації та застосуванні ДНК-технологій;

– підбирати та розробляти схеми селекційно-генетичних досліджень.

Практичний курс викладається відповідно до робочої програми з дисципліни "Спеціальна генетика" для підготовки магістрів за спеціальністю 201 „Агрономія" та включає 12 практичних робіт. На заняттях здійснюється закріплення та поглиблення теоретичних знань шляхом:

– проведення добору та вивчення вихідного матеріалу;

– вивчення видового складу і каріології родів сільськогосподарських культур;

– планування та організації генетичного експерименту.

Методичні рекомендації охоплюють широке коло питань, спрямованих на вивчення характеру успадкування та характеристики маркерів господарсько-цінних ознак у основних груп польових культур.

Матеріал подається з урахуванням специфіки структурно-модульної системи навчання та рейтингового оцінювання знань.

МОДУЛЬ І
РОЗВИТОК ТА МІНЛИВІСТЬ ОРГАНІЗМІВ

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема. Закономірності модифікаційної мінливості.

Мета: вивчити закономірності прояву модифікаційної мінливості у сільськогосподарських рослин

Матеріали та обладнання: по 100 рослин (ліній) двох сортів озимої пшениці; лінійка; мікрокалькулятор

Методичні вказівки.

Модифікаційна мінливість – варіювання прояву ознаки у генотипічно однорідних форм під впливом різноманітних умов середовища.

Її вивчають на основі аналізу прояву ознаки у групи особин – вибіркової сукупності або *вибірки* (*n*) як частини генеральної сукупності (*N*) рослин, у яких ця ознака спостерігається [11].

Основними показниками, що характеризують прояв ознаки та ступінь її мінливості у рослин є:

- *середня арифметична($\bar{x}$),* $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$;
- *дисперсія (σ^2)* $\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}$;
- *стандартне відхилення (σ)* $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$;
- *коефіцієнт варіації (V)* $V = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100\%$

Коефіцієнт варіації використовують для порівняння мінливості різних ознак у рослин однієї вибірки, або для оцінки ступеня вирівняності дослідного матеріалу. Коефіцієнт варіації менше 10% свідчить про відносно слабку мінливість ознаки, 10-20% - середню і більше 20% - сильну мінливість.

- *похибка вибіркової середньої* ($S_{\bar{x}}$) $$S_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}.$$

Показує теоретичні межі відповідності середньої арифметичної вибірки та генеральної сукупності. Оцінку генеральної середньої можна записати у вигляді $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ (точкова оцінка), або $\bar{x} \pm tS_{\bar{x}}$ (інтервальна оцінка). Інтервал $\bar{x} \pm tS_{\bar{x}}$ називають *довірчим.* Довірчий інтервал із заданою вірогідністю покриває параметр, що оцінюється. $tS_{\bar{x}}$ - максимальна помилка вибіркової середньої при даному числі ступенів свободи та прийнятому рівні значущості. t – критерій Стюдента (наводиться в таблицях).

Про надійність висновків щодо відсутності істотної різниці між середніми арифметичними двох сортів або варіантів досліду судять за критерієм достовірності Стьюдента:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_{x_1}^2 + S_{x_2}^2}} = \frac{d}{S_d}$$

Якщо $t_{факт} \geq t_{теор.}$, нульова гіпотеза про відсутність істотної різниці між середніми відкидається, а якщо $t_{факт} \leq t_{теор.}$, відмінності лежать в межах випадкових коливань для прийнятого рівня значущості і нульова гіпотеза не відкидається. У варіаційній статистиці прийнято вважати, що різниця між двома варіаційними рядами недостовірна, якщо $t_{факт}$ менше 1,96; від 1,97 до 2,58 – достовірна, а при значенні більше 2,58 – високо достовірна.

Варіаційний ряд – це ряд даних , у якому вказані значення варіюючої ознаки (X) у порядку зростання чи зменшення та їх частоти (*f*). Склавши варіаційний ряд, можна дати кількісну характеристику мінливості ознаки, що вивчається. Для цього необхідно розрахувати наведені вище статистичні показники: середню арифметичну, дисперсію (варіансу), стандартне відхилення, помилку середньої арифметичної, коефіцієнт варіації та його помилку.

Приклад. Беруть 30 колосків озимої пшениці (n=30), вимірюють їх

довжину (см) і дані розміщують у зростаючому порядку: 4,2; 4,6; 4,9; 5,4; 5,6; 5,8; 5,9; 6,0; 6,0; 6,3; 6,4; 6,7; 6,9; 7,1; 7,2; 7,2; 7,2; 7,3; 7,3; 7,4; 7,8; 7,9; 8,2; 8,5; 8,7; 9,1; 9,6; 9,7; 10,1; 10,7.

Перед обробкою варіаційного ряду визначають число груп ($Ч_г$) із близькими показниками. Як правило, коли n знаходиться у межах 30-60, беруть 6-7 груп, 60-100 – 7-8 груп. Після цього обчислюють інтервал групи (i) за формулою:

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{Ч_г} = \frac{10,7 - 4,2}{6} = \frac{6,5}{6} \approx 1см$$

Для зручності обробки варіаційного ряду та розрахунків показників, що характеризують мінливість, зручно користуватися таблицею (табл. 1).

Таблиця 1

Допоміжна таблиця для обробки варіаційного ряду

Довжина колоса (групи), см, x	Середнє значення групи, x	Число рослин (частоти), f	xf	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^2 f$
4,2-5,2	4,7	3	14,1	-2,42	5,86	17,58
5,3-6,3	5,8	7	40,6	-1,32	1,74	12,18
6,4-7,4	6,9	10	69	-0,22	0,05	0,5
7,5-8,5	8,0	4	32	0,88	0,77	3,08
8,6-9,6	9,1	3	27,3	1,98	3,92	11,76
9,7-10,7	10,2	3	30,6	3,08	9,49	28,47
		$n=\sum f=30$	$\sum fx=213,6$		$\Sigma(x - \bar{x})^2 = 21,83$	$\Sigma(x - \bar{x})^2 f = 73,57$

Розподіл варіант у варіаційному ряді зображують графічно у вигляді *варіаційної кривої* (рис. 1), яка ілюструє розмах мінливості.

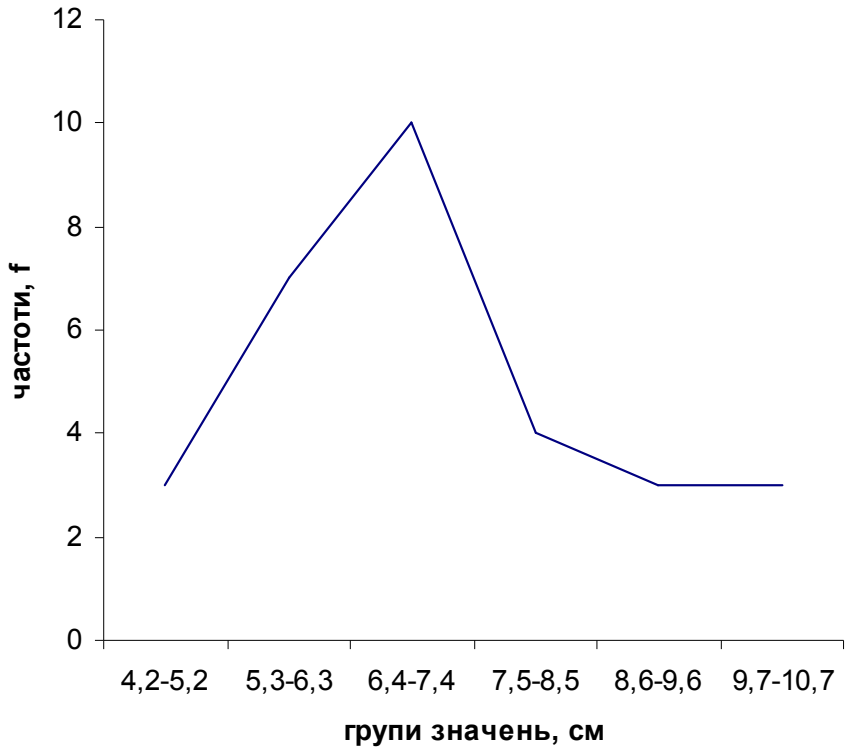

Рис. 1. Графічне зображення варіаційного ряду

Довжина варіаційного ряду свідчить про розмах модифікаційної мінливості, яка зумовлена генотипом (нормою реакції), але залежить від умов довкілля: чим сталіші умови розвитку, тим коротший варіаційний ряд, і навпаки.

У нашому прикладі *середня арифметична* ($\bar{x}$) довжини колоса озимої пшениці становить – 213,6/30 = 7,12.

Дисперсія (σ^2) у нашому прикладі дорівнює

$$\sigma^2 = \frac{73,57}{29} = 2,54$$

Стандартне відхилення (σ) становить

$$\sigma = \pm\sqrt{2,54} = \pm 1,59 \text{ см.}$$

Коефіцієнт варіації (V) –

$$V = \frac{1,59 \cdot 100}{7,12} = 22,3\%$$

Похибка вибіркової середньої ($S_{\bar{x}}$) –

$$S_{\bar{x}} = \frac{1{,}59}{\sqrt{30}} = \frac{1{,}59}{5{,}48} = 0{,}29 \text{ см.}$$

Інтервальна оцінка середньої арифметичної на двох рівнях імовірності – $P_{0,95}$ та $P_{0,99}$. Число ступенів свободи $\nu = n - 1 = 30 - 1 = 29$. Критерії Стьюдента $t_{0,95}$=2,05 та $t_{0,99}$=2,76 (за таблицею, додаток 1). Область індивідуального розсіювання ($tS_{\bar{x}}$) становить $S_{\bar{x}}t_{0,95} = 0{,}29 \cdot 2{,}05 = 0{,}594$ та $S_{\bar{x}}t_{0,99} = 0{,}29 \cdot 2{,}76 = 0{,}8$. Отже, інтервальна оцінка генеральної сукупності для рівня $P_{0,95}$ становить 7,12±0,594 см ($6{,}53 \div 7{,}71$), а для рівня $P_{0,99}$ – 7,12±0,8 см ($6{,}32 \div 7{,}92$).

Таким чином, у нашому прикладі середня арифметична довжини колоса озимої пшениці дорівнює 7,12 см. Коефіцієнт варіації 22,3 % свідчить про значне варіювання колосів. До даного варіаційного ряду на рівні $P_{0,95}$ належить колосся від 6,53 до 7,71 см, а на рівні $P_{0,99}$ – 6,32 – 7,92 см. На графіку (рис. 1) крива варіаційного ряду має одну вершину, що свідчить про однорідність вибірки.

Завдання.

1. Ознайомитися із особливостями модифікаційної мінливості рослин.

2. Познайомитися із особливостями мінливості однієї ознаки у різних видів чи сортів рослин.

3. Розрахувати основні показники варіаційних рядів.

Хід роботи.

1. Познайомитися із особливостями модифікаційної мінливості ознак у рослин:

а) провести виміри 30-100 відібраних рослин (пшениці, жита) за основними елементами продуктивності (продуктивна кущистість, кількість колосків в головному колосі, число зерен в головному колосі, маса 1000 зерен, маса зерна з однієї рослини). Результати занести до табл. 2.

Таблиця 2

Показники продуктивності _____ сорту _____

Номер рослини	Показник продуктивності				
	продуктивна кущистість	кількість колосків в головному колосі	число зерен в головному колосі	маса 1000 зерен, г	маса зерна з однієї рослини, г
1					
2					
…					
30					

б) скласти варіаційні ряди для кожної ознаки, що вивчається;

в) провести статистичну обробку отриманих даних (знайти середню арифметичну вибірки, дисперсію, помилку середньої арифметичної, довірчий інтервал, коефіцієнт варіації). Результати занести до табл. 3.

Таблиця 3

Мінливість елементів продуктивності рослин сорту

_____

Показник	Статистичні показники				
	$\bar{x}$	σ	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm tS_{\bar{x}}$	V
Продуктивна кущистість					
Число колосків в головному колосі					
Число зерен в головному колосі					
Маса 1000 зерен, г					
Маса зерна з однієї рослини, г					

г) порівняти ступінь мінливості різних ознак та зробити висновок про межі модифікаційної мінливості кожної із них.

