

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр
насіннезнавства та сортовивчення

Лабораторія біохімії рослин

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора з наукової роботи
Селекційно-генетичного інституту –
Національного центру
насіннезнавства та сортовивчення



Файт В. І.

«27» травня 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
БІОХІМІЯ У СЕЛЕКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

з підготовки здобувачів ступеня доктора філософії (PhD)

Рівень вищої освіти – третій (освітньо-науковий)

Галузь знань – 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність – 201 «Агрономія»

Спеціалізація – селекція і насінництво

Робоча програма «Біохімія у селекції сільськогосподарських культур» з підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти ступеня доктора філософії (PhD) за напрямом (галуззю) знань 20 Аграрні науки та продовольство, спеціальністю 201 Агрономія.

Розробник:

Молодченкова О.О., доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії біохімії рослин СГІ – НЦНС.

Контакти: e-mail: olgamolod@ukr.net

Бібліометричні профілі та сторінки:

<http://www.sgi.in.ua/>

Робочу програму розглянуто на засіданні відділу селекції та насінництва пшениці СГІ – НЦНС (випускова кафедра), методичної комісії інституту, ухвалено рішенням вченої ради СГІ – НЦНС, протокол засідання № 5 від 26 травня 2021 року

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 3	Галузь знань <u>20 Аграрні науки та продовольство</u>	Вибіркова	
	Спеціальність <u>201 Агрономія</u>		
Змістових модулів – 1	Спеціалізація: <u>селекція і насінництво</u>	Рік підготовки	
Загальна кількість годин – 90		1-й Семестр	
Самостійна робота – 60		2-й Семестр	
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи аспіранта – 4	Освітньо-кваліфікаційний рівень: третій (освітньо-науковий) рівень	16 год.	16 год
		Лабораторно-практичні	
		14 год.	14 год
		Самостійна робота	
		60 год.	60 год
		Вид контролю: залік	

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить (%): для денної форми навчання – 35/65.

АНОТАЦІЯ

Біохімія рослин вивчає специфічні біологічні процеси у рослинах на молекулярному рівні, речовинний синтез та обмін речовин, взаємодію біомолекул при фотосинтезі, диханні, живленні, гормональній регуляції та відтворенні, що є основою глибокого розуміння функцій та еволюції рослин. Біохімія рослин сьогодні відіграє важливу роль як у селекції сільськогосподарських культур, так і у веденні усього сільськогосподарського виробництва. Адже вивчення процесів обміну речовин у рослин створює можливість керування їхнім розвитком. Пізнання закономірностей синтезу білків, вуглеводів, жирів, вітамінів та інших сполук спонукає створювати для відповідних культур умови, які забезпечують отримання бажаних сполук у оптимальній кількості. Цілеспрямована зміна біохімічного складу рослин селекційними та молекулярними методами – це надійний шлях до створення нових сортів рослин, цінних для сільського господарства.

Сучасне сільське господарство потребує прискорення процесу створення нових високопродуктивних і в той же час адаптабельних та з високою якістю зерна сортів сільськогосподарських культур. На даний час це є найважливішим завданням селекції як в умовах комфортного землеробства, так і, особливо, в умовах недостатнього ресурсного забезпечення сільськогосподарського виробництва під впливом біотичних та абіотичних стресових факторів навколишнього середовища. Успіх селекційної роботи в багатьох випадках залежить від наявності ефективних методів відбору селекційного матеріалу та знання механізмів, які приймають участь у формуванні показників якості зерна та стійкості рослин до

стресів різної природи. Добір на основі звичайних методів оцінки кількісних ознак не надійний, так як більшість господарсько-цінних ознак сильно варіює в залежності від зміни умов вирощування. Тому потрібен пошук нових підходів, одним із яких є використання сучасних методів біохімії рослин. Біохімічні методи дають можливість об'єктивно оцінювати генетично детерміновані біохімічні особливості сортів, порівнювати їх між собою, планувати підбір пар для схрещувань, контролювати напрям та скоротити терміни селекційного процесу. Вони проводяться в контрольованих умовах, потребують незначну кількість дослідного матеріалу та дозволяють оцінювати за короткий термін велику кількість сортозразків.

Саме на оволодіння знаннями з особливостей біохімічного складу рослин основних груп сільськогосподарських культур, можливістю керування процесів обміну речовин в рослині для отримання високої продуктивності культури і покращення якості отриманої продукції, стійкості рослин до несприятливих чинників середовища та ознайомлення з основними методами біохімічного аналізу та можливістю використання біохімічних показників в селекційному процесі спрямована дисципліна «Біохімія у селекції сільськогосподарських культур».

Програмні компетентності

Інтегральні компетентності (ІК)

ІК01 Здатність розв'язувати наукові задачі та проблеми, включно з прийняттям рішень щодо відбору даних та вибору методів досліджень для вивчення агрономічних наук (відповідно до спеціалізації селекція і насінництво) з використанням комплексу міждисциплінарних знань та проведенням власного наукового дослідження, результати якого мають науковуновизну, теоретичне і практичне значення та інтегруються у світовий науковий простір через публікації.

Загальні компетентності (універсальні) (ЗК)

ЗК05 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних наукових джерел. Здатність працювати з різними джерелами інформації, аналізувати та синтезувати її, виявляти не вирішені раніше задачі, формулювати наукові гіпотези.

ЗК08 Здатність презентувати результати своїх досліджень.

Фахові (спеціальні) компетентності (ФК)

ФК03 Вміння володіти інформацією щодо сучасного стану і тенденцій розвитку світової і вітчизняної агрономічної науки, зокрема селекційно-генетичних та досягнень суміжних наук.

ФК04 Здатність створювати нові знання через оригінальні дослідження, якість яких може бути визнана на національному та міжнародному рівнях.

ФК05 Здатність до встановлення природних передумов застосування конкретних модифікацій і методів досліджень, вибору раціональної методики польових і лабораторно-практичних робіт та оцінки необхідної точності вимірювань і якості кінцевих побудов, що необхідно підтвердити на прикладі власного дослідження

ФК06 Здатність до комплексного критичного аналізу різних інформаційних джерел, авторських методик, конкретних освітніх, наукових та професійних текстів з генетики, селекції, насінництва сільськогосподарських культур, суміжних наук.

ФК07 Здатність аналізувати, систематизувати та узагальнювати результати проведених експериментів і досліджень; робити висновки на основі одержаних досліджень, застосовувати їх у науковій та практичній сфері.

ФК09 Вміння розробляти систему експериментальних досліджень для практичного

підтвердження теоретичних допущень та реалізувати їх у селекційному процесі
ФК10 Здатність брати участь у критичному діалозі, наукових дискусіях на міжнародному рівні, відстоювати власну позицію, до прояву ініціативи щодо впровадження у виробництво результатів дисертаційного дослідження.

Програмні результати навчання (ПРН)

ПРН03 *Знання та володіння* сучасними концептуальними та методологічними знаннями при виконанні науково-дослідницької та/або педагогічної діяльності

ПРН04 *Грунтовні знання* предметної області, знання фундаментальних праць провідних вітчизняних та зарубіжних вчених у галузі дослідження. Формулювати мету власного наукового дослідження як складову загально-цивілізаційного процесу

ПРН05 *Вміння та навички* відслідковувати найновіші досягнення у агрономічній науці та знаходити наукові джерела, які мають відношення до сфери наукових інтересів аспіранта (здобувача). *Розуміння* наукових статей у сфері обраної спеціальності.

ПРН06 *Вміння та навички* аналізувати наукові праці, виявляючи дискусійні та малодосліджені питання, здійснювати моніторинг наукових джерел інформації стосовно проблеми, яка досліджується, встановлювати їх інформаційну цінність шляхом порівняльного аналізу з іншим джерелом.

ПРН07 *Вміння та навички* критично сприймати та аналізувати чужі думки й ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми, здійснювати критичний аналіз власних матеріалів

ПРН08 *Вміння та навички* організовувати та проводити комплексні дослідження у науково-дослідницькій діяльності.

ПРН13 *Вміння та навички* вільно спілкуватись в діалоговому режимі з широкою науковою спільнотою у відповідній галузі наукової та/або професійної діяльності.

Спеціалізація «Селекція і насінництво»

ПРН28 *Знання* біохімічної природи господарсько-цінної частини урожаю сільськогосподарських культур. *Вміння* створювати, оцінювати та добирати генотипи, які в найбільшій мірі відповідають за біохімічними і технологічними властивостями вимогам до харчової і продовольчої цінності продукту.

ПРН29 *Знання* сучасних методів дослідження біохімічного складу рослинних організмів; *Вміння* використовувати біоінформатичні методи для дослідження біохімічних процесів рослинного організму.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни «Біохімія у селекції сільськогосподарських культур» полягає в отриманні аспірантів системи сучасних теоретичних та практичних знань по біохімії рослин і можливості їх використання у селекції сільськогосподарських культур.

