

	Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка Факультет природничо-економічний Кафедра біології та екології СИЛАБУС навчальної дисципліни «РЕГУЛЯТОРИ РОСТУ РОСЛИН»
---	---

1. Загальна інформація про курс

Назва курсу, мова викладання	РЕГУЛЯТОРИ РОСТУ РОСЛИН Мова викладання – українська.
Викладачі	Григорчук Інна Дмитрівна, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології та екології
Профайл викладачів	https://biolog.kpnu.edu.ua/hryhorchuk-inna-dmytrivna/
E-mail	hryhorchuk@kpnu.edu.ua
Консультації	І.Д. Григорчук: вівторок 16.00–17.00 Місце проведення консультацій – 05 аудиторія корпус 4, платформа MOODLE.

2. Анотація до курсу

Навчальна дисципліна «Регулятори росту рослин» є складовою програми підготовки фахівців ступеня вищої освіти «Магістр», є дисципліною вільного вибору студента.

3. Мета і цілі курсу

Мета дисципліни – сформуванати у здобувачів освіти уявлення про основні групи синтетичних регуляторів росту рослин, їх хімічну природу, механізм дії, вплив на фізіологічні процеси, морфогенез і продуктивність сільськогосподарських культур, а також про можливості практичного застосування окремих регуляторів росту у сільському господарстві.

Завдання (навчальні цілі):

1. Вивчення основних груп синтетичних регуляторів росту рослин, їх хімічної природи, механізму дії.
2. Формування уявлення у студентів про вплив регуляторів росту на фізіологічні процеси, морфогенез і продуктивність сільськогосподарських культур.
3. Визначення практичного застосування окремих регуляторів росту у сільському господарстві.

4. Формат курсу

Стандартний курс (очний). Можливе застосування об'єктно-модульного динамічного середовища навчання Moodle та застосунків для проведення відеоконференцій.

5. Результати навчання

Після завершення курсу здобувач освіти:

- пояснює природу, класифікацію та біосинтез основних фітогормонів (ауксинів, цитокінінів, гіберелінів, абсцизової кислоти, етилену) та інших регуляторів росту;
- характеризує механізми дії природних і синтетичних регуляторів росту на клітинному, тканинному та організмовому рівнях;
- визначає фізіологічні ефекти регуляторів росту в онтогенезі рослин: проростання, ріст, розвиток, цвітіння, плодоношення, старіння;
- розуміє роль стресових фітогормонів і сигнальних молекул у відповіді рослин на абіотичні та біотичні фактори.

Здобувач уміє:

- проводити лабораторні дослідження з визначення впливу регуляторів росту на проростання насіння, ріст коренів і пагонів;
- готувати розчини фітогормонів і синтетичних регуляторів відповідно до правил техніки безпеки;
- здійснювати морфометричні вимірювання та статистичну обробку результатів експериментів;
- інтерпретувати фізіологічні зміни рослин під впливом різних концентрацій та комбінацій регуляторів росту;
- обирати доцільний регулятор росту для різних практичних задач (укорінення живців, індукція цвітіння, регуляція росту культур, підвищення стійкості до стресів).

Здобувач здатний:

- обґрунтовано презентувати результати досліджень щодо дії регуляторів росту рослин;
- пояснювати біологічні процеси, пов'язані з гормональною регуляцією, у професійній комунікації та навчальному середовищі;
- застосовувати знання про регулятори росту в агрономічній, біотехнологічній та освітній практиці.
- самостійно планувати й виконувати прості фізіолого-біохімічні дослідження з використанням регуляторів росту;
- дотримуватися етичних норм і правил безпеки при роботі з хімічними речовинами та рослинними об'єктами;
- критично оцінювати наукові джерела щодо використання регуляторів росту рослин у біології, агротехнологіях і фітобіотехнології.

6. Обсяг і ознаки курсу

Найменування показників	Характеристика навчального курсу
	денна форма навчання
Рік навчання / рік викладання	2026-2027
Семестр вивчення	3
Кількість кредитів ЄКТС	4
Загальний обсяг годин	120
Кількість годин навчальних занять	32
Лекційні заняття	16
Практичні заняття	16
Самостійна та індивідуальна робота	98
Форма підсумкового контролю	Залік

7. Пререквізити курсу

Дисципліна читається у першому семестрі.

8. Технічне й програмне забезпечення, обладнання

Під час викладання дисципліни «Регулятори росту рослин» використовується наступне обладнання: роздатковий методичний матеріал, ілюстративний матеріал відповідно до теми заняття та ін. Можливе використання проектора й ноутбука / персонального комп'ютера для створення презентацій у форматі MS Power Point. Передбачається застосування об'єктно-модульного динамічного середовища навчання MOODLE.

9. Політика курсу

Відвідування занять. Очікується, що здобувачі вищої освіти відвідуватимуть лекційні та практичні заняття. Під час відвідування всіх видів занять і консультацій очікується дотримання правил внутрішнього розпорядку Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка та етичних норм поведінки.

Очікується, що здобувачі вищої освіти дотримуватимуться термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом. За несвоєчасно подані роботи / завдання (з порушенням визначених термінів) знижуватимуться бали.

Якщо здобувач вищої освіти не відпрацював пропущені навчальні заняття, не виправив оцінки 0,1,2,3, отримані на навчальних заняттях, виконав завдання модульної контрольної роботи (МКР) або самостійної роботи менше ніж на 60% від максимальної кількості балів, виділених на ці види робіт, він вважається таким, що має академічну заборгованість за результатами поточного контролю.

Пропущені заняття здобувач вищої освіти має відпрацювати. За відпрацьовані лекційні заняття оцінки не ставляться, за практичні заняття нараховуються бали середнього (4, 5, 6), достатнього (7, 8, 9) та високого рівня (10, 11, 12).