2. Познайомитися із особливостями мінливості однієї ознаки у різних видів чи сортів рослин:

а) провести виміри одного із показників продуктивності (див. завдання 1) у 30-100 рослин двох сортів пшениці. Результати занести до таблиці 5.

Таблиця 4

Число колосків у головному колосі рослин сортів пшениці

Номер рослини	Сорт пшениці	
	1	2
1		
…		
30		

б) провести статистичну обробку отриманих даних (див. завдання 1). Результати занести до табл. 5.

Таблиця 5

Мінливість кількості колосків у головному колосі у сортів пшениці

Сорт	Статистичні показники				
	$\bar{x}$	σ	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm tS_{\bar{x}}$	V
1					
2					

в) порівняти ступінь модифікаційної мінливості ознаки у сортів пшениці.

Контрольні запитання:

1. Що таке модифікаційна мінливість?
2. Поясніть, чому більшість модифікацій має адаптивне значення?
3. У чому полягає значення модифікаційної мінливості для сільськогосподарської практики і біотехнології?
4. Відомо, що у відібраному зразку кількість колосків у головному колосі пшениці $\bar{x} = 17{,}5$, $\sigma = \pm 1{,}5$. Чи може належати даній вибірці колос, що має 28 колосків?

МОДУЛЬ ІІ
ГЕНЕТИКА КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема. **Вивчення успадкування ознак у пшениці**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю ознак пшениці

Матеріали та обладнання: зразки сортів м'якої та твердої пшениці

Методичні вказівки.

Пшениця. Вивчаючи видовий склад та каріологію пшениць, зверніть увагу на центри походження культури, класифікацію роду, дайте характеристику основних видів *(Triticum aestivum, T. durum, T. turgidum, T. dicoccum).* Чітку характеристику видам пшениць дає підрахунок числа хромосом, опис їх морфологічної будови. Зверніть увагу на наявність поліплоїдного ряду в роді пшениць, наявність геномів A, B, D. Найбільш чітко гомологічність або гомеологічність геномів вивчається при міжвидовій гібридизації. Міжродова гібридизація дозволяє з'ясувати ступінь спорідненості родів та встановити походження геномів пшениць. Зупиніться на участі видів егілопсу в еволюції видів пшениць. Охарактеризуйте генетичний потенціал мінливості пшениці, ролі центрів збереження генетичної плазми в його вивченні. Основні шляхи виникнення генотипової мінливості - спонтанний та індукований мутагенез, автополіплоїдія, анеуплоїдія, віддалена гібридизація. Ознайомлення з генетичними механізмами контролю ознак пшениці, почніть із морфологічних: висота рослин, гени коротко-стебельності, наявність або відсутність остюків, опушення листків, стеблових вузлів, колоскових лусок, забарвлення зернівки, соломини, колоскових лусок, остюків. Гени гібридної летальності пшениць.

Вивчіть гени, що контролюють розвиток деяких фізіологічних ознак:

типу розвитку пшениць (озима, яра), контролю реакції на фотоперіод, морозостійкості, посухостійкості. Цитоплазматична чоловіча стерильність у пшениць. Серед біохімічних ознак з'ясуйте генетичні механізми контролю вмісту та якості білка. Можливість використання запасних білків як генетичних маркерів.

Ознайомтесь із поняттям стійкості рослин до патогенів, взаємодією генів стійкості рослин та генів вірулентності збудника (постулат Флора). Генетика стійкості пшениць до бурої, жовтої та стеблової іржи, борошнистої роси, гесенської мухи, стеблового пильщика. Вивчіть основні напрямки та методи селекції пшениць.

Завдання 1.

1. Розташуйте у відповідності кількість хромосом (2n = 7, 14, 28, 42, 56) в соматичних клітинах видів рослин:

- пшениця однозернянка культурна (T. monococcum L.) – ____ ;
- пшениця тверда (T. durum Dest.) – _____ ;
- пшениця м’яка (T. aestivum L.) – _____ ;
- пшениця грибобійна (T. fungicidum Zhuk.) – _____ .

Завдання 2. Розв’яжіть генетичні задачі.

1. У деяких сортів пшениці червоне забарвлення зерна контролюється двома парами полімерних домінантних генів. Два домінантних гена в гомозиготному ($A_1A_1A_2A_2$) стані визначають темно-червоне забарвлення зерна, один домінантний ген (A_1 або A_2) - бліде забарвлення, два - світло-червоне, а три - червоне забарвлення зерна. Визначити забарвлення зерна у рослин, отриманих в результаті схрещування: $A_1a_1A_2A_2 \times a_1a_1A_2a_2$.
Визначити генотипи і фенотипи рослин, отриманих в результаті схрещування рослин, що має темно-червоне зерно, з рослиною, що має зерно: а) червоне; б) блідо-червоне; в) біле.

2. У пшениці яровість контролюється двома домінантними полімерними генами *Vrn*1 або *Vrn*2, а озимість - їх рецесивними алелями

*vrn*1 або *vrn*2. Найбільшою мірою яровість проявляється в генотипах *Vrn*1*Vrn*1*Vrn*2*Vrn*2, а озимість - при поєднанні генів *vrn*1*vrn*1*vrn*2*vrn*2. Визначити генотипи і фенотипи гібридних рослин в наступних схрещуваннях:

а) *Vrn*1*Vrn*1*Vrn*2*Vrn*2 × *vrn*1*vrn*1*vrn*2*vrn*2;

б) *Vrn*1*Vrn*1*vrn*2*vrn*2 × *vrn*1*vrn*1*vrn*2*vrn*2.

3. У пшениці карликовість стебла домінує над геном нормального росту. Гомозиготна карликова рослина була запилена пилком нормальної рослини. Від самозапилення рослин F1 отримали 192 рослини F2.

1. Скільки різних типів гамет може бути в F1?
2. Скільки різних фенотипів може бути в F1?
3. Скільки різних фенотипів може бути в F2?
4. Скільки гетерозиготних рослин може бути в F2?
5. Скільки рослин нормального росту може бути в F2?

4. У деяких сортів пшениці (Норін 10) короткостебловість рослин зумовлена двома парами рецесивних полімерних генів карликовості. Припустимо, що кожен з них має однакове кількісне значення у визначенні довжини соломини і всі вони мають кумулятивний ефект. При наявності двох пар рецесивних генів карликовості (генотип $l_1l_1l_2l_2$) рослини мають висоту 12 см, а при наявності цих генів в домінантному стані висота рослин дорівнює 80 см. Схрещували гомозиготні рослини, які мають мінімальну і максимальну висоту. У F1 отримали 24 рослини, які від самозапилення дали 64 рослини F2.

1. Яка може бути висота рослин F1?
2. Скільки різних фенотипів може бути в F2?
3. Яку висоту можуть мати рослини з генотипом $L_1L_1L_2L_2$?
4. Скільки рослин можуть мати висоту менше 60 см?

5. При схрещуванні рослини пшениці, що має щільний остистий колос, з рослиною з нещільним безостим колосом в першому поколінні всі рослини мали безосте колосся середньої щільності. У другому поколінні було отримано: 58 безостих із щільним колосом, 125 безостих із колосом середньої щільності, 62 безостих із нещільним колосом, 18 остистих з щільним колосом, 40 остистих з колосом середньої щільності і 21 з остистим нещільним колосом. Як успадковуються ознаки? Які генотипи вихідних рослин і гібридів F1? Яка частина рослин в F2 буде мав остистий нещільний колос?

Контрольні запитання:

1. Що ви знаєте про систематику пшениць?
2. Чи має рід Пшениця поліплоїдний ряд? Якщо так, охарактеризуйте його.
4. Які генетичні механізми контролю основних морфологічних ознак у пшениці м’якої?
5. Як контролюється стійкість рослин пшениць до основних патогенів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

Тема. **Вивчення успадкування ознак у ячменю**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю ознак ячменю

Матеріали та обладнання: зразки сортів дворядного та багаторядного ячменю

Методичні вказівки.

Ознайомтесь із народногосподарським значенням культури, особливостями, які надали можливість використовувати ячмінь як модельний об'єкт для генетичних досліджень. Вивчаючи класифікацію роду *Hordeum* L., зверніть увагу на класифікації С.А Нєвського та А.Я. Трофімовської. Після вивчення каріотипу ячменю ви повинні знати морфологічну будову всіх семи пар хромосом.

Необхідно розглянути генетичні механізми контролю таких морфологічних, ознак, як число рядів-зерен у колосі, ламкість колосового стрижня, ознаки остюків (довжина, наявність зубців), зернин (форма, наявність плівок, забарвлення алейронового шару), висота рослин, форма листків. Серед біологічних ознак приділіть увагу успадкуванню ознак озимість-яровість, скоростиглість, механізмам генної та цитоплазматичної чоловічої стерильності.

Важливими є біохімічні ознаки. Ознайомтесь із генетичними механізмами контролю антоціанового забарвлення рослин, наявності воскового шару, вмісту білків (гордеїнів, глютенінів).

Розгляньте основні гени, які контролюють стійкість рослин ячменю до борошнистої роси, іржи, гельмінтоспорозу, вірусних хвороб. Ознайомтесь із основними напрямками селекції ячменю.

Завдання 1. Розв’яжіть генетичні задачі.

1. У ячменю дворядність колоса (А) домінує над багаторядністю (а), нещільний колос (В) над щільним (b). Ознаки успадковуються незалежно. Рослину з домінантним гомозиготним генотипом схрестили з рослиною, що має рецесивні ознаки. У другому поколінні отримано 320 рослин. Скільки різних генотипів і фенотипів в F2? Скільки рослин в F2 можуть

мати дворядний нещільний колос?

2. Схрещували дві лінії ячменю. Одна батьківська лінія мала голі зернівки і восковий наліт на рослині, а інша була з плівчастими зернівками і без воскового нальоту. У F1 отримали рослини з плівчастим зерном і восковим нальотом. В F2 отримали 342 рослини: 82 рослини мали голі зернівки і восковий наліт на рослинах; 90 рослин мали плівчасті зернівки, але у них був відсутній восковий наліт, а інші рослини мали плівчасті зернівки і восковий наліт.

Визначити фактичне розщеплення. Обрати гіпотезу успадкування і визначити теоретичне розщеплення. Написати схему схрещування. Обчислити χ^2-квадрат. Дати статистичну оцінку його величини. Зробити висновки про відповідність гіпотези успадкування фактичному розщепленню.

3. У ячменю утворення хлорофілу, що зумовлює зелене забарвлення рослин, контролюється комплементарними генами А і В. Якщо рослина має генотип Aabb, AAbb або aabb, то хлорофіл не утворюється, і вона буває білою. Рослина з генотипом aaBB або AaBb має жовте забарвлення. Від схрещування зелених гетерозиготних рослин між собою отримали 512 нащадків.

Скільки гібридів можуть мати біле забарвлення?

Скільки гібридів можуть мати жовте забарвлення?

Скільки зелених рослин дадуть гомозиготних нащадків?

Контрольні запитання:

1. Що ви знаєте про каріотип ячменю?
2. Які генетичні механізми контролю основних морфологічних ознак рослин ячменю?
3. Які генетичні механізми контролю біохімічних ознак ячменю?
4. Що ви знаєте про генетику стійкості рослин ячменю до основних хвороб?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

Тема. **Генетика успадкування ознак у жита**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю ознак жита

Матеріали та обладнання: зразки сортів жита

Методичні вказівки.

Вивчення генетики жита почніть із походження та систематики роду, звертаючи увагу на характеристику видів та підвидів секції посівного жита. Ознайомтесь із каріотипом жита, морфологічною будовою всіх семи хромосом, генотиповим потенціалом мінливості ознак жита.

Необхідно вивчити генетичні механізми контролю таких морфологічних ознак, як висота рослини (основну увагу приділити карликовим формам), ламкість соломини, будова та форма листків, колоса. Важливими є такі фізіологічні ознаки як тип та швидкість розвитку (озимість-яровість, ранньо- та пізньостиглість), наявність форм із чоловічою стерильністю. Серед біохімічних ознак важливо знати генетичні механізми контролю наявності або відсутності воскового шару на різних частинах рослини, наявності антоціанового забарвлення стебла, листків, колосків.