Завдання дисципліни «Біохімія у селекції сільськогосподарських культур» полягає в забезпеченні аспірантів, як майбутніх спеціалістів із агрономії, знаннями про будову, склад і функції основних класів органічних речовин рослинного організму, основи обміну речовин, особливості перебігу біохімічних процесів у рослинному організмі та їх значення й роль у формуванні якості й величини врожаїв сільськогосподарських культур, стійкості рослин до стресових факторів оточуючого середовища, основні методи біохімічного аналізу та можливості їх використання в селекційному процесі.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

знати:

- найважливіші теоретичні положення біохімії рослин;
- сутність фізіологічних і біохімічних процесів у рослинах;
- фізіолого-біохімічні закономірності росту й розвитку рослин;
- взаємозв'язок між різними фізіологічними та біохімічними процесами, їх роль у житті рослин та шляхи їх регулювання в онтогенезі з метою підвищення урожайності та покращання якості продукції; стійкості рослин до хвороб та абіотичних стресорів; залежність біохімічних процесів від умов навколишнього середовища;

-оптимальні значення основних біохімічних показників окремої рослини в конкретні етапи органогенезу або фази росту і розвитку основних сільськогосподарських культур;

вміти:

- застосовувати отримані знання безпосередньо для відбору біохімічних показників, необхідних при оцінках селекційного матеріалу;
- створювати структуризовані бази даних біохімічних показників посівів основних сільськогосподарських культур;
- визначати основні біохімічні показники окремої рослини і посіву загалом, а також градієнт лімітуючих факторів їх росту і розвитку.
- використовувати дані біохімічного аналізу для добору цінних генотипів сільськогосподарських культур

2. Програма навчальної дисципліни «Біохімія у селекції сільськогосподарських культур»

Змістова частина 1. Статична біохімія

Тема 1. Предмет і методи біохімії рослин. Хімічний склад рослин.

Особливості біохімічних процесів рослинних організмів. Значення біохімії рослин. Зв'язок з агрономією та іншими біологічними науками. Практичне значення. Статична (структурна) та динамічна (метаболічна) біохімія. Первинний (генеральний) та вторинний (спеціалізований) метаболізм. Методи біохімічних досліджень. Історія становлення й розвитку біохімії рослин. Елементарний і речовинний склад рослинних організмів. Коефіцієнт біологічного поглинання. Вміст і біологічна роль води. Загальна і біологічна роль неорганічних речовин, їхні форми знаходження.

Тема 2. Біохімія рослинної клітини.

Клітинні мембрани, їх будова і функції, принцип компартменталізації в клітині. Плазмалема і тонопласт. Клітинна стінка, її будова, функції, особливості у різних культур і тканин. Органели протопласту: ядро, ендоплазматичний ретикулум, апарат Гольджі, лізосоми, вакуолі, пластиди, мітохондрії, рибосоми, мікрофібрили, їх будова, особливості і значення у житті рослинної клітини. Функціональні взаємодії різних органодів клітини. Рослинна клітина як відкрита система. Регуляторні системи клітини. Внутрішньоклітинні механізми трансдукції сигналів і вторинні месенджери.

Тема 3. Загальна характеристика білків, вуглеводів, ліпідів рослин.

Загальна характеристика рослинних білків. Специфічні властивості рослинних білків. Повноцінні та неповноцінні білки. Класифікація білків. Прості та складні білки. Протеїногенні та непротеїногенні амінокислоти. Пептиди. Їх роль у рослинах. Амінокислотний склад рослинних білків. Властивості та особливості ферментів рослин.

Загальна характеристика вуглеводів, їхні функції, класифікація, характеристика окремих представників моно-, оліго- та полісахаридів. Структурні полісахариди клітинної оболонки рослин. Біосинтез та розпад вуглеводів: сахарози, крохмалю, целюлози та ін.

Загальна характеристика ліпідів, їх класифікація. Жири (рослинні олії). Загальна характеристика, вміст в рослинах, практичне значення. Склад рослинних олій. Жирні кислоти, їх особливості. Основні фізико-хімічні константи жирів. Ліпоїди: загальна характеристика та роль у рослинах. Фосфоліпіди, гліколіпіди, сфінголіпіди, стероїди, воски, кутин, суберин, розчинні в жирах пігменти. Біосинтез насичених та ненасичених жирних кислот. Синтез та розпад тригліцеридів. Розпад жирних кислот: α -окислення, β -окислення, ω -окислення.

Тема 4. Біологічно активні речовини та речовини вторинного походження.

Вміст, біологічна роль, будова та властивості специфічних рослинних речовин: органічних кислот, фенольних сполук, глікозидів, алкалоїдів, фотосинтетичних пігментів, вітамінів (жиро-, водорозчинних), регуляторів росту.

Тема 5. Нуклеїнові кислоти.

Відкриття та класифікація нуклеїнових кислот, їхня біологічна роль. Нуклеотиди. Первинна структура нуклеїнових кислот. Будова, структура і властивості ДНК. Характеристика окремих типів РНК. Фізичні та хімічні методи дослідження структури нуклеїнових кислот. Проведення та розшифрування ПЛР.

Змістова частина 2. Динамічна біохімія.

Тема 6. Метаболізм рослинного організму. Біохімія анаеробного та аеробного перетворення вуглеводів.

Поняття про метаболізм рослинного організму та його складові етапи. Аеробне перетворення вуглеводів, його види. Гліколіз, його біологічне значення, біохімічна характеристика. Процеси бродіння. Аеробне перетворення вуглеводів, його біохімічна характеристика. Цикл три карбонових кислот (цикл Кребса). Дихальний ланцюг. Окислювальне фосфорилування.

Тема 7. Біохімія фотосинтезу та хемосинтезу.

Фотосинтез, світлова фаза фотосинтезу. Фотосинтетичне фосфорилування. Темнова фаза фотосинтезу. Цикл Кальвіна. Особливості фотосинтезу у рослин C4-типу. Біохімічні процеси хемосинтезу.

Тема 8. Білковий обмін та обмін нуклеїнових кислот.

Загальні процеси дисиміляції білків та амінокислот. Протеоліз білків та його роль у рослинному організмі. Загальні шляхи біосинтезу амінокислот у рослин. Біосинтез білків. Процеси розкладу нуклеїнових кислот у клітині. Загальна схема біосинтезу нуклеотидів. Процеси реплікації та транскрипції ДНК.

Тема 9. Рослина як система структур і функцій.

Рівні структурної (клітина – тканина – орган – цілісний організм) та функціональної (фотосинтез, дихання, мінеральне живлення, водний обмін, стійкість, ріст і розвиток) організації рослинного організму. Механізми регуляції процесів життєдіяльності на різних структурних і функціональних рівнях організації рослинного організму: генетичні, гормональні, трофічні, ензиматичні, електрофізіологічні, донорно-акцепторні. Зовнішні фактори як чинники зміни рівня перебігу регуляторних процесів у рослині. Взаємодія та взаємообумовленість у функціонуванні структур та фізіолого-біохімічних процесів як комплементарної системи регуляції життєдіяльності рослин.

Змістова частина 3. Роль біохімії рослин у селекції сільськогосподарських культур

Тема 10. Основні біохімічні показники, що визначають якість зерна основних сільськогосподарських культур.

Якість зерна, основні біохімічні показники, які характеризують якість зерна сільськогосподарських культур. Сучасні біохімічні методи та методики визначення харчової, кормової та лікарської цінності продукції рослинництва. Використання біохімічних показників оцінки якості зерна в селекційному процесі. Біофортифікація сільськогосподарських рослин.

Тема 11. Біохімічні показники, пов'язані з формуванням стійкості до абіотичних несприятливих факторів середовища.

Загальні поняття: стрес, адаптація, стійкість. Тріада стресу (за Сельє). Специфіка стресової реакції рослин. Реакція-відповідь рослин на стрес (зміна експресії генів, включення синтезу стресових білків, перебудови мембранних систем, синтез протекторних речовин). Біохімія адаптаційного процесу. Каскадні реакції неспецифічного адаптаційного процесу: перекисне окислення ліпідів, синтез сумісних осмолітів, синтез БТШ та ін. Механізми, стратегії та види адаптацій рослин.

Посухостійкість рослин. Види посухи: атмосферна і ґрунтова. Еволюційні адаптації рослин-ксерофітів до водного дефіциту. Фізіолого-біохімічні механізми адаптації мезофітів до посухи. Екстремальні температури і рослини. Дія високих температур і жаростійкість рослин. Термінові адаптації рослин. Фізіолого-біохімічні механізми адаптації рослин до теплового шоку. Білки теплового шоку (БТШ): особливості синтезу, групи, функції молекулярних шаперонів. Дія низьких позитивних температур (холодостійкість), негативних температур (морозостійкість) і ґрунтово-кліматичних факторів (зимостійкість). Загартовування рослин. Фізіолого-біохімічні механізми формування холодостійкості, морозостійкості, зимостійкості. Солестійкість рослин. Галофіти, їхня класифікація і механізми еволюційних адаптацій до засолення ґрунтів. Рослини в умовах гіпоксії і аноксії. Вищі рослини і ультрафіолетова радіація. Забруднення шкідливими газами. Токсичність їхньої дії на рослини. Фізіолого-біохімічні механізми формування стійкості до газів (регулювання їх надходження, підтримка внутрішньоклітинного гомеостазу, детоксикація отрут, що утворюються). Особливості забруднення важкими металами. Їх токсичність для вищих рослин. Формування стійкості до важких металів – клітинні та молекулярні механізми. Радіаційна стійкість рослин та її механізми.