Відомо, що жито є перехреснозапильним видом, в якого діє гаметофітна система несумісності. Ретельно вивчіть розділ про автостерильність-автофертильність жита, зверніть увагу на двогенний генетичний контроль реакції самонесумісності, можливість виникнення мутацій у цих генах.

З'ясуйте генетичні механізми контролю стійкості рослин жита до основних хвороб (борошнистої роси, бурої іржі, стеблової іржі).

Ознайомтесь із основними напрямками селекції жита.

Завдання 1. Розв’яжіть генетичні задачі.

1. При схрещуванні забарвлених (фіолетові сходи від присутності антоціану) рослин жита з незабарвленими рослинами (зелені сходи внаслідок відсутності антоціану) в F_2 було одержано 4584 забарвлених та 1501 зелених рослин. Як успадковується ознака? Який фенотип мають рослини F_1?

2. Зеленозерний сорт жита при схрещуванні з білозерним дає в F_1 зелені насінини, а в F_2 – розщеплення за забарвленням: 89 насінин зелених, 28 жовтих, 39 білих. Як успадковується забарвлення насіння? Що одержимо, якщо схрестити гібриди F_1 з гомозиготними жовтозерними і білозерними рослинами?

3. При схрещуванні двох ліній жита - з гіллястим і нормальним колосом, в першому поколінні всі рослини були з нормальним колосом, у другому поколінні - 392 рослини з нормальним колосом і 107 рослин з зеленим колосом. Як успадковується ця ознака?

4. Від схрещування рослин озимого жита з опушеними та неопушеними квітковими лусочками в першому поколінні були отримані рослини з опушеними квітковими лусочками, а в другому - 227 з опушеними та 82 з неопушеними. При схрещуванні гібридів F_1 з рослинами з неопушеними квітковими лусочками було отримано: 110 з опушеними й 98 з неопушеними лусочками. Як успадковується ознака? Визначте генотипи вихідних рослин і F_1. Що буде отримано, якщо схрестити гібриди F_1 з вихідними батьківськими рослинами з опушеними лусочками?

5. При схрещуванні рослин жита з нормальними листками з рослинами, що мають гофровані листки, у першому поколінні всі рослини виявились з нормальними листками, а в другому виявлено 564 з нормальними та 198 з гофрованими листками. Як успадковується ознака? Які генотипи мали рослини F_1 і F_2? Яке схрещування слід поставити для перевірки вашого припущення і які результати ви очікуєте отримати?

Контрольні запитання:

1. Що ви знаєте про каріотип жита?
2. Які генетичні механізми контролю основних морфологічних ознак рослин жита?
3. Які генетичні механізми контролю біохімічних ознак жита?
4. Що ви знаєте про генетику стійкості рослин жита до основних хвороб?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

Тема. **Генетика успадкування ознак у кукурудзи**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю ознак кукурудзи

Матеріали та обладнання: зразки качанів сортів та гібридів кукурудзи з маркерними ознаками підвидів

Методичні вказівки.

Народногосподарське значення культури. При вивченні теми необхідно ознайомитись із класифікацією роду, генетичним центром походження кукурудзи, особливостями кукурудзи як класичного модельного об'єкта для генетичних та цитогенетичних досліджень. Зверніть увагу на каріотип кукурудзи, вивченість морфологічної будови хромосом.

При ознайомленні з генетичним потенціалом мінливості проаналізуйте підвиди та форми кукурудзи, наявність колекційних зразків у генетично-селекційних установах України, можливість виявлення генетичного потенціалу методами мутагенезу, поліплоїдії, анеуплоїдії.

Вивчення генетики ознак розпочніть із генетичних механізмів контролю антоціанового забарвлення різних частин рослини, звертаючи увагу на наявність дев'яти неалельних генів, які відповідають за розвиток забарвлення. Ви маєте знати генетичні механізми контролю забарвлення тканин рослини, листків, алейронового шару ендосперму зернівки (ксенії), перикарпію зернівки. При вивченні генетики морфологічних ознак необхідно звернути увагу на гени, які контролюють структуру листків, наявність на них воскового шару, структуру стебла та коренів. Велику увагу приділіть вивченню генетики репродуктивних органів: гаметофітних генів та контролю запилення, генній чоловічій стерильності, цитоплазматичній чоловічій стерильності, жіночій стерильності, мутаціям «зміщення» статі, іншим мутаціям квіток і суцвіть.

Важливою складовою частиною генетики кукурудзи є вивчення генетичних механізмів контролю структури та біохімічного складу ендосперму. Ви повинні вивчити гени, що контролюють розвиток ендосперму цукрової, зубовидної, восковидної кукурудзи. Важливою

ознакою є якісний та кількісний вміст білка в зерні (мутації *o*2, *fl*2).

При вивченні генетичних механізмів контролю стійкості до патогенів та шкідників зупиниться на стійкості до південного та північного гельмінтоспоріозу, південній плямистості листків, бурої та південної іржі, стійкості до листкової попелиці.

Ознайомтесь з основними напрямками селекції кукурудзи.

Завдання 1. Розв'яжіть генетичні задачі.

1. У *кукурудзи* фертильний пилок утворюється на основі нормальної цитоплазми (Цит), а спадкова стерильність пилку обумовлена наявністю стерильної цитоплазми (ЦИТ). Домінантний ген *Rf* відновлює фертильність, і стерильна цитоплазма проявляє свою дію тільки в поєднанні в рецесивними алелями цього гена (*rfrf*).

Визначити співвідношення фертильних і стерильних рослин в наступних схрещуваннях: а) ЦИТ *rfrf* × ЦИТ *RfRf*; б) ЦИТ *rfrf* × ЦИТ *Rfrf*; в) ЦИТ *Rfrf* × ЦИТ *Rfrf*; г) ЦИТ *rfrf* × ЦИТ *rfrf*.

Які генетичні системи батьківській лінії будуть повністю відновлювати фертильність стерильною по пилку лінії (ЦИТ *rfrf*)? Яка генетична система фертильної батьківській лінії буде закріплювати стерильність лінії ЦИТ *rfrf*?

2. При схрещуванні рослини зі стерильним пилком із рослиною, що має стерильну цитоплазму, отримано потомство, яке цілком складається з фертильних рослин. Визначити генетичну систему батька.

3. У кукурудзи дві пари ознак (нормальний ріст-карликовість, стійкість-сприйнятливість до гельмінтоспоріозу) успадковуються незалежно. Гетерозиготна рослина F1, що має нормальний ріст і стійка до гельмінтоспоріозу, була запилена пилком рослини, що має обидві ознаки в рецесивним стані. У F_a отримали 496 рослин:

Скільки типів гамет може утворити материнська рослина F1?

Скільки різних фенотипів можуть мати рослини F_a?

Скільки рослин F_a, можуть бути стійкими до гельмінтоспоріозу?

Скільки рослин F_a можуть бути стійкими до гельмінтоспоріозу і мати нормальну висоту?

Скільки різних генотипів може утворитися в F_a?

4. У кукурудзи забарвлення алейронового шару визначається комплементарною взаємодією генів *A* і *Pe*, які в домінантному стані зумовлюють фіолетове забарвлення алейронового шару, а в рецесивному - незабарвлений алейроновий шар. Якщо в генотипі присутній домінантний комплементарний алель *A* і рецесивний *pe*, алейрон має червоне забарвлення, при всіх інших поєднаннях генів - біле. При схрещуванні двох ліній кукурудзи, що мають генотип *AAPePe* з лінією, що має незабарвлений алейрон (*aapepe*), в F1 отримали 24 рослини з зафарбованим алейроном. Від самозапилення рослин F1, було отримано 160 рослин F2:

Скільки рослин в F2 могли мати зафарбований алейрон?

Скільки різних фенотипів може бути в F2?

Скільки різних генотипів може бути в F2?

Скільки гомозиготних рослин можуть мати незабарвлений алейроновий шар?

Скільки гомозиготних рослин можуть мати зафарбований алейроновий шар в зернівці?

Контрольні запитання:

1. Де знаходиться центр генетичної різноманітності роду?
2. Що ви знаєте про каріотип кукурудзи?
3. Які генетичні механізми контролю основних морфологічних ознак рослин кукурудзи?
4. Які генетичні механізми контролю біохімічних ознак кукурудзи?
5. Що ви знаєте про генетику стійкості рослин кукурудзи до основних хвороб?
6. Які типи чоловічої стерильності кукурудзи ви знаєте? Чи використовують їх у селекції?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

Тема. **Вивчення успадкування ознак у зернобобових культур**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю ознак зернобобових культур (гороху, сої, квасолі)

Матеріали та обладнання: по одній рослині (3-5 бобів) кожної батьківської форми гороху – із жовтим гладеньким насінням (сорт Харківський еталонний) та із зеленим зморшкуватим насінням (сорт Гарде); 30-40 бобів з насінням F_2; по одній рослині кожної батьківської форми сої – сорт Аркадія одеська (бурі боби) та сорт Даная (світлі боби); 80-100 рослин сої (F_2), одержаних внаслідок самозапилення F_1; лупи, калькулятори

Методичні вказівки.

Горох. Ознайомтесь із народногосподарським значенням культури, систематикою та видовим складом роду Горох. Розгляньте морфологічну будову хромосом, каріотип виду *Pisum sativum,* особливості каріотипу *P. fulvum.*

Вивчення генетичних механізмів контролю ознак розпочніть із морфологічних: форма та гілкування стебла, листків, наявність воскового шару, форма та забарвлення квітки, бобів, насінин.

Серед фізіологічних ознак зверніть увагу на генетичні механізми контролю антоціанового забарвлення рослин, азотфіксації, часу цвітіння.

Вивчіть генетику хімічного складу насінин: загального вмісту білка та глобулінів запасних білків. Необхідно звернути увагу на генетичні механізми стійкості рослин гороху до основних хвороб та шкідників: фузаріозу, борошнистої роси, пероноспорозу, вірусних хвороб, довгоносиків, попелиць.

Ознайомтесь з основними напрямками та методами селекції гороху.

Соя. Вивчення теми почніть із ознайомлення з народногосподарським значенням культури, класифікацією роду. Ознайомтесь із каріотипом сої, біологією розмноження. При вивченні генетичних механізмів контролю морфологічних ознак зверніть увагу на будову стебла листків, опушення рослини. Особливе значення необхідно приділити ознайомленню з генетичними механізмами контролю забарвлення квітки, бобів, насінин.

Серед біологічних ознак вивчіть генетичні механізми контролю довжини вегетаційного періоду (скоро-, пізньостиглість), азотфіксації, хлорофільних мутацій.

З'ясуйте генетику біохімічних ознак: запасних білків, лектинів, білків-інгібіторів трипсину, ізоферментів (ліпоксигенази).

Вивчіть генетичні механізми контролю стійкості сої до основних хвороб (фітофторозних гнилей коренів, пероноспорозу, борошнистої роси, церкоспорозу, вірусу мозаїки сої).

Ознайомтесь з основними напрямками та методами селекції.

Генетика квасолі. Ознайомтесь із народногосподарським значенням культури, сучасною систематикою роду квасоля. При вивченні каріотипу зупиніться на каріотипі квасолі звичайної. Вивчіть особливості біології цвітіння та запилення.

Зверніть увагу на генетичні механізми контролю морфологічних ознак: характер росту стебла, будова листка, форма боба, насінини. Особливо уважно знайомтесь із генами, які контролюють забарвлення насінини, боба, квітки та стебла рослини.

Стійкість до основних хвороб є генетично контрольованою ознакою, вивчіть гени, які контролюють стійкість до звичайної та жовтої мозаїки, бурого бактеріозу, антракнозу, іржі.

Ознайомтесь з основними напрямками селекції квасолі.

Завдання 1. (*може виконуватися на основі даних навчальної практики із селекції; використовуються заздалегідь заготовлені планшети насіння гороху (F_2), отриманого від самозапилення гібридів F_1*):

1. Проаналізувати розщеплення гібридів F_2 гороху за забарвленням та формою насіння самостійно:

а) розділити насіння гороху на фенотипічні класи;

б) полічити горошини кожного фенотипічного класу, вирахувати співвідношення між ними;

в) підсумувати дані, отримані студентами групи та записати результат у таблицю 6;

Таблиця 6

Аналіз розщеплення у гібридів (F_2) гороху

Класи розщеплення	Очікуване розщеплення	Чисельність		p-q, (d)	$(d)^2$	$\frac{d^2}{q}$
		фактична, p	теоретична, q			

г) користуючись методикою розрахунку критерію χ^2 (додаток 2), визначити відповідність отриманих даних теоретично очікуваним;

д) зробити висновки щодо характеру успадкування забарвлення та форми насіння у гороху.