Тема 12. Основні біохімічні показники, пов'язані з формуванням стійкості рослин сільськогосподарських культур до хвороб.

.Стойкість рослин до біотичних факторів середовища. Основні положення імунітету рослин до патогенних мікроорганізмів. Біохімічні маркери стійкості, біохімічні методи оцінки стійкості генотипів сільськогосподарських культур до найбільш поширених хвороб. Пошкодження рослин речовинами, які застосовуються для боротьби з хворобами, шкідниками й бур'янами. Екологічно безпечні методи захисту рослин проти хвороб із застосуванням біологічно активних речовин.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин							
	денна форма навчання				заочна форма навчання			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		лекції	лаб.- практ	сам. р.		лекції	лаб.- практ	сам. р.
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
Змістова частина 1. Статична біохімія								
Тема 1. Предмет і методи біохімії рослин. Хімічний склад рослин	6	1	-	4	6	1	-	4
Тема 2. Біохімія рослинної клітини	5	1	-	4	5	1	-	4
Тема 3. Загальна характеристика білків, вуглеводів, ліпідів рослин	9	2	3	4	9	2	3	4
Тема 4. Біологічно активні речовини та речовини вторинного походження	7	1	3	4	7	1	3	4
Тема 5. Нуклеїнові кислоти								
Змістова частина 2. Динамічна біохімія								
Тема 6. Метаболізм рослинного організму. Біохімія анаеробного та аеробного перетворення вуглеводів	7	2	-	5	7	2	-	5
Тема 7. Біохімія фотосинтезу та хемосинтезу	6	1	-	5	6	1	-	5
Тема 8. Білковий обмін та обмін нуклеїнових кислот	8	1	2	5	8	1	2	5
Тема 9. Рослина як система структур і функцій	7	1	-	5	7	1	-	5
Змістова частина 3. Роль біохімії рослин у селекції сільськогосподарських культур								
Тема 10. Основні біохімічні показники, що визначають якість зерна основних сільськогосподарських культур	10	1	2	7	10	1	2	7
Тема 11. Біохімічні показники, пов'язані з формуванням стійкості до абіотичних несприятливих факторів середовища	11	2	2	7	11	2	2	7
Тема 12. Основні біохімічні показники, пов'язані з формуванням стійкості рослин сільськогосподарських культур до хвороб	9	2	2	6	9	2	2	6
Усього годин	90	16	14	60	90	16	14	60

3.1. Теми лабораторно-практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<i>Змістова частина 1</i>		
1	Визначення вмісту білка методом К'ельдаля	1
2	Визначення вмісту жиру екстракційним методом, жирнокислотного складу ліпідів насіння, олії методом газової хроматографії	1
3	Ознайомлення з методами визначення загальних фенольних сполук та флавоноїдів в рослинному матеріалі	1
4	Ознайомлення з методами визначення вуглеводів (вмісту цукрів антроновим методом, крохмалю поляриметричним методом, клітковини на автоматичному аналізаторі "Fibertec system M 1020 Hot extractor"	1
5	Визначення вмісту різних вітамінів у рослинному матеріалі	2
<i>Змістова частина 2</i>		
6	Ознайомлення з методами визначення активності протеолітичних ензимів та їх інгібіторів	2
<i>Змістова частина 3</i>		
7	Ознайомлення з методом проведення електрофорезу запасних білків насіння основних сільськогосподарських культур	2
8	Ознайомлення з експрес-методом оцінки посухостійкості за активністю лектинів в тканинах рослин зернових культур	2
9	Ознайомлення з біохімічними експрес-методами оцінки стійкості рослин зернових культур до фузаріозу	2
	Усього годин	14

3.2. Самостійна робота

Постійними завданнями для самостійної роботи є робота над лекційним матеріалом з конспектом та рекомендованою літературою; підготовка до лабораторних занять; виконання самостійних завдань.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
<i>Змістова частина 1</i>		
1	Історія становлення та розвитку біохімії рослин. Роль біохімії рослин в агрономії.	4
2	Структурна організація клітини - основа її функціонування як цілісної системи	4
3	Особливості біохімії зернових , зернобобових та олійних культур. Шляхи підвищення вмісту білка в продукції рослинництва. Шляхи впливу на вміст і склад ліпідів у олійних культур.	4
4	Поняття «речовини вторинного походження». Речовини вторинного метаболізму: їх ознаки, класифікація, значення в рослинному організмі, локалізація. Зміни вторинного метаболізму в онтогенезі. Екологічна роль речовин вторинного метаболізму. Характеристика їх класів.	4
5	Біологічна роль нуклеїнових кислот	4
<i>Змістова частина 2</i>		
6	Функції метаболізму рослинного організму, біологічне значення гліколізу та циклу Кребса.	5
7	Фотосинтез - унікальний біологічний процес. Розвиток вчення про фотосинтез. Роль фотосинтезу в процесах енергетичного й пластичного обміну рослинного організму. Структурна організація фотосинтетичного апарату, еволюція структури фотосинтетичного апарату.	5

1	2	3
8	Металолізм амінокислот, нуклеотидів у рослинному організмі	5
9	Рівні структурної (клітина – тканина – орган – цілісний організм) та функціональної (фотосинтез, дихання, мінеральне живлення, водний обмін, стійкість, ріст і розвиток) організації рослинного організму	5
<i>Змістова частина 3</i>		
10	Якість зерна сільськогосподарських культур та шляхи її підвищення. Роль біохімії рослин у вирішенні цієї проблеми	7
11	Методи оцінки стійкості зернових та зернобобових культур до несприятливих абіотичних факторів середовища. Фізіолого-біохімічні критерії оцінки стійкості рослин до абіотичних стресорів.	7
12	Основні категорії рослинного імунітету. Методи обліків та оцінки сільськогосподарських рослин на стійкість проти хвороб та шкідників. Використання біохімічних показників для оцінки селекційного матеріалу на стійкість до хвороб	7
Усього годин		60

3.3. Рекомендована література

Базова

- 1.Кобилецька М.С., Терек О.І. Біохімія рослин. Львів,2017. 270 с.
2. Злобін Ю.А. Курс фізіології і біохімії рослин. Університетська книга, 2019. 464 с.
- 3.Красильникова Л.А., АвксентьеваО.А., Жмурко В.В. / Биохимия растений . -Х. ХНУ имени В.Н. Каразина, 2011. 200 с.
4. Хейдт Г.-В. Биохимия растений, Бином. 2011. 472 с.
- 5.Волчовська-Козак О.Є. Фізіологія та біохімія рослин. Короткий курс лекцій / Підручник для студентів біологічних спец-ей ВНЗ. Івано-Франківськ: ПП Супрун, 2017. 128 с.
- 6.Новиков Н.Н. Биохимия растений. Колос, 2012. 680с.
- 7.Кучеренко М.Є, Бабенюк Ю.Д., Виноградова Р.П. та ін. Біохімія. К.: 2002. 500 с.
8. Кучеренко М.Є., Бабенюк Ю.Д., Войціцький В.М. Сучасні методи біохімічних досліджень. – К.:Фітосоціоцентр, 2001. 424 с.
9. Склярів О.Л. Практикум з біологічної хімії. Київ: Здоров'я, 2002. 300 с.
10. Albert Lehninger. Biochemistry, 4ed. 2005. 1119 p.
11. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. Київ: Либідь, 2005. 808 с.
12. Макрушин М.М., Макрушина Є.М., Петерсон Н.В., Мельников М.М.Фізіологія рослин.Вінниця «НОВА КНИГА», 2006. 413 с.
12. Медведев С. Физиология растений. С-Пб.: Изд-во С-Пб. университета. 2013. 512 с.
13. Кузнецов Вл. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений.- М.: Высшая школа, 2006.742 с.
14. Nelson D.L., М.М. Cox. Lehninger Principles of Biochemistry. W.Y.Freeman and Company, New York, USA.2005. 1119p.
15. Boyer R. Modern experimental biochemistry. Prentice Hall, 3rd ed., 2000. 475 p.