Завдання (*може виконуватися на основі даних навчальної практики із селекції*):

1. Проаналізувати розщеплення гібридів F_2 сої за забарвленням бобу:

а) розділити рослини сої на фенотипічних класи;

б) полічити рослини кожного фенотипічного класу та записати результат у таблицю 7;

Таблиця 7

Аналіз розщеплення у гібридів (F_2) сої

Класи розщеплення	Очікуване розщеплення	Чисельність		p-q, (d)	$(d)^2$	$\frac{d^2}{q}$
		фактична, p	теоретична, q			

в) розрахувати значення χ^2 та порівняти його із табличним (додаток 2);

г) зробити висновки про тип успадкування забарвлення бобу у сої та записати схему схрещування.

Завдання 2.

1. Розташуйте у відповідності кількість хромосом (2n = 7, 14, 14, 16, 22, 40) в соматичних клітинах видів рослин:

- горох посівний (*Pisum sativum* L.) – ____ ;
- соя культурна (*Glycine max* (L.) Merr.) – _____ ;
- квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) – _____ ;
- нут (*Cicer arietinum* L.) – _____;
- сочевиця (*Lens esculenta* Moench.) – _____.

Завдання 3. Розв'яжіть генетичні задачі.

1. У різних сортів гороху можуть формуватися листки різної морфології, що є генетично обумовленим явищем. Зокрема, звичайний ило плідних листок розвивається при наявності у генотипі домінантних генів *Af* та *Tl*. Безлисточковий листок з вусиком формується у випадку наявності у генотипі рецесивного алеля *af* та домінантного *Tl*. У інших випадках утворюється непарноперисті листки.

Схрестили рослини гомозиготного сорту гороху із ило плідних с листками та сорту із непарноперистими листками. В F_1 отримали 143, а у F_2 – 345 рослин. Які фенотипові класи рослин гороху та у якій кількості утворилося внаслідок проведеної гібридизації? Як успадковується форма

листків у гороху?

2.1. При схрещуванні високорослого сорту гороху із білими квітками з низькорослим сортом із пурпуровими квітками у F_1 отримали 120 високих рослин із пурпуровими квітками, а у F_2 : 969 – високих пурпурових; 321 – високих із білими квітками; 317 – низькорослих пурпурових; 113 – низькорослих із білими квітками. Як успадковуються дані ознаки у гороху?

2.2. При гібридизації квасолі було отримано 1120 рослин чотирьох фенотипових груп: 64 рослини мали жовті боби та біле насіння, 216 – жовті боби та чорне насіння, 202 – зелені боби та біле насіння, всі інші – зелені боби і чорне насіння. Поясніть характер успадкування цих ознак у квасолі?

2.3. У різних сортів гороху можуть формуватися листки різної морфології, що є генетично обумовленим явищем. Зокрема, звичайний парноперистий листок розвивається при наявності у генотипі домінантних генів *Af* та *Tl*. Безлисточковий листок з вусиком формується у випадку наявності у генотипі рецесивного алеля *af* та домінантного *Tl*. У інших випадках утворюється непарноперисті листки.

Схрестили рослини гомозиготного сорту гороху із парноперистими листками та сорту із непарноперистими листками. В F_1 отримали 143, а у F_2 – 345 рослин. Які фенотипові класи рослин гороху та у якій кількості утворилося внаслідок проведеної гібридизації? Як успадковується форма листків у гороху?

2.4. Для деяких білоквіткових сортів гороху характерною є увігнутість насіння. Округлу форму насіння визначає ген *Di*, а увігнутість – його рецесивний алель *di,* дія якого може пригнічуватися геном *R* . Рецесивний алель *r* не впливає на форму насіння.

Схрестили між собою два гомозиготних сорти гороху, що мали округлу форму насіння, генотипи *RRdidi* та *rrDiDi*. В F_1 отримали 122 одиниць насіння, а у F_2 – 1760. Як успадковується форма насіння у гороху? Скільки різних типів насіння могло бути в F_1 та F_2?

2.5. У гороху гени, що контролюють форму стебла, опушення рослин та забарвлення квіток, локалізовані в одній хромосомі. Сланка форма стебла визначається геном *P,* прямостояча – *p,* опушеність – *N*, її відсутність – *n,* пурпурове забарвлення квітів –*A,* біле – *a.*

Схрещували гомозиготну опушену рослину зі сланким стеблом і білими квітками із гомозиготною неопушеною рослиною, яка мала пряме стебло та пурпурові квіти. В F_1 було отримано 114 рослин, а в F_2 – 960. Вкажіть можливі фенотипи рослин F_1 та F_2. Як успадковуються дані ознаки гороху?

2.6. У сої гени *De, Mb, Rp* локалізовані у II хромосомі та визначають такі ознаки: *De* – нормальне опушення рослини, *Mb* – темне забарвлення рубчика насіння, *Rp*– стійкість до іржі. Їх рецесивні алелі обумовлюють альтернативні цим ознаки: коротке опушення рослини, світлий рубчик та схильність до ураження іржею.

На підставі результатів аналізуючого схрещування визначте порядок відносного розташування цих генів і відстань між ними у хромосомі (вказані алелі генів, що проявляють свою дію у фенотипі):

а) *DeMbRp – 134; DeMbrp – 9; dembRp – 12; dembrp– 145.*

б) *DeMbRp – 121 ; DeMbrp – 352 Dembrp – 37 ; DembRp – 9*

dembrp – 108, dembRp – 346; deMbrp–15 , deMbRp – 45.

4. У квасолі забарвлення бобів, волокнистість стулок бобів і забарвлення насіння успадковується незалежно. Домінують ознаки жовтого забарвлення бобів, безволокнистість стулок і чорне забарвлення насіння над зеленим забарвленням бобів, волокнистими стулками і білим забарвленням насіння. У аналізуючому схрещуванні рослини F1, гетерозиготної за всіма трьома генами, із батьківським сортом, який має всі ознаки у рецесивному стані, було отримано 64 рослини Fa. Написати схему схрещування і провести генетичний аналіз.

5. При гібридизації квасолі було отримано 1120 рослин чотирьох фенотипових груп: 64 рослини мали жовті боби та біле насіння, 216 – жовті боби та чорне насіння, 202 – зелені боби та біле насіння, всі інші –

зелені боби і чорне насіння. Поясніть характер успадкування цих ознак у квасолі?

6. У квасолі стійкість до антракнозу контролюється домінантним геном *Are*, сприйнятливість – рецесивна ознака. Стійкість до плямистості – рецесивна ознака, контролюється геном *d*, сприйнятливість – домінантна ознака. Схрещували стійкі до антракнозу та сприйнятливі до плямистості рослини із рослинами сприйнятливими до антракнозу та стійкими до плямистості. Записати схему схрещування, проаналізувати в F1 та F2.

Контрольні запитання:

1. Скільки хромосом міститься у каріотипі (2n) гороху посівного, сої, квасолі?
2. Які генетичні механізми контролю ознак насінини та боба гороху?
3. Які гени беруть участь у контролі фізіологічних та біохімічних ознак гороху?
4. Які генетичні механізми контролю стійкості рослин гороху до основних хвороб та шкідників ви знаєте?
5. Скільки хромосом мають ядра соматичних клітин сої?
6. Які генетичні механізми контролю росту стебла сої?
7. Які гени контролюють стійкість рослин сої до основних патогенів?
8. Що ви знаєте про каріотип та морфологічну будову хромосом квасолі?
9. Які генетичні механізми контролю форми та забарвлення боба квасолі?
10. Які генетичні механізми контролю стійкості рослин квасолі до основних хвороб ви знаєте ?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

Тема. **Вивчення успадкування ознак у круп'яних культур**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю ознак круп'яних культур (гречки, рису, проса, вівса)

Матеріали та обладнання: зразки сортів рису, проса, сорго, вівса, гречки

Методичні вказівки.

Генетика рису. Народногосподарське значення культури. Починати вивчення теми необхідно з опрацювання класифікації роду *Oryza,* ознайомлення з багаторічними та однорічними, дикими та культурними видами роду, походження культурного виду.

Приділіть увагу вивченню каріотипу рису, морфологічної будови хромосом виду *Oryza sativa,* геномному складу видів роду (геноми A, B, C, D, E, F).

Серед морфологічних ознак велике значення має тип росту. Зверніть увагу на генетику короткостебельності рису, пам'ятайте, що існує понад 50 генів карликовості.

Опрацюйте генетичні механізми контролю ознак волоті та зернівки: щільність волоті, опушеність квіткових лусок, розміри зерна та довжини зернівки, пам'ятайте про зверхдовгі, довгі, середні та короткі зернівки, забарвлення перикарпію (білий, коричневий, червоний, пурпурний колір).

Для одержання гібридів рису перспективним може бути використання цитоплазматичної чоловічої стерильності, джерела якої знайдені серед американських сортів. З'ясуйте, чи є відновлювачі фертильності та закріплювачі стерильності у рису.

Необхідно опрацювати генетичні механізми стійкості до пірікуляріозу, гельмінтоспоріозу, бактеріальній плямистості, вірусу смугастості, стійкості до шкідників: коричневої, зеленої цикадок.

Вивчити необхідно генетичні механізми контролю таких біохімічних

ознак, як вміст білка та склад крохмалю (високий вміст амілози).

Ознайомтесь з основними напрямками селекції рису.

Генетика вівса. Приступаючи до вивчення теми, ознайомтесь із класифікацією роду, його каріотипом, наявністю поліплоїдного ряду видів вівса. На основі міжвидової гібридизації ознайомтесь із походженням геномів A, C, D вівса, тетра- (AC) та гексаплоїдних (ACD) видів.

Вивчення генетики ознак почніть із морфологічних (висота рослини, форма волоті, наявність воскового шару, опушення зовнішньої колоскової луски, забарвлення верхньої квіткової луски, остистості, голозерності та плівчастості).

Серед біологічних ознак зверніть увагу на скоростиглість та морозостійкість, серед біохімічних — на вміст білка та незамінних амінокислот. Необхідно вивчити генетичні механізми контролю стійкості до основних хвороб: корончастої, стеблової іржі, сажки, борошнистої роси.

Вивчіть основні методи і напрямки селекції вівса.

Генетика проса. Народногосподарське значення культури. Ознайомтесь із класифікацією роду *Panicum,* каріологією, звертаючи увагу на наявність поліплоїдного ряду, з особливостями розмноження проса, біологією цвітіння та запліднення.

Вивчення генетики ознак починайте із забарвлення зернівок. Які форми мають забарвлене зерно: грубо- чи тонкоплівчасті? Вивчіть генетичні механізми взаємодії забарвлення (каштанове, жовте, червоне) та смугастості. Зверніть увагу на гени, які контролюють розвиток білого та інших світлих забарвлень зерна. Ознайомтесь із генами, що контролюють антоціанове забарвлення рослин проса.

Вивчіть типи волотей проса (розкидиста, розлога, зжата, овальна, комова), наведіть приклади генів, які беруть участь у контролі їх утворення.

Серед морфологічних ознак рослин проса необхідно приділити увагу висоті рослин, крупності насінин, плівчастості, вивчити гени, що контролюють ці ознаки.

Опрацьовуючи розділ про генетику стійкості до сажки, з'ясуйте моногенний характер контролю вертикальної стійкості.

Ознайомтесь із основними напрямками та методами селекції.

Генетика гречки. Народногосподарське значення культури. Ознайомтесь із класифікацією та походженням гречки. При вивченні каріології гречки зверніть увагу на наявність ди- та тетраплоїдних видів, маленькі розміри хромосом, формулу каріотипу виду - гречка звичайна. Генетичний потенціал мінливості гречки має привернути вашу увагу наявністю великого різноманіття форм за різними ознаками: коротко-стебельні, детермінантні та індетермінантні, ранньо- і пізньостиглі, з мілким та крупним зерном, з різною плівчастістю тощо.