Додаткова література

1. Колупаєв Ю.Є. Основи фізіології стійкості рослин: курс лекцій. Х., 2010. 128 с.
2. Колупаєв Ю.Є., Карпец Ю.В. Формирование алаптивных реакций растений на действие абіотических стрессоров. К: Основа, 2010. 352 с.
3. Волчовська-Козак О.Є. Методичні вказівки до практичних робіт і СРС з фізіології рослин / О.Є. Волчовська-Козак // Методичні вказівки - ІваноФранківськ: ПП Супрун, 2017. 56 с

4. Фізіологія та біохімія рослин / Комплекс навч. метод. матеріалів / Авксентьєва О.О., Жмурко В.В., Юхно Ю.Ю., Щоголев А.С. – Х.: ХНУ, 2013. – 95 с.
5. Прикладна біохімія та управління якістю продукції рослинництва: [підручник] / [М.М. Городній, С.Д. Мельничук та ін.]: під ред. М.М. Городнього. К.: Арістей, 2006. 484 с.
6. Cornish-Bowden, Athel. Fundamentals of Enzyme Kinetics. London: Portland Press., 2012. 498p.
7. Nicholas C. Price and Lewis Stevens. Fundamentals of Enzymology The Cell and Molecular Biology of Catalytic Proteins. Oxford: Oxford University Press., 2000. 504 p.
8. Montgomery D.C. Design and analysis of experiments. New York: John Wiley & Sons, 7th ed., 2008. 680 p.
9. Адамовская В.Г., Молодченкова О.О. Протеолиз в зерновках и вегетативных органах злаков Одесса: СГИ, 2015. 232 с.
10. Рибалка О.І. Якість пшениці та її поліпшення. К.: Логос, 2011. 495 с.
11. Рибалка О.І., Моргун Б.В., Поліщук С.С. Ячмінь як продукт функціонального харчування. К.: Логос, 2016. 618 с.
12. Бабаянц О.В., Бабаянц Л.Т. Основы селекции и методологии оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Одесса: ВМВ, 2014. 401 с.
13. Оцінка селекційного матеріалу зернових культур на стійкість до фузаріозу за біохімічними показниками / В. Г. Адамовська, О. О. Молодченкова, Л. Й. Цісельська, Л. Я. Безкровна, О. В. Рищаківа // Методичні рекомендації. Одеса, 2010. 25 с.
14. Використання лектину сої в якості індуктора стійкості для добору стійких до фузаріозу сортів зернових культур / В. Г. Адамовська, О. О. Молодченкова, Л. Й. Цісельська, Т. В. Сагайдак, О. В. Рищаківа // Методичні рекомендації. Одеса, 2011. 20 с.
15. Добір генотипів ярого ячменю пивоварного напрямку за біохімічними показниками зерна / О.О. Молодченкова, В.Г. Адамовська, Л.Й. Цісельська, Л.Я. Безкровна // Методичні рекомендації. Одеса, 2011. 21 с.
16. Оцінка селекційного матеріалу соняшнику на якість насіння за біохімічними показниками / Молодченкова О. О., Вареник Б. Ф., Крутько В. І., Безкровна Л. Я., Левицький Ю. А., Фанін Я. С. / Методичні рекомендації. Одеса, 2020. 30 с.
17. Фундаментальная фитопатология / под редакцией Ю.Т. Дьякова. М.: КРАСАНД, 2012. 512 с.
18. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М.: Дрофа, 2010. 638 с.
18. Агрехімічний аналіз: Підручник / М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В. Бикін та ін. К.: Арістей, 2005. 475 с.

Інформаційні ресурси

<http://www.plantphysiol.org/content/by/year>

<http://fizrast.ru/skachat.html>

<http://www.nbu.gov.ua>

<http://genebee.msu.su/journals/plants>

<http://elibrary.nubip.edu.ua/4051/>

http://b-ko.com/book_411_glava_14_2.6_Programuvannj.html

http://www.bookbrains.com/book_365_chapter_15_Programuvannjavrozhaj.html

4. Методи навчання

При вивченні дисципліни «Біохімія рослин у селекції сільськогосподарських рослин» використовують такі методи навчання:

- група методів за джерелом інформації і сприйняття навчальної інформації (лекція із поясненням основних понять, принципів, методів, бесіда, розповідь), дискусії;
- метою визначення знань та особистої думки аспіранта; наочні (ілюстрація, презентація), практичні (робота з комп'ютерними програмами для аналізу і інтерпретації результатів), лабораторні (проведення натурних або імітаційних експериментів чи дослідів з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень в області біохімії рослин; отримання практичних навичок роботи з лабораторним устаткуванням, обладнанням, вимірною апаратурою, методикою експериментальних досліджень у біохімії рослин та агрохімії);
- група методів за логікою передачі і сприйняття навчального матеріалу: індуктивний, дедуктивний, аналітичний і синтетичний;
- група методів за ступенем самостійного мислення при засвоєнні знань (репродуктивні, продуктивні, а саме: дослідницькі, пошукові, частково-пошукові);
- група методів за ступенем управління навчальним процесом: навчання під керівництвом викладача, самостійна робота з підручниками і науковою літературою, конспектами лекцій, практичні заняття, робота з інтернет-ресурсами, виконання тестових завдань, тощо.

5. Методи контролю

Контроль знань, умінь і навичок аспірантів – невід'ємна складова педагогічного процесу та форма зворотнього зв'язку при вивченні дисципліни «Біохімія рослин у селекції сільськогосподарських рослин» використовуються такі види контролю:

- поточний;
- періодичний (проміжний);
- підсумковий.

Поточний контроль – контроль рівня знань та вмінь у процесі навчання, який проводиться на лекціях, практичних заняттях.

Експрес опитування – опитування на засвоєння попередньої лекції (на початку чергової лекції), опитування під час лекції на предмет розуміння її суті, контроль за засвоєнням матеріалу лекцій, семінарські заняття, співбесіда.

Періодичний (проміжний) контроль – контроль після вивчення теми, який включає такі види контролю: контрольні роботи, тестові опитування, контроль за формуванням практичних умінь і навичок, контроль за умінням вирішувати професійно-орієнтовані завдання.

Підсумковий контроль – це контроль, який здійснюється в кінці вивчення курсу – залік.

6. Порядок оцінювання знань аспірантів

Оцінка одержаних на лекціях знань (поточне тестування):

- майже після кожної лекції аспірантам надають по 1-2 теми лабораторно-практичної роботи.

- аспіранти виконують письмові відповіді згідно тем практичної роботи (перед початком наступної лекції).

- знання аспірантів оцінюють за бальною системою за кожним змістовним модулем.

Оцінка одержаних на лекціях знань за самостійною роботою

- аспірантам надається перелік питань для самостійної роботи;

- аспіранти виконують і здають один розгорнутий письмовий реферат, виконаний за самостійною роботою.

- знання оцінюють за бальною системою.

Оцінка одержаних на лекціях знань за «Підсумковим тестом»

- аспіранти одержують по одному тесту.

- аспіранти визначають вірні відповіді за їх порядковим номером.

- екзаменаційна комісія звіряє порядкові номери відповідей аспірантів з наявними вірними порядковими номерами по кожному тесту.
- кожну вірну відповідь оцінюють за бальною системою.
- загальну оцінку знань проводять сумарно за поточним тестуванням, самостійною роботою та підсумковим тестом за рейтинговою 100-бальною шкалою, потім за національною 5-бальною шкалою та за Європейською системою ECTS.

Загальні критерії оцінок:

“відмінно” – Аспірант виявив всебічні, систематичні та глибокі знання навчального матеріалу дисципліни, передбаченого програмою; опрацював основну та додаткову літературу, рекомендовану програмою; проявив творчі здібності у розумінні, логічному, стислому та ясному трактуванні навчального матеріалу; засвоїв взаємозв’язок основних понять дисципліни, їх значення для подальшої професійної діяльності.

“добре” – Аспірант виявив систематичні та глибокі знання вище середнього рівня навчального матеріалу дисципліни; продемонстрував уміння легко виконувати завдання, передбачені програмою; опрацював літературу, рекомендовану програмою; засвоїв взаємозв’язок основних понять дисципліни, їх значення для подальшої професійної діяльності.

“задовільно” – Аспірант виявив знання навчального матеріалу дисципліни в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої професійної діяльності; виконав завдання, передбачені програмою; ознайомився з основною літературою, що зазначена у програмі; припустив значну кількість помилок або недоліків у відповідях на запитання співбесіди, тестування, при виконанні завдань тощо, які може усунути самостійно.

“незадовільно” – Аспірант не має знань зі значної частини навчального матеріалу; припускає принципові помилки при виконанні більшості передбачених програмою завдань.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90–100	A	відмінно	зараховано
82–89	B	добре	зараховано
75–81	C		
66–74	D	задовільно	зараховано
60–65	E		
35–59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	обов не зараховано з’язковим повторним вивченням дисципліни

7. Методичне забезпечення

- підручники, монографії, навчальні посібники, наукові видання, науково-публіцистичні роботи (статті, методичні рекомендації, матеріали конференцій);
- Інтернет – ресурси та інший матеріал для самостійної роботи;
- технічні засоби.

8. Політика навчального курсу

Політика навчального курсу передбачає обов’язкове:

- самостійне виконання навчальних завдань, поточного та підсумкового контролю;
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права, не допускати плагіату та самоплагіату;

- надання достовірної інформації про результати власної діяльності, використані методики та джерела інформації.

9. Контрольні питання до курсу

1. Предмет і методи біохімії рослин. Хімічний склад рослин. Особливості біохімічних процесів рослинних організмів. Значення біохімії рослин, зв'язок з агрономією та іншими біологічними науками. Практичне значення. Методи біохімічних досліджень.
2. Біохімія рослинної клітини. Клітинні мембрани, їх будова і функції, принцип компартменталізації в клітині. Плазмалема і тонопласт. Клітинна стінка, її будова, функції, особливості у різних культур і тканин. Органели протопласту: ядро, ендоплазматичний ретикулум, апарат Гольджі, лізосоми, вакуолі, пластиди, мітохондрії, рибосоми, мікрофібрили, їх будова, особливості і значення у житті рослинної клітини. Функціональні взаємодії різних органелів клітини. Рослинна клітина як відкрита система. Регуляторні системи клітини. Внутрішньоклітинні механізми трансдукції сигналів і вторинні месенджери.
3. Загальна характеристика рослинних білків. Специфічні властивості рослинних білків. Повноцінні та неповноцінні білки. Класифікація білків. Прості та складні білки. Протеїногенні та непротеїногенні амінокислоти. Пептиди. Їх роль у рослинах. Амінокислотний склад рослинних білків. Властивості та особливості ферментів рослин.
4. Загальна характеристика вуглеводів, їхні функції, класифікація, характеристика окремих представників моно-, оліго- та полісахаридів. Структурні полісахариди клітинної оболонки рослин. Біосинтез та розпад вуглеводів: сахарози, крохмалю, целюлози та ін.
5. Загальна характеристика ліпідів, їх класифікація. Жири (рослинні олії). Загальна характеристика, вміст в рослинах, практичне значення. Склад рослинних олій. Жирні кислоти, їх особливості. Основні фізико-хімічні константи жирів. Ліпоїди: загальна характеристика та роль у рослинах. Фосфоліпіди, гліколіпіди, сфінголіпіди, стероїди, воски, кутин, суберин, розчинні в жирах пігменти. Біосинтез насичених та ненасичених жирних кислот. Синтез та розпад тригліцеридів. Розпад жирних кислот: α -окислення, β -окислення, ω -окислення.
6. Біологічно активні речовини та речовини вторинного походження та їх роль в рослинах, методи виділення та ідентифікації.
7. Відкриття та класифікація нуклеїнових кислот, їхня біологічна роль. Нуклеотиди. Первинна структура нуклеїнових кислот. Будова, структура і властивості ДНК. Характеристика окремих типів РНК. Фізичні та хімічні методи дослідження структури нуклеїнових кислот. Проведення та розшифрування ПЛР.
8. Поняття про метаболізм рослинного організму та його складові етапи. Аеробне перетворення вуглеводів, його види. Гліколіз, його біологічне значення, біохімічна характеристика. Процеси бродіння. Аеробне перетворення вуглеводів, його біохімічна характеристика. Цикл трикарбонових кислот (цикл Кребса). Дихальний ланцюг. Окислювальне фосфорилування.
9. Фотосинтез, світлова фаза фотосинтезу. Фотосинтетичне фосфорилування. Темнова фаза фотосинтезу. Цикл Кальвіна. Особливості фотосинтезу у рослин С4-типу. Біохімічні процеси хемосинтезу.
10. Загальні процеси дисиміляції білків та амінокислот. Протеоліз білків та його роль у рослинному організмі. Загальні шляхи біосинтезу амінокислот у рослин. Біосинтез білків. Процеси розкладу нуклеїнових кислот у клітині. Загальна схема біосинтезу нуклеотидів. Процеси реплікації та транскрипції ДНК.

11. Рівні структурної (клітина – тканина – орган – цілісний організм) та функціональної (фотосинтез, дихання, мінеральне живлення, водний обмін, стійкість, ріст і розвиток) організації рослинного організму. Механізми регуляції процесів життєдіяльності на різних структурних і функціональних рівнях організації рослинного організму.

12. Якість зерна, основні біохімічні показники, які характеризують якість зерна сільськогосподарських культур. Сучасні біохімічні методи та методики визначення харчової, кормової та лікарської цінності продукції рослинництва. Використання біохімічних показників оцінки якості зерна в селекційному процесі. Біофортифікація сільськогосподарських рослин.

13. Фізіолого-біохімічні аспекти формування стійкості рослин до несприятливих абіотичних чинників середовища. Фізіолого-біохімічні критерії оцінки посухо-жаростійкості, морозозимостійкості рослин. Солестійкість рослин. Галофіти, їхня класифікація і механізми еволюційних адаптацій до засолення ґрунтів. Рослини в умовах гіпоксії і аноксії. Вищі рослини і ультрафіолетова радіація. Забруднення шкідливими газами. Токсичність їхньої дії на рослини. Фізіолого-біохімічні механізми формування стійкості до газів (регулювання їх надходження, підтримка внутрішньоклітинного гомеостазу, детоксикація отрут, що утворюються). Особливості забруднення важкими металами. Їх токсичність для вищих рослин. Формування стійкості до важких металів – клітинні та молекулярні механізми. Радіаційна стійкість рослин та її механізми.

14. Стійкість рослин до біотичних факторів середовища. Основні положення імунітету рослин до патогенних мікроорганізмів. Біохімічні маркери стійкості, біохімічні методи оцінки стійкості генотипів сільськогосподарських культур до найбільш поширених хвороб. Пошкодження рослин речовинами, які застосовуються для боротьби з хворобами, шкідниками й бур'янами. Екологічно безпечні методи захисту рослин проти хвороб із застосуванням біологічно активних речовин.

10. Тести для заліку

1. Як називається рівномірний розподіл молекул розчиненого речовини між молекулами розчинника?

- 1) осмос;
- 2) осмотичний тиск;
- 3) хімічний потенціал;
- 4) дифузія.

2. Матрикс клітинної оболонки складають такі речовини:

- 1) целюлоза, геміцелюлоза;
- 2) пектинові речовини, целюлоза;
- 3) крохмаль, пектинові речовини;
- 4) геміцелюлоза, пектинові речовини, білок.

3. Надходження речовин через мембрану з різною швидкістю називається

- 1) вибіркова проникність;
- 2) одностороння проникність;
- 3) напівпроникність;
- 4) секреторність.

4. Форми води у клітині?

- 1) гравітаційна таплівкова;
- 2) вільна та важкодоступна;
- 3) вільна та зв'язана;
- 4) зв'язана та легкодоступна.

5. Згідно рідинно-мозаїчної моделі будови біологічних мембран, вона представлена:

- 1) подвійним шаром полярних ліпідів, "прошитих" білковими молекулами;
 - 2) безперервним подвійним шаром полярних ліпідів;
 - 3) подвійним шаром неполярних ліпідів, "прошитих" вуглеводними молекулами;
 - 4) двома внутрішніми шарами ліпідів, що обмежуються зовні білковими молекулами.
6. Який процес буде відбуватися, якщо взяти плазмолізовану клітину і помістити її в чисту воду?
- 1) циторіз;
 - 2) плазмоліз;
 - 3) гідроліз;
 - 4) деплазмоліз.
8. Як називаються безбарвні пластиди:
- 1) лейкопласти;
 - 2) хлоропласти;
 - 3) хромопласти;
 - 4) мітохондрії.
9. В яких пластидах здійснюється процес фотосинтезу?
- 1) хлоропласти;
 - 2) лейкопласти;
 - 3) хромопласти;
 - 4) мітохондрії.
10. Що становить парапласт рослинної клітини?
- 1) вакуоль, клітинна оболонка;
 - 2) макроскопічні структури;
 - 3) ядро, цитоплазма;
 - 4) клітинна оболонка, цитоплазма.
11. Як називається процес відставання цитоплазми від клітинної оболонки?
- 1) плазмоліз
 - 2) деплазмоліз;
 - 3) осмос;
 - 4) циторіз.
12. Як називається рух води з місць меншого негативного потенціалу в місця з більшим негативним потенціалом, через напівпроникну мембрану?
- 1) дифузія;
 - 2) осмотичний тиск;
 - 3) осмос;
 - 4) осмотический потенціал.
13. Як називається надходження речовин через мембрану переважно в одну сторону?
- 1) вибіркова проникність;
 - 2) одностороння проникність;
 - 3) напівпроникність;
 - 4) секреторність.
14. У яких органелах клітини відбувається синтез білка?
- 1) рибосоми;
 - 2) хлоропласти;
 - 3) мітохондрії;
 - 4) комплекс Гольджі.
15. До складу біологічних мембран рослинної клітини входять
- 1) фосфоліпіди;
 - 2) амінокислоти;
 - 3) геміцеллюлоза;
 - 4) вітаміни.
16. Які з перерахованих речовин Ви віднесете до макроергічних сполук?
- 1) білки;

- 2) жири;
 - 3) амінокислоти;
 - 4) АТФ, УТФ, сахарофосфати.
17. Які компоненти входять до складу молекули АТФ?
- 1) рибоза, три залишка фосфорної кислоти, аденін;
 - 2) рибоза, два залишка фосфорної кислоти, аденін;
 - 3) рибоза, два залишка фосфорної кислоти, урацил;
 - 4) рибоза, три залишка фосфорної кислоти, урацил.
18. Які клітинні структури визначають можливість проникнення в клітку різних речовин, розділяють клітину на окремі відсіки?
- 1) мембрана;
 - 2) клітинна стінка;
 - 3) вакуоль;
 - 4) мітохондрії.
19. Які речовини входять до складу клітинних оболонок?
- 1) вуглеводи, білки, жири, нуклеїнові кислоти;
 - 2) целюлоза, геміцелюлоза, пектинові речовини, ліпіди і білки;
 - 3) целюлоза, вуглеводи, білки, жири;
 - 4) нуклеїнові кислоти, амінокислоти, геміцелюлоза, рибоза.
20. Дайте визначення поняттю «осмос»
- 1) це рівномірний розподіл молекул розчиненої речовини між Молекулами розчинника;
 - 2) це дифузія води через напівпроникну мембрану, викликана різницею концентрацій або різницею хімічних потенціалів;
 - 3) це дифузія води в результаті різниці концентрацій або різниці хімічних потенціалів;
 - 4) рух води під впливом осмотичного тиску.
21. Дайте визначення поняттю «дифузія»?
- 1) це процес, що веде до рівномірного розподілу молекул розчиненої речовини і розчинника;
 - 2) це рівномірний розподіл води через напівпроникну мембрану, викликане різницею концентрацій або різницею хімічних потенціалів;
 - 3) вибіркова проникність клітинних мембран;
 - 4) перехід рослинної клітини в тургорний стан.
22. Які речовини називають ферментами?
- 1) це речовини білкової природи, що володіють каталітичними і регуляторними властивостями;
 - 2) це речовини небілкової природи, що володіють каталітичними і регуляторними властивостями;
 - 3) це речовини, що виробляються в процесі природного обміну речовин і надають в незначних кількостях регуляторний вплив;
 - 4) каталізатори ліпідного складу.
23. Інгібітори ферментів – це речовини, які
- 1) пригнічують дію ферментів;
 - 2) прискорюють дію ферментів;
 - 3) руйнують ферменти;
 - 4) стимулюють утворення ферментів.
24. Ферменти, що каталізують перенесення атомних угруповань, радикалів і залишків молекул відносять до класу
- 1) ліази;
 - 2) оксидоредуктази ;
 - 3) трансферази;
 - 4) ізомерази.
25. Як називається речовина, з якою взаємодіє фермент, утворюючи комплекс?
- 1) субстрат;