Вивчаючи морфологічні ознаки, в першу чергу зверніть увагу на ознаки стебла: гілкування його, наявність чи відсутність коротко-стебельних форм, детермінантних форм. Зверніть увагу на генетичні механізми контролю забарвлення листків, віночка квітки, форми плодів. Ознайомтесь із генетикою гетеростилії квіток гречки.

Завдання 1.

1. Розташуйте у відповідності кількість хромосом (2n = 16, 24, 28, 36, 42) в соматичних клітинах видів рослин:

- гречка культурна (*Fagopyrum esculentum* Moench.) – ____ ;
- овес посівний (*Avena sativa* L.) – _____ ;
- рис посівний (*Oryza sativa* L.) – _____ ;
- просо звичайне (*Panicum miliaceum* L.) – _____.

Завдання 2. Розв’яжіть генетичні задачі.

1. У *рису* округла форма зернівки контролюється геном *rk*, борошнистий ендосперм – рецесивним алелем *wx*. При схрещуванні рослин з округлою зернівкою і склоподібним ендоспермом з рослинами, що мають довге зерно і борошнистий ендосперм, отримали рослини з подовженою зернівкою і склоподібним ендоспермом. При аналізуючому

схрещуванні отримали приблизно порівну рослин: з подовженою склоподібною, подовженою борошнистою, округлою склоподібною і округлою борошнистою зернівкою. Як пояснити успадкування ознак? Із чим потрібно схрестити F1, щоб отримати рослини з довгим склоподібним зерном?

2. Схрестили два сорти рису: один має червоні овальні колоскові луски, другий – червоні подовжені колоскові луски. У потомстві було отримано 3/8 червоних овальних, 3/8 червоних подовжених, 1/8 білих овальних і 1/8 білих подовжених. Визначте домінантні гени і генотипи батьківських форм, а також їх нащадків.

3. Схрестили рис нормальної висоти з червоним зерном із рисом-карликом із червоним зерном. У F1 всі рослини були нормальної висоти; 75% - з червоним зерном і 25% - з білим. Визначте генотипи батьків і нащадків, якщо відомо, що у рису червоний колір зерна домінує над білим, а нормальна висота – над карликовістю.

4. Схрестили рослини рису з червоним зерном і довгим листям з рослинами рису з білими зерном і коротким листям. Яке може бути потомство, якщо червоне забарвлення і короткі листки домінують, при цьому обидві батьківські рослини гетерозиготні за домінантними генами?

5. У рису остистість *A* домінує над безостістю *a*, чорне забарвлення колосків *B* – над жовтим забарвленням *b*. Остисту жовтоколосу рослину схрещено з гомозиготною безостою червоноколосою рослиною.

Визначити генотипи і фенотипи: а) рослин F1; б) нащадків від зворотного схрещування F1 з остистим іло плідни батьком; в) потомства від зворотного схрещування F1 з безостим червоноколосим батьком.

6. У зерен рису луски можуть бути жовтими (*it*) або смугасті (*zer*), форма зерна – довга або кругла. Гомозиготну рослину з довгими жовтими плодами схрещено з гомозиготною, яка мала округле смугасте зерно. У першому поколінні зерно округле жовте. Яке зерно буде у другому поколінні? Що вплине у зворотному схрещені на форму з довгим

смугастим зерном? Що вийде в першому і другому поколіннях при схрещуванні сортів із округлим жовтим і довгим зеленим зерном?

7. У рису пурпурове забарвлення листя домінує над зеленим, а опушена поверхня – над гладкою. Пурпурову гладеньку рослину схрещено з зеленою опушеною. Отримано 320 пурпурових опушених і 312 пурпурових гладких. Які будуть фенотипи і генотипи нащадків, отриманих від схрещування цих двох типів гібридів між собою?

8. Схрещено два сорти рису: один з них має гладке насіння: (*gl*) і червоне забарвлення квіткових лусок *R*, а в іншого сорту насіння опушені (*Gl*), квіткові луски жовті *r*. Гібриди F1 і F2 самозапилюються. Яке насіння і луски будуть на рослинах у рік схрещування, на наступний рік і через два роки?

9. У *вівса* стійкість до сажки домінує над ураженістю. Рослину сорту, ураженого сажкою, схрещено з рослиною, гомозиготною за стійкістю до цієї хвороби. Визначити:

а) генотипи і фенотипи гібридів F_1;

б) генотипи і фенотипи гібридів F_2,

в) результати поворотних схрещувань гібридів F_1 з кожною з батьківських форм.

10. Схрещено два сорти вівса. В одного зерно чорного кольору (генотип $A_1A_1A_2A_2$), у другого – жовтого (генотип $a_1a_1a_2a_2$). Рослини, що мають проміжний генотип, фенотипово відрізняються різними відтінками забарвлення (темно-сіре, сіре, світло-сіре). Визначте фенотипи при схрещуванні $A_1a_1A_2a_2$ х $A_1a_1A_2a_2$.

11. Припустимо, що відмінність за врожайністю між двома чистими сортами вівса, один з яких дає близько 4 г зерна, а інший – близько 10 г на одну рослину, залежить від трьох незчеплених полігенів А1, А2, А3. Які будуть фенотипи F1 і F2 від схрещування між цими сортами?

12. Схрещування рослин вівса з чорним зерном між собою серед нащадків було 317 чорнозерних, 76 сірозерних і 24 білозерних рослин; схрещування цих же іло плідни рослин з білозерною дало 151 рослину з

чорним зерном, 79 – з сірим і 74 – з білим. Поясніть результати розщеплення. Як успадковується забарвлення зерна у вівса? Визначте генотипи вихідних форм.

13. У *гречки* розмір зерна визначається взаємодією двох алелів одного гена, колір взаємодією двох інших алелів. При схрещуванні рослин зі світлими зернами в F1 з'явилося розщеплення: 1 частина з темними, 2 частин зі світлими, 1 частина з білими. Відомо, що половина рослин мала великі зерна, а половина – дрібні. Розрахуйте частку рослин (у відсотках) зі світлими дрібним насінням вF2?

14. У гречки червоне забарвлення квітки контролюється двома полімерними генами *Ant1* та *Ant2*. схрещували рослини з темно-червоними квітками з рослинами з білими квітками (рецесивна ознака). Записати схему схрещування, проаналізувати розщеплення за фенотипом у F1 та F2.

15. При схрещуванні гомозиготної рослини гречки з необмеженим ростом з гомозиготною рослиною, що має обмежений тип росту, в F_1 отримали 125 рослин з необмеженим типом росту. Як успадковується тип росту у гречки? Яка ймовірність появи гомозиготних рослин гречки з необмеженим ростом в F_2?

16. У проса темне забарвлення зерна контролюється геном *D*, жовте – геном *Y*, причому *D* є епістатичним до *Y*. Схрестили темно зерні та жовто зерні рослини. Записати схему схрещування та пояснити розщеплення за фенотипом у F2, якщо рецесивна дигомозигота є білозерною.

17. При схрещуванні гомозиготної чорвонозерної рослини *проса* з рослиною, що має зерна блідого забарвлення все гібридне зерно (F1) було темно-червоного забарвлення. У другому поколінні було проаналізовано зерно 2048 рослин, які розподілилися за кольором наступним чином: 486 рослин мали темно-червоне забарвлення зерна, 810 – червоне, 540 – темно-рожеве, 180 – рожеве, 30 – бліде забарвлення і у 2 рослин зерно було незабарвленим. Як успадковується забарвлення зерна у проса? Скільки генів контролюють утворення пігменту? Визначте генотипи батьківських рослин і гібридів з F_2, що дають зерна червоного кольору.

Контрольні запитання:

1. Які генетичні механізми контролю короткостебельності рису?

2. Як успадковуються ознаки волоті та зернівки у рису?

3. Чи знайдені джерела ЦЧС у рису і чи використовуються вони в селекції?

4. Що відомо про генетичні механізми контролю стійкості рослин рису до патогенів та шкідників?

5. Чи існує поліплоїдний ряд у роді вівса?

6. Які гени контролюють основні морфологічні ознаки рослин вівса?

7. Які генетичні механізми контролю забарвлення зернівок у проса?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №8

Тема. **Вивчення успадкування ознак в олійних культур**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю ознак олійних культур

Матеріали та обладнання: зразки сортів та гібридів соняшника, ріпаку, льону

Методичні вказівки.

Соняшник. Народногосподарське значення культури. Ознайомтесь із систематикою роду (*Helianthus* L.), генетичним потенціалом мінливості.

Вивчіть особливості біології цвітіння соняшнику, які перешкоджають проходженню самозапилення.

Генетика ознак соняшника вивчена незадовільно, але зверніть увагу на контроль антоціанового забарвлення, колір пиляків та пилку, форми квіток (язичкова-трубчаста), ознак насінини (форма, забарвлення, лузжистість, панцирність), чоловічої стерильності.

Вивчаючи генетику стійкості соняшника до основних хвороб та шкідників, зверніть увагу на стійкість до іржи, борошнистої роси, плямистості листків, заразихи, соняшникової молі.

Вивчіть основні напрямки та завдання селекції соняшника.

Генетика ріпаку. Народногосподарське значення культури. Ознайомтесь із систематикою та походженням ріпаку, генетичним потенціалом мінливості.

При вивченні каріології ріпаку зверніть увагу на наявність шести типів хромосом у геномах видів родини *Brassica,* поліплоїдну природу ріпаку.

Вивчіть генетичні механізми контролю деяких ознак: висоти рослин, розміру та числа листків, стручків, гілок І порядку. Візьміть до уваги проміжний тип успадкування зимо- та посухостійкості, довжини вегетаційного періоду, вмісту білка в зеленій масі.

Особливу увагу зверніть на вивчення генетичного механізму контролю вмісту ерукової кислоти та глікозинолатів у насінні ріпаку.

Генетичні механізми контролю стійкості рослин ріпаку до основних хвороб вивчені слабо, відомі гени, що контролюють стійкість до кіли та чорної ніжки, вивчіть їх.

Ознайомтесь із основними напрямками селекції культури.

Генетика льону. Народногосподарське значення культури. Ознайомтесь із походженням льону, каріологією його (зверніть увагу на гетерогенність за числом і розмірами хромосом) та генетичним потенціалом мінливості. Вивчення генетики почніть із ознак квітки (забарвлення пелюсток, їх форма, забарвлення пиляків) та насінини.

Успадкування ознак урожайності волокна та його якості недобре вивчено, але ознайомтесь із генетичними механізмами контролю висоти та технічної довжини стебла, вмісту та якості волокна, стійкості до вилягання.

Лляна олія має широке використання, тому необхідно ознайомитись із деякими генетичними механізмами контролю ознак «вміст» та «якість олії».

Льон був модельною культурою при вивченні генетичних механізмів стійкості рослин до збудника іржі. Пригадайте гіпотезу Флора «ген для гена», вивчіть генетичні механізми контролю стійкості до різних рас збудника. Зверніть увагу на генетику стійкості льону до борошнистої роси.

Ознайомтесь із основними напрямками селекції культури.

Завдання 1.

1. Розташуйте у відповідності кількість хромосом (2n = 24, 26, 30, 34, 38) в соматичних клітинах видів рослин:

- соняшник однорічний (*Helianthus annuus* L.) – ____ ;
- льон звичайний, довгунець (*Linum usitatissimum* L.) – _____ ;
- ріпак озимий (*Brassica napus* L.) – _____ ;
- кунжут (*Sesamum indicum* L.) – _____.

Завдання 2. Розв'яжіть генетичні задачі.

1. У *соняшнику* гени, що зумовлюють забарвлення сходів і фертильність пилку, локалізовані в одній хромосомі. Ознака зеленого забарвлення проростків (w^+) є домінантою по відношенню до антоціанової (*w*), нормальна фертильність (f^+) домінантна по відношенню до зниженої (*f*). При схрещуванні гомозиготної рослини з домінантними ознаками з рослинами, які мали рецесивні ознаки, було отримано 18 рослин в F1, від перезапилення яких було отримано 196 рослин в F2.

1. Скільки різних типів гамет може утворити рослини в F1?
2. Скільки рослин в F1, мають домінантні ознаки?
3. Скільки різних генотипів може бути в F2?
4. Скільки рослин F2 матимуть обидві ознаки в домінантному стані?
5. Скільки рослин F2 можуть мати обидві ознаки в рецесивним стані?

2. У соняшнику наявність панцирного шару в сім'янці домінує над відсутністю його і успадковується моногенно. При апробації встановлено, що 4% сім'янок не мають панцирного шару. Яка частота домінантного алелю в популяції?

3. У *льону* ген *Y* контролює сіре забарвлення оболонки насінини, рецесивний алель зумовлює жовте її забарвлення. Ген *M* зумовлює коричневе забарвлення оболонки насінини і є епістатичним до гена *Y*, рецесивний алель *m* зумовлює розвиток жовтого забарвлення. Схрестили рослини із сірими оболонками насінини з рослинами із коричневими оболонками насінини. Записати схему схрещування, пояснити наслідки в F1 та F2.

4. У льону стійкість до фузаріозного в'янення є домінантною ознакою і контролюється геном *Fu* сприйнятливість – рецесивна ознака. Стійкість до борошнистої роси контролюється домінантним геном *Ol*, сприйнятливість – рецесивним алелем. Схрещували стійкі до обох захворювань рослини зі сприятливими. Записати схему схрещування, проаналізувати розщеплення за фенотипом у F1 та F2.

Контрольні запитання:

1. Які гени контролюють розвиток морфологічних ознак соняшника?
2. Що ви знаєте про генетичні механізми контролю чоловічої стерильності у соняшника?
3. Як контролюється стійкість до основних хвороб (іржа, несправжня борошниста роса) та шкідників рослин соняшника?
4. Які генетичні механізми контролю морфологічних ознак ріпаку?
5. Які гени контролюють вміст ерукової кислоти та глікозинолатів у ріпаку?
6. Що ви знаєте про генетичні механізми стійкості рослин ріпаку до хвороб?
7. Які генетичні механізми успадкування ознак пелюсток квітки льону?
8. Що ви можете сказати про успадкування у льону ознак висоти та технічної довжини стебла, вмісту та якості волокна?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9

Тема. **Вивчення успадкування ознак у овочів**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю ознак овочів

Матеріали та обладнання: зразки сортів та гібриди помідора, огірка, перцю, капусти, цибулі, моркви, баклажана

Методичні вказівки.

Ознайомтесь із класифікацією роду *Solanum* L., каріотипом різних видів. Зверніть увагу на генетичний потенціал мінливості роду (одно-, багаторічні, кущові, ліаноподібні та ін.).

Вивчення генетичних механізмів контролю ознак почніть із морфологічних: висота рослин (детермінантні - індетермінантні, карликові), форма листків, форма та забарвлення квітки, плоду.

Серед фізіологічних ознак зверніть увагу на наявність форми з чоловічою стерильністю, генетичний контроль ознаки.

Ознайомтесь із генетичними механізмами контролю до основних хвороб (фітофтороз, вертицилюльоз). Вивчіть основні напрямки та методи селекції.

Завдання 1. (*може виконуватися на основі даних навчальної практики із селекції; використовуються заздалегідь заготовлені планшети рослин помідора (F_2) із різною будовою листка, отриманих від самозапилення гібридів F_1)*:

1. Проаналізувати розщеплення гібридів F_2 помідора за типом листка (розсічений, картоплевидний):

а) розділити рослини на фенотипічні класи;

б) полічити рослини кожного фенотипічного класу та записати результат у таблицю 8:

Таблиця 8

Аналіз розщеплення у гібридів (F_2) помідора

Класи розщеплення	Очікуване розщеплення	Чисельність		p-q, (d)	$(d)^2$	$\frac{d^2}{q}$
		фактична, p	теоретична, q			

в) розрахувати значення χ^2, порівняти його із табличним (додаток 2);

г) записати схему схрещування та зробити висновки про характер успадкування типу листка.

Завдання 2.

1. Розташуйте у відповідності кількість хромосом (2n = 14, 16, 18, 18, 24, 24, 24, 30) в соматичних клітинах видів рослин:

- помідор звичайний (*Solanum lycopersicum*) – ____ ;
- баклажан (*Solanum melongena* L.) – _____ ;
- перець однорічний або овочевий (*Capsicum anuum* L.) – _____ ;
- огірок звичайний (*Cucumis sativus* L.) – _____ ;
- капуста городня (*Brassica oleracea* L.) – _____.;
- морква (*Daucus carota* L.) – _____ ;
- цибуля ріпчаста (*Allium cepa* L.) – _____ .

Завдання 3. Розв'яжіть генетичні задачі.

1. У *помідора* у 2-ій хромосомі знаходяться гени *suf*, що детермінують світло-зелене забарвлення листя, і *bip*, що детермінують сильно розсічене листя. Домінантні алелі цих генів *Suf* і *Bip* зумовлюють нормальний прояв забарвлення і форму листка. Рослини з рецесивними ознаками запилювали пилком гомозиготних рослин з домінантними ознаками. У F1 отримали 18 рослин, а в F2 – 104. Скільки рослин F1 будуть дигетерозиготними? Скільки фенотипів буде в F2? Скільки рослин F2 з домінантними ознаками, дадуть гомозиготне потомство?

2. У помідора ген А спричиняє кулясті плоди, а ген В зумовлює двокамерні плоди. Ці гени локалізовані в I хромосомі на відстані 36 кросоверних одиниць. Від схрещування гомозиготних рослин з домінантними ознаками з рослинами, що мають рецесивні ознаки – грушоподібні і багатокамерні плоди, отримали 83 рослини F1. Від схрещування їх з лінією аналізатором в Fa отримали 400 рослин. Яка ймовірність утворення рослинами F1 кросоверних гамет? Скільки рослин

Fa будуть іло плідних? Скільки рослин Fa матимуть кулясті і двокамерні плоди?

3. У помідорів куляста форма плоду *O* домінує над грушоподібною *o*, червоне забарвлення плодів *R* – над жовтим *r*, двокамерність плодів *Lc* – над багатокамерністю *lc*. Який фенотип матимуть гібриди F_1 при схрещуванні двох рослин із генотипом: *OoRRLclc* ?

4. При схрещуванні сортів *перцю* з жовтими і коричневими плодами в першому поколінні були отримані рослини з червоними плодами. При схрещуванні гібридів першого покоління між собою було отримано 182 рослини з червоними плодами, 61 рослина з жовтими плодами, 59 рослин з коричневими плодами і 20 рослин із зеленими плодами. Визначити тип успадкування і написати схему схрещування.

5. Червоне забарвлення цибулини у *цибулі* визначається домінантним геном, жовте забарвлення – рецесивним геном. Але прояв забарвлення можливий тільки за наявності іншого домінантного гена, рецесивний алель якого пригнічує забарвлення (в цьому випадку цибулини будуть білим). Червоноцибулинні рослини схрещувалися між собою. У потомстві виявилися особини: 61 із червоними цибулинами, 22 із жовтими цибулинами, 27 із білими цибулинами. Визначити тип успадкування і написати схему схрещування.

6. У цибулі цитоплазматична чоловіча стерильність обумовлена плазмагенов $ЦИТ^S$ і рецесивними ядерними генами *msms*. Домінантний ядерний ген *Ms* в гомозиготному або гетерозиготному стані обумовлює розвиток у рослин фертильной пилку. Плазмагени $ЦИТ^N$ обумовлює розвиток фертильной пилку при будь-якому поєднанні в генотипі ядерних генів. Все потомство від схрещування стерильного рослини цибулі з фертильним виявилося фертильним. Визначте генотипи схрещується рослин.

7. У *капусти* стійкість до борошнистої роси і фузаріозного в'янення – домінантні ознаки, сприйнятливість – рецесивна ознака. Гетерозиготну рослину, стійку до борошнистої роси і сприйнятливий до фузаріозного

в’янення, схрещено з гетерозиготною рослиною, стійкою до фузаріозного в’янення і сприйнятливою до борошнистої роси. Визначте: 1) генотип потомства F1; 2) фенотип потомства від іло плідних схрещування гібридів F1.

8. Від схрещування двох сортів капусти, один з яких стійкий, а інший сприйнятливий до захворювання несправжньої борошнистої роси, в F_1 отримали 101 рослину (всі вони були стійкі до несправжньої борошнистої роси). В F_2 було одержано 1200 рослин. Скільки рослин F_2, стійких до несправжньої борошнистої роси, будуть давати потомство, яке не буде розщеплюватися? Скільки рослин F_2 будуть гетерозиготами?

9. У *моркви* жовте забарвлення коренеплоду домінує над червоним. Рослину з червоним коренеплодом схрестили з гомозиготною рослиною, що має жовтий коренеплід. У F_1 отримали 315 рослин, в F_2 – 1180.

Скільки різних типів гамет може утворити рослина F_1?

Скільки рослин з рецесивними ознаками може бути в F_2?

Скільки гетерозиготних рослин може бути в F_2?

Скільки домінантних гомозиготних рослин може бути в другому поколінні?

Скільки рослин F_2 можуть мати червоне забарвлення коренеплоду?

10. У *баклажана* темно-синє забарвлення плодів проявляється тільки у тому випадку, якщо в генотипі містяться два домінантних гена – *D* і *P*. При всіх інших поєднаннях домінантних і рецесивних алелів даних генів рослини мають білі плоди. Яке потомство можна очікувати від двох іло плідних рослин, одна з яких гетерозиготна за геном *D*, а інша – за геном *P*?

11. В *огірка* ген *B*, який зумовлює чорне забарвлення шипиків на плоді, є епістатичним до гена B_1, який зумовлює розвиток коричневих шипиків. Що одержимо в F_1 та F_2 при схрещуванні рослин з чорними та коричневими шипиками, якщо рецесивна дигомозигота має білі шипи?

Контрольні запитання:

1. Що ви знаєте про генетичні механізми контролю висоти рослин помідорів?

2. Як контролюється форма та забарвлення плодів помідорів?

3. Чи притаманне для помідора явище чоловічої стерильності? Якщо так, чим воно зумовлене?

4. Які генетичні механізми контролю стійкості помідорів до основних хвороб?

5. Які гени беруть участь у контролі основних морфологічних ознак цибулі?

6. Як контролюється стійкість до патогенів у капусти?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 10

Тема. **Вивчення успадкування ознак у технічних культур**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю технічних культур (цукрового буряка, картоплі, конопель, бавовника)

Методичні вказівки.

Генетика картоплі. Народногосподарське значення культури. Ознайомтесь із генетичним центром походження, історією завезення картоплі на інші континенти, зокрема в Європу, систематикою видів картоплі, генетичним потенціалом мінливості. Вивчення генетики ознак картоплі почніть із ознайомлення з її поліплоїдним рядом. Зверніть увагу на гаметофітну систему несумісності та її генетичний контроль у картоплі. Особливо ретельно ознайомтесь із генетикою тетраплоїдів та особливостями успадкування ознак у них. Складний генетичний контроль забарвлення органів рослини вимагає посиленого вивчення. Ознайомтесь із наявністю генів основи та генів проявлення в контролі забарвлення бульб, їх вічок, квіток рослин картоплі, плейотропною дією генів забарвлення. При вивченні генетичних механізмів контролю забарвлення м'якуша бульб зверніть увагу на наявність пари комплементарних генів C та Y. Ознайомтесь із генами, які беруть участь у контролі форми листків та віночка квіток рослин.

Серед біохімічних прикмет особливе значення має вміст крохмалю, вивчіть генетичні механізми контролю ознаки.

Ознайомтесь із генетичними проблемами, які заважають любий сорт використовувати для виготовлення чипсів і вимагають створення спеціальних «чипсових» сортів.

Вивчаючи стійкість рослин картоплі до патогенів, особливу увагу приділіть стійкості до фітофтори, раку картоплі, парші, вірусних хвороб, нематод. Ознайомтесь із основними напрямками селекції культури.

Генетика буряка. Народногосподарське значення культури. Класифікація роду *Beta,* генетичні центри походження. Каріотип буряків, хромосомні числа культурних та диких видів, морфологічна будова хромосом *B.*

vulgaris. Генетичний потенціал мінливості. Методи його вивчення: мутагенез, поліплоїдія, міжвидова гібридизація.

Генетика морфологічних ознак. Успадкування форми коренеплоду, його забарвлення, зверніть увагу на генетичний механізм контролю синтезу флавоноїдів та бетанінів, генотипи коренеплодів з білим забарвленням. Необхідно ознайомитись із генотиповою та фенотиповою однорічністю («цвітухою») буряків, яка є небажаною для сільськогосподарського виробництва.