- 2) ізофермент;
 - 3) кофермент;
 - 4) простетична група.
26. До якого класу відносяться ферменти, які здійснюють окиснювально-відновні реакції?
- 1) ліази;
 - 2) оксидоредуктази;
 - 3) трансферази;
 - 4) ізомерази.
27. Як називаються ферменти, які каталізують розщеплення складних органічних сполук на більш прості з приєднанням води?
- 1) оксидази;
 - 2) гідролази;
 - 3) лігази;
 - 4) ліази.
28. При збільшенні кількості ферменту швидкість ферментативної реакції
- 1) зменшується;
 - 2) збільшується;
 - 3) залишається незмінною;
 - 4) збільшується, потім зменшується.
29. Двокомпонентні ферменти складаються з
- 1) білка;
 - 2) нуклеотидів і вітамінів;
 - 3) білка і зв'язаної з ним небілкової частини;
 - 4) кофермента і ліпіда.
30. Частина молекули ферменту, яка з'єднується з субстратом, називається
- 1) інгібітором;
 - 2) алостеричним центром;
 - 3) активним центром;
 - 4) активатором.
31. До фенольних сполук відносяться:
- 1) антоціани;
 - 2) сесквітерпени;
 - 3) флавоноїди;
 - 4) кумарини;
 - 5) стероїди;
 - 6) дубільні сполуки .
32. До полімерних фенольних сполук відносяться:
- 1) поліфеноли;
 - 2) таніни;
 - 3) лігнін;
 - 4) пірокатехін;
 - 5) меланін;
 - 6) резорцін.
33. Виберіть з перерахованих нижче ферментів найменування тих, які беруть участь в шикіатном шляху синтезу фенольних сполук:
- 1) фосфо-2-кето-3-дезоксигептонат-альдолаза;
 - 2) халконсинтаза;
 - 3) хоризмат-синтаза;
 - 4) ацетіл-СоА-карбоксилаза;
 - 5) фенілаланін-аміак-ліаза;
 - 6) стильбен-синтаза.
34. До незвичайних жирних кислот відносяться:

- 1) олеїнова;
 - 2) олеостеаринова;
 - 3) ліноленова;
 - 4) ерукова;
 - 5) арахідонова;
 - 6) ріцинолова.
35. Залишки яких моносахаридів входять до складу амілопектину?
- 1) глюкоза;
 - 2) галактоза;
 - 3) глюкоза та фруктоза;
 - 4) глюкоза та галактоза.
36. Які компоненти утворюються при розщепленні крохмалю?
- 1) декстрини;
 - 2) мальтоза;
 - 3) амілоза;
 - 4) глюкоза;
 - 5) галактоза;
 - 6) глюкозо-6-фосфат.
37. Місто синтезу сахарози в рослинах?
- 1) хлоропласти;
 - 2) мітохондрії;
 - 3) цитоплазма;
 - 4) апарат Гольджі.
38. Яка амінокислота є лімітуючою в зеїні кукурудзи та гліадині пшениці?
- 1) лейцин;
 - 2) метіонін;
 - 3) лізин;
 - 4) фенілаланін.
39. До яких білків відносяться ферменти?
- 1) альбуміни;
 - 2) глютеліни;
 - 3) глобуліни;
 - 4) проламіни.
40. Назвіть основний компонент білка зернових культур
- 1) альбуміни;
 - 2) глютеліни;
 - 3) глобуліни;
 - 4) проламіни.
41. Чим визначається біологічна цінність білка?
- 1) кількістю білка в рослині;
 - 2) співвідношенням амінокислот у білку;
 - 3) видовою належністю рослини;
 - 4) вмістом лімітуючих амінокислот у білку.
42. Яка хімічна природа лектинів?
- 1) ліпопротеїн;
 - 2) хромопротеїн;
 - 3) глікопротеїн;
 - 4) нуклеопротеїн.
43. Які властивості характерні для ізоферментів?
- 1) мають різноманітну молекулярну форму;
 - 2) молекулярна структура ідентична;
 - 3) володіють однаковими фізичними та хімічними властивостями ;
 - 4) відрізняються за фізичними та хімічними властивостями;

- 5) каталізують одну й ту ж реакцію;
6) каталізують різні реакції одного циклу.
44. Які з перелічених сполук є нейтральними ліпідами?
1) воски;
2) цереброзиди;
3) кераміди;
4) тригліцериди;
5) ейкозаноїди;
6) сфінголіпіди.
45. Кількість жирних кислот, знайдених в рослинних організмах:
1) 20;
2) 1000;
3) 200;
4) 5000.
46. Скільки атомів вуглецю містить олеїнова кислота?
1) 16;
2) 20;
3) 18;
4) 22.
47. Які з перерахованих жирних кислот є полієновими ?
1) арахінова;
2) олеїнова;
3) стеаринова;
4) лінолева;
5) ліноленова;
6) бегенова.
48. Які зміни відбуваються при прогорканні жиру?
1) омилення жиру;
2) утворення перекисів;
3) зростання кількості вільних жирних кислот;
4) поява кетонів;
5) поява альдегідів;
6) окиснення жирних кислот.
49. Яка сполука є вихідною при синтезі жирних кислот?
1) ацетил-CoA;
2) фосфоенолпіруват;
3) малоніл-CoA;
4) щавелевоцтова кислота.
50. В яких компартментах відбувається синтез жирних кислот в рослинах?
1) пластиди;
2) мітохондрії;
3) апарат Гольджі;
4) цитозоль;
5) сферосоми;
6) гліоксисома.
51. В яких компартментах відбувається β -окиснення жирних кислот?
1) хлоропласти;
2) мітохондрії;
3) апарат Гольджі;
4) цитозоль;
5) сферосоми;
6) гліоксисома.
52. Які сполуки утворюються в результаті гліоксилатного циклу?

- 1) вуглеводи;
 - 2) амінокислоти;
 - 3) білки;
 - 4) жирні кислоти.
53. Які сполуки є джерелом для утворення органічних кислот у вищих рослинах?
- 1) амінокислоти;
 - 2) жири;
 - 3) білки;
 - 4) цукри.
54. В якому вигляді переважно знаходяться органічні кислоти в плодах і овочах?
- 1) у вільній формі;
 - 2) у вигляді солей;
 - 3) у вигляді ефірів.
55. Які з перерахованих сполук є провітамінами А?
- 1) α -каротин;
 - 2) β -каротин;
 - 3) лікопін;
 - 4) віолоксантін.
56. Які з перерахованих властивостей вірні для вітаміну В₂?
- 1) похідне піримідину і піразину;
 - 2) похідне піримідину і тiazолу;
 - 3) є частиною коферменту А;
 - 4) входить до складу ферментів;
 - 5) здійснює окиснення жирних кислот;
 - 6) здійснює перенос електронів і протонів.
57. Які з характеристик вірні по відношенню до вітаміну Е?
- 1) водорозчинна сполука;
 - 2) жиророзчинна сполука;
 - 3) є похідним ізопреноїдної системи;
 - 4) містить гідроксіновий фрагмент;
 - 5) є антиоксидантом;
 - 6) входить до складу ферментів.
58. Які з перерахованих організмів не здатні синтезувати вітамін С самостійно?
- 1) людина;
 - 2) мавпа;
 - 3) жаба;
 - 4) крокодил;
 - 5) морська свинка;
 - 6) дрозд.
59. Яка хімічна природа вітаміна В₁₂?
- 1) коррин;
 - 2) пергідрофенантрен;
 - 3) порфірин;
 - 4) тропан.
60. В якій частині рослини знаходиться велика кількість фізіологічно активних сполук, в тому числі гормонів росту, амінокислот та ферментів?
- 1) яйцеклітині;
 - 2) ендоспермі;
 - 3) насінні;
 - 4) пилку.
61. Синтез білків-ферментів, які каталізують розпад складних сполук на більш прості, регулюється гормоном?
- 1) ауксином;