Вивчіть генетичні механізми одно- та багатонасінності плодів буряка, з'ясуйте генотипи одно-, дво-, та багатонасінних клубочків. Для успішного одержання гібридів найкращим шляхом є використання чоловічої стерильності. Вивчіть типи чоловічої стерильності буряків, генетичні механізми контролю генної чоловічої стерильності та цитоплазматичної чоловічої стерильності, можливість їх використання в селекційній роботі.

Необхідно мати уяву про вміст цукрів у коренеплодах різних різновидів буряків (кормових, столових, цукрових), а також про полігенний характер успадкування ознаки цукристості.

Вивчаючи генетичні механізми стійкості рослин буряків до патогенів, зверніть увагу на такі шкодочинні хвороби, як церкоспороз, пероноспороз і вірусні захворювання — жовтуху, мозаїку та курчавість верхівки.

Ознайомтесь з основними напрямками селекції сортів столових, кормових та цукрових буряків.

Генетика бавовнику. Народногосподарське значення культури. Ознайомтесь із систематикою та походженням бавовнику, генетичним потенціалом мінливості. Зверніть увагу на наявність ди- та тетраплоїдних видів, які мають шість геномів: *A, B, C, D, E* та *AD,* з'ясуйте, яким видам належать ці геноми.

Вивчаючи генетику ознак, зверніть увагу на генетичні механізми контролю опушення насінини, забарвлення волокна, таких полігенних ознак як урожайність, якість волокна (довжина та розривне навантаження).

Основною шкодочинною хворобою бавовнику є вертицильозне в'янення. Вивчіть генетику стійкості до цієї хвороби.

Зверніть увагу на стійкість рослин бавовнику до певних шкідників.

Ознайомтесь із основними напрямками селекції бавовнику.

Завдання 1. (*може виконуватися на основі даних навчальної практики із селекції; використовуються заздалегідь заготовлені планшети плодів рослин буряка (F_2)*:

1. Проаналізувати розщеплення гібридів F_2 столового буряка за кількістю насінин у плоді (одна чи декілька) самостійно:

а) розділити рослини F_2 на фенотипічних класи (однонасінні, багатонасінні);

б) полічити рослини кожного фенотипічного класу та записати результат у таблицю 9:

Таблиця 9

Аналіз розщеплення у гібридів (F_2) столового буряка

Класи розщеплення	Очікуване розщеплення	Чисельність		p-q, (d)	$(d)^2$	$\frac{d^2}{q}$
		фактична, p	теоретична, q			

в) розрахувати значення χ^2 та порівняти його із табличним (додаток 2);

г) зробити висновки та записати схему схрещування.

Завдання 2.

1. Розташуйте у відповідності кількість хромосом (2n = 18, 20, 24, 48, 52) в соматичних клітинах видів рослин:

- цукровий буряк (*Beta vulgaris* L.) – ____ ;
- бавовник звичайний (*Cossypium hirsutum* L.) – _____ ;
- картопля (*Solanum tuberosum* L.) – _____ ;
- коноплі звичайні (*Cannabis sativa* L.) – _____ ;

Завдання 2. Розв'яжіть генетичні задачі.

1. У буряка конічна форма коренеплоду домінує над циліндричною. Рослину з конічним коренеплодом схрестили з гомозиготною рослиною, що має циліндричний коренеплід. У F_1 отримали 315 рослин, в F_2 – 1180.

1) Скільки різних типів гамет може утворити рослина F_1?

2) Скільки рослин з рецесивними ознаками може бути в F_1?

3) Скільки гетерозиготних рослин може бути в F_2?

4) Скільки домінантних гомозиготних рослин може бути в другому поколінні?

5) Скільки рослин F_2 можуть мати циліндричну форму коренеплоду?

2. У буряка ген *Y* визначає жовте забарвлення коренеплодів, рецесивний алель – біле забарвлення. Домінантний ген *R* зумовлює червоне забарвлення, рецесивний алель гена – біле забарвлення. Схрещували рослини із жовтими та червоними коренеплодами, в F 1 одержали рослини з фіолетовими коренеплодами. Записати схему схрещування, проаналізувати розщеплення за фенотипом у F2.

3. У *картоплі* домінантний алель гена ***Ac*** зумовлює нормальний синтез антоціану, червоно-фіолетове забарвлення бульб і квіток рецесивний алель – квіток і бульб. Ген ***I*** пригнічує утворення антоціану в бульбах, але не перешкоджає його синтезу в квітках, які мають червоно-фіолетове забарвлення. Алель ***i*** на прояв забарвлення не впливає. Визначте яку забарвлення матимуть бульби і квітки гібридів, отриманих від схрещування рослин з генотипами ***AcAcIi*** та ***acacIi***.

4. У картоплі ген *R* зумовлює розвиток колесовидної форми квітки, рецесивний алель визначає розвиток зірчастої форми квітки. Ген *L* зумовлює розвиток звичайних розсічених листків, рецесивний алель контролює розвиток нерозсічених листків. Схрестили рослини із колесовидними квітками та розсіченими листками з рослинами із зірчастими квітками та нерозсіченими листками. Записати схему схрещування та проаналізувати розщеплення за фенотипом у F1 та F2.

5. У картоплі два комплементарні гени *C* та *Y* зумовлюють синє забарвлення м'якуша бульб. Поясніть, чому при схрещуванні двох рослин із білим м'якушем бульб у F1 одержали рослини із синім м'якушем. Що можна очікувати з F2?

6. У *бавовнику* домінантний алель гена *B* зумовлює коричневе забарвлення волокна, алель *b* – біле. Ген *A* пригнічує прояв коричневого і білого забарвлення і зумовлює зелене забарвлення волокна. Рецесивний алель *a* не впливає на прояв забарвлення волокна. Визначте, яке забарвлення матимуть волокна гібридів, отриманих від схрещування рослин з генотипами *aabb* і *AaBb*.

Контрольні запитання:

1. Як успадковується багатонасінність у цукрового буряка?
2. Які механізми генетичного контролю успадкування забарвлення та форми коренеплоду у буряка?
3. Які генетичні механізми контролю стійкості картоплі до основних хвороб?
4. Які гени беруть участь у контролі основних морфологічних ознак картоплі?
5. Який генетичний механізм успадкування забарвлення волокна у бавовнику?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 11

Тема. **Вивчення успадкування ознак у баштанних культур**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю ознак баштанних культур (кавуна, дині, гарбуза)

Матеріали та обладнання: планшети із насінням гібридів F_2 кавуна

Методичні вказівки.

Кавун столовий (*Citrullus lanatus*) генетично вивчений недостатньо, список описаних генів невеликий. Мутанти за геном dw_1 мають короткі міжвузля, карликовий зріст, обумовлені коротшими клітинами, ніж у нормальних рослин. У рослин з геном dw_2 карликовість обумовлена меншою кількістю клітин міжвузль. Розсічений листок у кавуна – домінантна ознака, цілий – рецесивна. Ген *nl* у гомозиготному стані викликає цілолистість у кавуна.

Форма плоду успадковується за принципом неповного домінування гену *O* овальної форми над сферичною (*o*). При цьому можливий адитивний ефект. Гладенька поверхня плоду (*F*) домінує над сегментованою (*f*). Темне забарвлення (*G*) завжди домінує над світлим (*g*). Різні відтінки забарвлення визначаються генами-модифікаторами.

Забарвлення насіння і його морфометричні показники є ознаками визначення сорту кавуна. Встановлено, що домінуючою є середня довжина насіння. Коротке (*s*) та довге (*i*) насіння є рецесивними ознаками до насіння середнього розміру. До того ж ген *s* є епістатичним до гена *i (s>i)*.

Забарвлення шкірки насінини кавуна детермінують 3 гени – *r, t, w.* При їх поєднанні та взаємодії виникає чорне, жовте або біле насіння. Домінантними є буре або оливкове забарвлення насіння, що переважає серед дикорослих форм виду *C. lanatus*.

Вченими встановлено, що основні компоненти цукристості кавуна (глюкоза, фруктоза, сахароза) успадковуються незалежно та контролюються неалельними генами з адиттивною дією.

Найпоширенішими хворобами кавунів є антракноз та фузаріозне в'янення. Резистентність до антракнозу є домінантною ознакою і контролюється геном *Ar*. Стійкість до фузаріозного в'янення успадковується полігенно, контролюється двома неалельними генами.

Завдання 1. (*може виконуватися на основі даних навчальної практики із селекції; використовуються заздалегідь заготовлені планшети насіння кавуна (F_2)*:

1. Проаналізувати розщеплення гібридів F_2 кавуна за довжиною насіння самостійно:

а) розділити насіння кавуна на 4 фенотипічних класи;

б) полічити насінини кожного фенотипічного класу та записати результат у таблицю 10:

Таблиця 10

Аналіз розщеплення у гібридів (F_2) кавуна

Класи розщеплення	Очікуване розщеплення	Чисельність		p-q, (d)	$(d)^2$	$\frac{d^2}{q}$
		фактична, p	теоретична, q			

а) розрахувати значення χ^2 та порівняти його із табличним (додаток 2);

б) зробити висновки та записати схему схрещування.

Завдання 2.

1. Розташуйте у відповідності кількість хромосом (2n = 14, 22, 24, 40) в соматичних клітинах видів рослин:

- кавун столовий (*Citruilus lanatus*) – ____ ;
- гарбуз звичайний (*Cucurbita pepo* L.) – _____ ;
- диня (*Cucumis melo* L.) – _____ .

Завдання 3. Розв’яжіть генетичні задачі.

1. У *кавуна* дві пари ознак (округлі – подовжені і зелені – смугасті плоди) успадковуються незалежно. Рослини F_1, у яких були округлі і зелені плоди, схрестили між собою. У F_2 отримали 160 рослин. Скільки рослин F_2 матимуть округлі і смугасті плоди? Скільки з них дадуть потомство, яке не буде розщеплюватися?

2. М’якоть плодів у кавуна може бути жовтою (ген *B*), червоною (ген *bb*) і білою (ген *Wf*). Внаслідок схрещування рослин із жовтою і білою м’якоттю у F_1 всі рослини тільки з білою м’якоттю плодів, а у F_2 спостерігалось розщеплення: 12 біла, 3 жовта і 1 червона м’якоть. Поясніть механізм успадкування забарвлення м’якоті плодів у кавуна.

3. У фігурних *гарбузів* ген *W* зумовлює біле забарвлення плодів, його рецесивний алель – жовте, ген *D* – дископодібну форму плода, а *d* – кулеподібну. Які гамети утворюються рослинами гарбуза з приведеними нижче генотипами і якими будуть форма і забарвлення плодів в потомстві від кожного із схрещувань:

а) *WWdd x WwDD* б) *WwDd x wwdd*

4. У гарбуза (*Cucurbita pepo*) є сорти з різною формою плоду: сферичною, дископодібною і подовженою. Сферична форма плоду є рецесивною по відношенню до дископодібної. Від схрещування рослин з плодами сферичної форми (різного походження) з’являються гібридні рослини, які мають плоди тільки дископодібної форми. В F_2 від схрещування рослин F_1 між собою з’являються всі три можливих фенотипових класи в співвідношенні: 9 дископодібних : 6 сферичних : 1 подовжений. Визначити тип успадкування цих ознак і генотипи батьківських форм.

5. У *дині* помаранчева м’якоть (ген *Wf*) домінує над білою (*wf*). Рослину з помаранчевими плодами схрестили з гомозиготною рослиною, що має білу м’якоть плоду. У F_1 отримали 115 рослин, в F_2 – 580.

Скільки рослин з рецесивними ознаками може бути в F_2?

Скільки гетерозиготних рослин може бути в F_2?

Скільки рослин F_2 можуть мати помаранчеву м’якоть плоду?

Контрольні запитання:

1. Який механізм успадкування забарвлення м’якоті у кавуна?
2. Як успадковується форма та забарвлення плодів у гарбуза
3. З чим пов’язана ознака короткоплетистості у дині?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 12

Тема. **Вивчення успадкування ознак у плодових та ягідних культур**

Мета: вивчити генетичні механізми контролю ознак плодових та ягідних культур

Завдання 1.