- 2) триптофаном;
 - 3) гібереліном;
 - 4) цитокініном.
62. ДНК в рослинній клітині можна виявити в:
- 1) цитоплазмі та ядрі;
 - 2) ядрі, хлоропластах, мітохондріях;
 - 3) ЕР, апараті Гольджі, рибосомах;
 - 4) клітинній стінці.
63. Пептидний зв'язок утворюється при взаємодії груп:
- 1) OH і COOH;
 - 2) NH₂ і OH;
 - 3) COOH і NH₂;
 - 4) CO і OH.
64. Які функції виконують ліпіди?
- 1) регуляторну, антибіотиків;
 - 2) транспортну, каталітичну;
 - 3) енергетичну, будівну;
 - 4) каталітичну, регуляторну.
65. Які запасні сполуки відкладаються у рослин на зиму?
- 1) білки;
 - 2) вуглеводи;
 - 3) жири;
 - 4) вуглеводи, білки, жири.
66. Внутрішньоклітинні системи регуляції:
- 1) регуляція на рівні ферментів;
 - 2) генетична та мембранна регуляція;
 - 3) рецепторно-конформаційна регуляція;
 - 4) алостерична регуляція.
67. Міжклітинні системи регуляції:
- 1) регуляція на рівні реплікації, транскрипції, процесінгу та трансляції;
 - 2) дистанційна регуляція;
 - 3) трофічна, гормональна та електрофізіологічна регуляція;
 - 4) ізостерична регуляція.
68. Міжклітинні системи регуляції взаємодіють та діють через:
- 1) ферментативну систему регуляції;
 - 2) генетичну систему регуляції;
 - 3) мембранну систему регуляції;
 - 4) окиснювально-відновну систему регуляції.
69. Фітогормони – одна із головних систем регуляції у рослин - це:
- 1) ауксин, цитокінін, гібереліни, абсцизіни, етилен;
 - 2) фікоеритрин, фікоціанін;
 - 3) бактеріохлорофіл, протохлорофіл;
 - 4) зеаксантін, віолаксантін, лікопін.
70. Єдина ієрархічна система регуляції у багатоклітинних рослин:
- 1) мембранна – ферментативна - генетична;
 - 2) мембранна – трофічна – гормональна;
 - 3) внутрішньоклітинні – міжклітинні - організаційний рівень регуляції;
 - 4) генетична – гормональна – мембранна.
71. Світлова енергія при світловій фазі фотосинтеза використовується для утворення:
- 1) АТФ, NADPH+H⁺ і O₂;
 - 2) глюкози із CO₂ і H₂O;
 - 3) O₂ із CO₂;
 - 4) крохмалю із CO₂ та H₂O.

72. При темновій фазі фотосинтеза відбувається утворення:

- 1) ферментів;
- 2) АТФ;
- 3) $\text{NADP}\cdot\text{H} + \text{H}^+$;
- 4) органічних сполук.

73. Вихідною сполукою реакцій, викликаних світлом, є:

- 1) NADP ;
- 2) вуглець;
- 3) АТФ;
- 4) O_2 .

74. У C_3 -груп рослин первинним акцептором CO_2 є:

- 1) фосфогліциринова кислота;
- 2) рибулозо-1,5-дифосфат;
- 3) еритрозо-4-фосфат;
- 4) фруктозо-6-фосфат;
- 5) фосфогліцириновий альдегід.

75. У C_4 -груп рослин та сукулентів фіксація CO_2 здійснюється за допомогою:

- 1) оксалоацетату;
- 2) малату;
- 3) фосфоенолпірувату;
- 4) рибулозо-1,5-дифосфата.

76. Анаболізм (асиміляція) - це:

- 1) процес перетворення організмом речовин, що надходять ззовні;
- 2) фотосинтез;
- 3) хемосинтез;
- 4) фотосинтез і хемосинтез.

77. Біохімічна фаза фотосинтезу включає в себе:

- 1) процес поглинання кванта світла і накопичення енергії, а також міграцію енергії електронного збудження;
- 2) фотохімічні реакції, які полягають в хімічних змінах речовин, пов'язаних з реалізацією енергії електронного збудження;
- 3) послідовність темнових ферментативних реакцій перетворення органічних речовин, що призводять до утворення продуктів фотосинтезу і відтворення акцептора вуглекислоти;
- 4) утворення АТФ, $\text{NADP}\cdot\text{H} + \text{H}^+$, O_2 .

78. Нециклічне фотофосфорилування складається з наступних фотохімічних реакцій:

- 1) відновлення 3-фосфогліциринової кислоти (3-ФГК) до 3-фосфогліциринового альдегіду (3-ФГА);
- 2) регенерація первинного акцептора діоксиду вуглецю і синтезу кінцевого продукту фотосинтезу;
- 3) окиснення води, при якому утворюється кисень;
- 4) реакція фотофосфорилування, в якій фотовідновлення NADP^+ пов'язане з утворенням АТФ.

79. Циклічне фотофосфорилування відбувається за участю:

- 1) двох фотосистем (ФС і ФСII);
- 2) тільки ФС і комплексу цитохромів b6-f, утворюється тільки АТФ;
- 3) феофетіна (ФФ);
- 4) пластохінона.

80. В реакційному центрі ФСI первинним донором електронів служить:

- 1) P_{650} нм;
- 2) P_{670} ;
- 3) P_{675} ;
- 4) P_{680} ;
- 5) P_{700} .

82. В реакційному центрі ФСII первинний донор електронів:

- 1) П₆₆₀ нм;
- 2) П₆₇₅;
- 3) П₆₈₀;
- 4) П₇₀₀;
- 5) П₇₅₀.

83. В якій частині хлоропласта локалізовані його пігментні системи?

- 1) у зовнішній мембрані;
- 2) в стромі;
- 3) в мембранах гран;
- 4) в мембранах тілакоїдів.

84. Які фактори, що входять в загальне рівняння реакції фотосинтезу, повинні впливати на швидкість цього процесу:

- 1) мінеральне живлення і температура;
- 2) надходження води, концентрація CO₂ і O₂, інтенсивність світла;
- 3) спектральний склад світла, концентрація O₂;
- 4) температура і якісний склад света.

85. Спектри поглинання каротиноїдів:

- 1) жовті;
- 2) сині;
- 3) червоні;
- 4) фіолетові.

86. Чому цикл Кальвіна називають C₃ - шляхом фотосинтезу?

- 1) в цикл вступають 3 молекули CO₂;
- 2) в результаті одного обороту циклу утворюється 3 молекули глюкози;
- 3) першими стабільними продуктами циклу є трьохвуглецеві сполуки (ФГК);
- 4) C₃ - шлях фотосинтезу здійснюють C₃ - групи рослин.

87. Який перший стабільний вуглевод утворюється при фотосинтезі?

- 1) глюкоза;
- 2) сахароза;
- 3) крохмаль;
- 4) целлюлоза.

88. В яких клітинах флоєми спостерігається більш висока інтенсивність дихання?

- 1) в сітовідних клітинах;
- 2) в клітинах-супутниках;
- 3) в механічних елементах;
- 4) в паренхімних клітинах.

89. Реакції гліколізу, пов'язані з утворенням АТФ:

- 1) фруктозо-6-фосфат → фруктозо-1,6-дифосфат;
- 2) фруктозо-1, 6-дифосфат → 3-фосфогліцерінова кислота;
- 3) 3-фосфогліцеріновий альдегід → 1,3-дифосфогліцерінова кислота;
- 4) 1,3-дифосфогліцерінова кислота → 3-фосфогліцерінова кислота;
- 5) 2-фосфоенолпировиноградна кислота → енолпировиноградна кислота.

90. Яка речовина є кінцевим продуктом гліколізу:

- 1) глюкоза;
- 2) вуглекислий газ;
- 3) пировиноградна кислота;
- 4) вода.

91. Ферменти циклу Кребса локалізовані:

- 1) в цитоплазмі;
- 2) у зовнішній мембрані мітохондрій;
- 3) в матриксі мітохондрій;
- 4) в ядрі.

92. Назвати дві важливі органічні молекули, до складу яких входить азот:

- 1) вуглеводи і ліпіди;
 - 2) білки, нуклеїнові кислоти;
 - 3) хлорофіл, крохмаль;
 - 4) ліпіди, целюлоза.
93. При нестачі азоту спостерігається хлоротичне забарвлення листя. З нестачею яких речовин, які містять цей елемент, пов'язана така зміна?
- 1) порфіринів;
 - 2) білків;
 - 3) нуклеїнових кислот;
 - 4) жирів;
 - 5) вуглеводів.
94. Які амінокислоти утворюються при прямому амінуванні?
- 1) триптофан, метіонін, пролін;
 - 2) глютамінова кислота, аспарагінова, аланін;
 - 3) лейцин, тірозин, аргінін;
 - 4) гістидин, лізин, тірозин.
95. Джерела азоту, які використовують вищі рослини:
- 1) доступні мінеральні форми азоту ґрунту;
 - 2) органічні форми азоту;
 - 3) зв'язаний азот літосфери;
 - 4) молекулярний азот атмосфери.
96. Вуглеводи складають до:
- 1) 85-90% всієї маси рослинного організму;
 - 2) 50-60%;
 - 3) 40-50%;
 - 4) 25-30%.
97. Стрес, як реакція рослинного організму на несприятливий вплив, проходить наступні фази:
- 1) тривоги;
 - 2) первинної стресової реакції;
 - 3) адаптації;
 - 4) виснаження ресурсів надійності;
 - 5) виснаження.
98. Стійкість рослини до стресового фактору залежить:
- 1) від фази онтогенезу;
 - 2) не залежить від фази онтогенезу;
 - 3) не залежить від приналежності рослин до різних таксонів, екогруп і життєвих форм;
 - 4) залежить від приналежності рослин до таксономічних одиниць, екогруп і життєвим форм.
99. Основні способи захисту рослин від посухи:
- 1) запобігання втрати води, перенесення висихання, уникнення періоду посухи;
 - 2) уникнення періоду посухи;
 - 3) перенесення висихання;
 - 4) запобігання втраті води.
100. Посуха викликає перебудову в гормональній системі рослин:
- 1) зменшується вміст ауксину, цитокінінів, гіберелінів, стимуляторів росту фенольної природи, абсцизової кислоти і етилену;
 - 2) зростає рівень абсцизової кислоти, етилену і зменшується вміст гормонів-активаторів росту;
 - 3) вміст фітогормонів не змінюється;
 - 4) зменшується вміст ауксину і зростає рівень цитокінінів, гіберелінів.
101. Перенесенню морозів сприяє:
- 1) гідрофільні білки, моно-і олігосахариди;
 - 2) мінеральні солі та вода;
 - 3) ліпіди і вода;
 - 4) нуклеїнові кислоти і ліпіди.

102. Холодостійкість - це:

- 1) стійкість теплолюбних рослин до низьких позитивних температур;
- 2) стійкість теплолюбних рослин до низьких негативних температур;
- 3) здатність переносити комплекс несприятливих умов зими;
- 4) здатність теплолюбних рослин виростати тільки при оптимальних температурних умовах середовища.

103. Значення цукрів, яке накопичуються в ході загартовування рослин до настання морозів:

- 1) знижують температуру замерзання клітинного соку, попереджаючи льодоутворення;
- 2) збільшують обводнення клітин;
- 3) підвищують інтенсивність дихання;
- 4) знижують активність ферментів.

104. Надмірне засолення порушує азотний обмін і відбувається накопичення в рослинах токсичних речовин:

- 1) лізин, пролін, серин;
- 2) кадаверін, путресцин, аміак;
- 3) треонін, глікокол, валін;
- 4) цистин, гістидин, аргінін.

105. При відсутності в анаеробних умовах кисню пристосовними виявляються процеси:

- 1) перенесення електронів в хлоропластах;
- 2) ЕТЦ в мітохондрій;
- 3) аноксичне ендогенне окиснення, в ході якого електрони переносяться на нітрати, подвійні зв'язки ненасичених сполук (жирні кислоти, каротиноїди);
- 4) ЕТЦ в мітохондріях і хлоропластах.

106. При посиленні анаеробіозу переважаючим стає:

- 1) гликолітичний шлях катаболізму глюкози;
- 2) пентозофосфатний шлях дихання;
- 3) пряме окиснення цукрів;
- 4) ПФШ + пряме окиснення цукрів.

107. Газостійкість - це:

- 1) втрата життєздатності у рослин при дії шкідливих газів;
- 2) здатність рослин зберігати життєдіяльність при дії шкідливих газів;
- 3) швидкість і ступінь прояву патологічних процесів під впливом газів;
- 4) збереження стресових реакцій на певному рівні.

108. Найбільш чутливі до радіації:

- 1) насіння, яке знаходяться в стані спокою;
- 2) активні меристеми;
- 3) рослини в стані гіпобіозу;
- 4) дводольні рослини з більш удосконалими вторинними ознаками (трав'янистий тип, розвинений зародок).

109. Високі дози радіації здатні переносити:

- 1) голонасінні рослини;
- 2) однодольні покритонасінні рослини;
- 3) дводольні покритонасінні рослини;
- 4) ціанобактерії, гриби і лишайники.

110. Основні групи збудників хвороб:

- 1) факультативні паразити;
- 2) факультативні сапрофіти;
- 3) облигатні паразити;
- 4) паразити;
- 5) сапрофіти.

111. Носіями і переносниками генетичної інформації про імунітет рослин до інфекційних хвороб є:

- 1) білки;

- 2) ферменти;
 - 3) генетичні нуклеїнові кислоти;
 - 4) інформосоми.
112. Якими речовинами зумовлюється шкодочинний вплив патогенів на рослини:
- 1) гібереліни;
 - 2) патотоксини;
 - 3) вуглеводи;
 - 4) ліпіди.
113. Основні фактори, що зумовлюють активну стійкість рослин
- 1) хімічний склад рослин;
 - 2) активування окислювальних процесів;
 - 3) анатомо-морфологічні фактори;
 - 4) функціональні і фізіологічні особливості рослин.
114. Сигнальними системами рослин є:
- 1) взаємодіючі між собою системи живлення та фотосинтезу;
 - 2) взаємодіючі між собою системи метаболізму, які виникають під дією на них м/о та продуктів їх життєдіяльності;
 - 3) взаємодіючі між собою системи індивідуального розвитку та росту рослин;
 - 4) взаємодіючі між собою системи водопостачання та росту рослин.
115. Що таке еліситори?
- 1) екскременти комах;
 - 2) метаболіти патогенів або продукти фізіолого-біохімічних процесів, що відбуваються в інфікованих тканинах рослин;
 - 3) речовини, що сприяють ненормальному збільшенню розмірів окремих органів рослин;
 - 4) речовини, що сприяють ненормальному збільшенню розмірів окремих органів рослин.
116. Саліцилова кислота - це
- 1) сигнальна молекула;
 - 2) фенольна сполука;
 - 3) структурна сполука;
 - 4) поживна сполука.
117. Основні функції білків
- 1) структурні;
 - 2) полімерні;
 - 3) транспортні;
 - 4) дотаційні;
 - 5) захисні .
118. Продукти генів стійкості несуть такі функції:
- 1) рецепторів, що впізнають еліситори патогена;
 - 2) медіаторів, що передають сигнал від збудженого рецептора на геном;
 - 3) рецепторів, що специфічно зв'язуються з токсинами патогенів;
 - 4) репресорів протікання захисних реакцій в інфікованих тканинах.
119. Маркери стійкості бувають
- 1) морфологічні;
 - 2) функціональні;
 - 3) біохімічні;
 - 4) молекулярні;
 - 5) сортові.
120. До токсинів відноситься
- 1) пізатін;
 - 2) гіберелін;
 - 3) фузарієва кислота;
 - 4) кутіназа.
121. Зміни в активності інгібіторів протеолітичних ферментів рослини відносяться до

- 1) пасивної стійкості;
- 2) набутої стійкості;
- 3) активної стійкості;
- 4) толерантності.

122. Лектини відносяться до

- 1) токсинів;
- 2) захисних білків;
- 3) фітогормонів;
- 4) фітоалексинів.

123. До сигнальних молекул відносяться:

- 1) пероксид водню;
- 2) жасмонова кислота;
- 3) альтернарієва кислота;
- 4) рішитин.

124. Які продукти кодуються генами авірулентності патогенів (avr-генами)?

- 1)токсини;
- 2) расоспецифічні еліситори патогенів;
- 3) сигнальні молекули;
- 4) рецептори рослин.

125. Які із зазначених понять означають сукупність генетичної інформації?

- 1)геном;
- 2)алель;
- 3)локус;
- 4)рибосома.

126. Які з наведених нижче речовин належать до фітоалексинів:

- 1) пізатін та рішитін;
- 2) гіберелін та ауксин;
- 3) соланін;
- 4) каталаза і пероксидаза.

127. На основі яких показників визначаються стійкість до хвороб вихідного та селекційного матеріалу:

- 1)за вмістом білка та вуглеводів;
- 2) поширеністю хвороби;
- 3) за інтенсивністю ураження;
- 4) за типом імунності;
- 5) за витривалістю щодо хвороби.

128. Основні причини загибелі рослин при низьких негативних температурах:

- 1) коагуляція білків протоплазми;
- 2) замерзає клітинний сік, розширюється в обсязі та розриває судини і клітини рослин;
- 3) порушення процесу синтезу органічних речовин;
- 4) лід, що утворюється в міжклітинниках, зневоднює клітини і ушкоджує мембрани.

129. До первинних неспецифічних процесів в клітинах рослин при сильній і швидко наростаючій дії стресора, відносяться:

- 1) підвищення проникності мембран;
- 2) зниження проникності мембран, підвищення в'язкості протоплазми;
- 3) вхід Ca^{2+} в цитоплазму, зрушення рН цитоплазми в кислу сторону, посилення поглинання O_2 , прискорена трата АТФ, активація гідролітичних процесів і синтезу стресових білків;
- 4) зниження синтезу етилену і абсцизової кислоти.

130. На організмовому рівні механізми стресу на клітинному рівні доповнюють:

- 1) конкурентні відносини між органами за фізіологічно активні речовини і трофічні фактори;
- 2) процес заміни пошкоджених або втрачених органів шляхом регенерації та росту пазушних бруньок;
- 3) зниження вироблення етилену і АБК, підвищення вмісту ауксину, цитокінінів, гіберелінів;

- 4) зростання вмісту етилену і АБК, ауксина, цитокінінів, гіберелінів;
- 5) підвищення вмісту етилену і АБК, зниження вмісту фітогормонів росту.