1. Розташуйте у відповідності кількість хромосом (2n = 14, 16, 16, 32, 34, 48, 56) в соматичних клітинах видів рослин:

- вишня звичайна (*Cerasus vulgaris* Mill.) – ____ ;
- абрикос (*Armeniaca vulgaris* Lam.) – _____ ;
- персик звичайний (*Persica vulgaris* Mill.) – _____ ;
- суниця садова, полуниця (*Fragaria ananassa*) – _____ ;
- слива домашня (*Prunus domestica* L.) – _____;
- яблуня домашня (*Malus domestica* Borkh.) – ____ .

Завдання 2. Розв'яжіть генетичні задачі.

1. У *персика* округла форма плодів (*O*) домінує над овальною (*o*), опушеність плодів (*G*) над його відсутністю (*g*). Яким буде фенотип гібридів F_1 від схрещування гомозиготного персика із круглими плодами без опушення та рослини із опушеними плодами овальної форми. Яким буде покоління F_2?

2. У *черешні* (*Cerasus avium* (L.) відомі сорти із червоним і жовтим забарвленням ягід (кістянок). При схрещуванні червоноплідних рослин із жовтоплідними в F_2 було одержано 4584 рослин із червоними плодами та 1501 – жовтими. Як успадковується ознака? Який фенотип мають рослини F_1?

3. У *суниці* рожеві плоди *R* домінують над білими *r*. Від схрещування гомозиготного червоноплідного сорту суниці з гомозиготним сортом, що має білі плоди, в F_1 отримано 35 рослин, а в F_2 – 412.

1) Скільки рослин F_1 були гетерозиготними?

2) Скільки різних фенотипів було в F_1?

3) Скільки рослин F_2 мали рожеві плоди і давали іло плід нащадків?

4) Скільки рослин F_2 мали рожеві плоди і давали різних нащадків?

5) Скільки різних генотипів було в F_2?

4. При схрещуванні між собою рослин червоноплідної суниці вони завжди дають потомство з червоними плодами, а рослини білоплідної – з білими плодами. Від схрещування цих сортів отримують гібриди з рожевими ягодами. Яке потомство слід очікувати при схрещуванні між собою рослин суниці з рожевими ягодами, якщо припустити моногенний контроль цієї ознаки?

5. У *яблуні* найбільш бажаною селекційною формою плодів вважаються округла та плоскоокругла, що дозволяють більш економічно використовувати плодову тару і ємність плодосховищ.

Для селекції гібридів з округлою формою плодів схрестили рослини сортів Айдаред та Мекінтош і отримали у другому поколінні 1480 нащадків, серед яких 1105 мали округлу форму плодів., 375 – подовжену. Як успадковується округла форма плодів у яблуні? Підтвердіть свою думку схемою схрещування.

Контрольні запитання:

1. Назвіть генетичні особливості успадкування господарсько-цінних ознак у персика.

2. У чому полягає генетичний контроль стійкості яблуні до парші?

3. Чому від схрещування червоноплідної та білоплідної суниці гібриди матимуть рожеве забарвлення ягід?

4. Наведіть приклади поліплоїдних рядів, характерних для ягідних культур.

Додаток 1

Значення критерію *t* на 5% і 1 % рівні значущості

(імовірність $P_{0,95}$ та $P_{0,99}$ відповідно)

Число ступенів свободи	Рівень значущості		Число ступенів свободи	Рівень значущості	
	0,05	0,01		0,05	0,01
1	12,71	63,66	18	2,10	2,88
2	4,30	9,93	19	2,09	2,86
3	3,18	5,84	20	2,09	2,85
4	2,78	4,60	21	2,08	2,83
5	2,57	4,03	22	2,07	2,82
6	2,45	3,71	23	2,07	2,81
7	2,37	3,50	24	2,06	2,80
8	2,31	3,36	25	2,06	2,79
9	2,26	3,25	26	2,06	2,78
10	2,23	3,17	27	2,05	2,77
11	2,20	3,11	28	2,05	2,76
12	2,18	3,06	29	2,05	2,76
13	2,16	3,01	30	2,04	2,75
14	2,15	2,98	50	2,01	2,68
15	2,13	2,95	100	1,98	2,63
16	2,12	2,92	∞	1,96	2,58
17	2,11	2,90			

Додаток 2

Генетичний аналіз гібридного потомства F2 з обчисленням критерію χ^2

Дані, отримані при безпосередньому підрахунку, або вимірі вирощених рослин у польових або лабораторних умовах називаються фактичними. Вони не завжди збігаються з даними, отриманими розрахунковим шляхом, тобто теоретично очікуваними. Відхилення фактично отриманих величин від теоретично очікуваних зв'язане найчастіше з невеликою кількістю аналізованих гібридів, тому що при недостатній кількості особин у потомстві закон більших чисел не проявляється.

Відхилення можуть бути невеликими, тоді їх вважають випадковими і нехтують ними. При великих розходженнях між теоретично очікуваним і емпіричним результатом гіпотеза, висунута для пояснення характеру успадкування ознаки, вважається невірною. В біологічних дослідах відхилення до 5 % вважаються випадковими. Величину відхилення знаходять за допомогою критерію відповідності χ^2 (*ксі-квадрат*) за формулою:

$$\chi^2 = \sum \frac{d^2}{q},$$

де d^2 – квадрат відхилення емпіричних (p) частот кожного фенотипу від теоретично очікуваних (q); $\sum$ - знак суми.

Приклад. При самозапиленні рослин гороху з червоними квітками одержали потомство, яке складається з 414 червоноквіткових рослин і 306 білоквіткових. Чи відповідає це розщепленню 3 : 1?

Розв'язання. По-перше, необхідно встановити який тип схрещування був проведений. Оскільки у гібридному потомстві тільки два фенотипові класи, схрещувалися батьки, які різнилися тільки за однією ознакою. Отже, проведено моногібридне схрещування, при якому розщеплення за фенотипом відповідає 3:1. Наявність розщеплення у потомстві свідчить про гетерозиготність батьків.

Припускаємо, що ознака "червоні квіти" контролюється домінантним алелем *A*, а ознака "білі квіти" — рецесивним — *a.* Звідси схема проведеного експерименту *P* ♀*Aa* х ♂ *Aa* →*F1 AA, 2Aa, aa.* 3/4 потомків повинні мати червоні і 1/4 — білі квіти. Перевіримо, чи відповідає одержаний і результат співвідношенню 3:1. Для цього складемо таблицю:

Класи розщеплення	Очікуване розщеп-лення	Емпіричний результат (*p*)	Теоретично очікуваний результат (*q*)	*p-q* (*d*)	d^2	$\frac{d^2}{q}$
Червоні квітки	3	414	540	-126	15876	29,4
Білі квітки	1	306	180	126	15876	88,2
Сума (∑)	4	720	720	0	–	$\chi^2_{емп.}$ = 117,6

Теоретично очікуваний результат (*q*) знаходимо так: із 720 одержаних рослин $^1/_4$ згідно з висунутою гіпотезою повинна мати білі квітки, $^3/_4$ — червоні. Всі подальші дії зрозумілі з таблиці. Якщо суми 3-ї і 4-ї колонки однакові, а сума 5-ї колонки дорівнює нулю, то розрахунки проведені вірно. Сума колонки 7 є $\chi^2_{емп.}$ У нашому прикладі $\chi^2_{емп.}$=117,6. Для оцінки вірогідності отриманих даних необхідно звернутися до таблиці (див. нижче).

Стандартні значення χ^2 за різних ступенів свободи
(за Р. Фішером, зі скороченням)

Число ступенів свободи (*df*)	Імовірність (Р)		
	0,05	0,01	0,001
1.	3,84	6,63	10,83
2.	5,99	9,21	13,82
3.	7,81	11,34	16,27
4.	9,49	13,28	18,47
5.	11,07	15,00	20,50

Робимо це так. Знаходимо кількість ступенів свободи *df* (*degree of freedom*) за формулою *df* = *n* – 1, де *n* — кількість класів розщеплення. У даному прикладі це число дорівнює 2, отже, *df* =

2-1=1.

Якщо $\chi^2_{емп.}<\chi^2_{табл.}$, то відхилення, що спостерігаються, не перебільшують або дорівнюють 5 %. Тобто, імовірність відхилення, що отримане, бути випадковим досить висока, а висунута гіпотеза приймається з імовірністю не менш як 95 %. Якщо $\chi^2_{емп.}>\chi^2_{табл}$ відхилення перевищують 5 % і упевненість у правильності генетичної гіпотези менша 95 %, її слід відкинути, висунути іншу гіпотезу і перевірити її таким же чином.

У розглянутому прикладі при двох класах розщеплення («червоні» і «білі» квітки) на рівні значущості 0,05 $\chi^2_{табл.}$ становить 10,6 і є меншим $\chi^2_{емп.}=117,6$. Отже, розходження між теоретично очікуваним і експериментальним результатом не випадкове. Гіпотеза не приймається.

Відповідь. Одержані результати схрещування не відповідають теоретично очікуваним при незалежному успадкуванні (розщеплення за фенотипом 3:1).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексєєва О. С., Тараненко Л. К., Малина М. М. Генетика, селекція і насінництво гречки. К. : Вища шк., 2004. 213 с.
2. Базалій В. В. Спеціальна генетика. Херсон : Олді-Плюс, 2019. 360 с.
3. Инге-Вечтомов С. И. Генетика с основами селекции. М. : Высш. шк., 2015. 591 с.
4. Бугайов В. Д., Васильківський С. П., Власенко В. А. Спеціальна селекція польових культур : навч. посіб. Біла Церква, 2010. 368 с.
5. Генетика развития растений / под ред. С. Г. Инге-Вечтомова. СПб. : Наука, 2000. 539 с.
6. Дубровна О. В., Лялько І. І., Тищенко О. М. Генетика якісних ознак буряків. Ін-т фізіології рослин і генетики НАН України. К. : Логос, 2010. 246 с.
7. ДСТУ 7128:2009 Сорт рослин. Загальні вимоги. [Чинний від 2010-06-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 22 с. (Інформація та документація).
8. Завірюха П. Д., Неживий З. П., Голячук Ю. С. Генетика рослин : практикум. Львів : Камула, 2014. 320 с.
9. Каталог вихідного матеріалу зернових, зернобобових культур та соняшнику для селекції на стійкість до основних хвороб і шкідників в умовах східного Лісостепу України / Петренкова В.П. та ін. Харків, 2016. 55 с.
10. Корхова М. М. Насіннєзнавство : конспект лекцій для здобувачів вищої освіти ступеня «Магістр» спеціальності 201 «Агрономія» денної форми навчання. Миколаїв : МНАУ, 2018. 96 с.
11. Марценюк І. М. Генетика : конспект лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2015. 152 с.
12. Марценюк І. М. Збірник тестових завдань із дисципліни "Спеціальна генетика" для студентів спеціальності 8.09010101 „Агрономія” освітньо-кваліфікаційного рівня “Магістр”. Миколаїв, 2012. 48 с.
13. Марценюк І. М. Спеціальна генетика : робочий зошит для практичних робіт здобувачів вищої освіти ступеня “магістр” спеціальності 201 “Агрономія”. Миколаїв : МНАУ, 2019. 68 с.
14. Музафарова В. А., Петухова І. А., Рябчун В. К., Падалка О. І. Генетична колекція ячменю ярого за стійкістю до хвороб. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 110. С. 107–116.

15. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин : підручник / Молоцький М. Я., Васильківський С. П., Князюк В. І., Власенко В. А. К. : Вища освіта, 2006. 463 с.
16. Чекалін М. М., Тищенко В. М., Баташова М. Є. Селекція і генетика окремих культур. Полтава : ФОП Говоров С. В., 2008. 368 с.
17. Орлюк А. П. Генетика пшениці з основами селекції : монографія : навч. посіб. для студентів агрономічних спец. ВНЗ II I-IV рівнів акред. Херсон : Айлант, 2012. 436 с.
18. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів: навчальний посібник / за ред. В. В. Кириченка, В. П. Петренкової. Х. : Інститут рослинництва їм. В. Я. Юр'єва, 2012. 320 с.

Навчальне видання

СПЕЦІАЛЬНА ГЕНЕТИКА

Методичні рекомендації

Укладач: **Марценюк** Ігор Михайлович

Формат 60х84 1/16. Ум. друк. арк. ____.

Тираж 50 прим. Зам. № __

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул.. Георгія Гонгадзе,9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.