Очікується, що здобувачі вищої освіти поступово відпрацьовуватимуть пропущені заняття й завершать цей процес вчасно (до останнього практичного заняття з дисципліни). Відпрацювання лекційного заняття передбачає знання здобувачем питань плану. Відпрацювання пропущеного практичного заняття передбачає опанування теоретичних питань плану заняття й виконання запланованих завдань.

Очікується, що здобувач вищої освіти не будуть запізнюватися на заняття, а мобільні телефони під час занять використовуватимуть лише з освітньою метою.

Академічна доброчесність. Дотримання академічної доброчесності регулюється Кодексом академічної доброчесності Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (https://drive.google.com/file/d/1W_tRKAqt4kKFyD1zNzR76uxVZY3mUjBV/view) та Положенням про дотримання академічної доброчесності науково-педагогічними працівниками та здобувачами вищої освіти Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (<https://drive.google.com/file/d/1nVC6hDHeT4WxNS5c45xybMiWBEVDbGpb/view>).

Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними міркуваннями. Відсутність покликань на використані джерела, фабрикавання джерел списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують приклади можливої академічної недоброчесності. Списування під час контрольних робіт та екзамену заборонені (зокрема, з використанням мобільних пристроїв). Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти та фактів списування є підставою для її незарахування викладачем (незалежно від масштабів плагіату чи обману).

Неформальна / інформальна освіта. Визнання результатів неформальної та (або) інформальної освіти. У випадку, якщо здобувач освіти отримав знання у неформальній та інформальній освіті, зарахування результатів навчання здійснюється згідно «Порядку визнання результатів навчання здобувачів вищої освіти, отриманих шляхом здобуття неформальної/інформальної освіти в Кам'янець-Подільському національному університеті імені Івана Огієнка» (<https://drive.google.com/file/d/19GCSM3y-K496gs8RQJp0mO9FjUJumB4T/view>). Зокрема, якщо здобувач вищої освіти надає сертифікати про участь у вебінарах, семінарах, майстер-класах, тренінгах, тематика яких відповідає пропонованій тематиці ІНДЗ з навчальної дисципліни, то викладач зараховує ІНДЗ із максимальним балом.

Література. Для пошуку рекомендованої літератури магістранти можуть послуговуватися бібліотекою університету, кафедри біології та екології та Інтернет-ресурсами. Здобувачі вищої освіти заохочуються до використання літератури, якої немає з-поміж рекомендованої.

Комунікування з викладачем. Спілкування з викладачами здійснюється під час лекційних і практичних занять (участь у бесідах, дискусіях, відповіді на питання тощо). Очікується, що здобувачі освіти будуть задавати викладачам запитання, цікавитися додатковими відомостями й сучасними науковими знаннями з курсу.

Викладачі щотижня проводять консультації.

10. Схема курсу Денна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	зокрема				
		лж	пз	лаб.	інд.	с.р.
1. Фітогормони, їх класифікація, будова, властивості та механізм дії.	12	1	1	-	-	10
2. Синтетичні регулятори росту, їх класифікація. Ауксини. Регулятори росту на основі ауксинів. Антиауксинові препарати	12	1	1	-	-	10
3. Цитокініни. Регулятори росту цитокінінової дії. Антицитокінінові препарати.	14	2	2	-	-	10
4. Гібереліни. Гібереліноподібні регулятори росту. Антигіберелінові препарати.	14	2	2	-	-	10
5. Фітогормони інгібуючої дії. Регулятори росту на основі абсцизової кислоти.	14	2	2	-	-	10
6. Етилен. Етиленпродуценти.	14	2	2	-	-	10
7. Брасиностероїди. Антибрасиностероїдні препарати. Жасмонати.	14	2	2	-	-	10
8. Гербіциди, сфера застосування, основні препарати, екологічна безпечність.	14	2	2	-	-	10
9. Ретарданти, основні препарати, сфера застосування.	12	1	1	-	-	10
10. Основні сфери застосування регуляторів росту рослин	10	1	1	-	-	8
Разом годин	120	16	16	-	-	98

11. Система оцінювання та вимоги

Розподіл балів, що присвоюються здобувачам освіти:

Поточний і модульний контроль			Залік (сума)
Поточний контроль	Самостійна робота	МКР	100
50 балів	20 балів	30 балів	

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти регламентується Положенням про рейтингову систему оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти К-ПНУ https://drive.google.com/file/d/1aD_jeL-jGRbDWAegkQ58tdMxxbqQKufF/view

Поточний контроль (50 балів)

Максимальний бал оцінки поточної успішності магістрантів на навчальних заняттях – 12.

Здобувач вищої освіти, знання, уміння і навички якого на навчальних заняттях за 12-бальною шкалою оцінено від 1 до 3 балів, вважається таким, що недостатньо підготувався до

цих занять і має академічну заборгованість за результатами поточного контролю. Поточну заборгованість, пов'язану з невідповідністю або недостатньою підготовленістю до навчальних занять, здобувач вищої освіти повинен ліквідувати. За ліквідацію поточної заборгованості нараховуються бали середнього (4, 5, 6), достатнього (7, 8, 9) та високого рівня (10, 11, 12).

Критерії оцінювання знань, умінь, навичок здобувачів освіти

Рівні навчальних досягнень	Оцінка в балах	Критерії оцінювання
Початковий (понятійний)	1	Здобувач вищої освіти володіє навчальним матеріалом на рівні засвоєння окремих термінів, фактів без зв'язку між ними: відповідає на запитання, які потребують відповіді „так” чи „ні”.
	2	Здобувач вищої освіти не достатньо усвідомлює мету навчально-пізнавальної діяльності, робить спробу знайти способи дій, розповісти суть заданого, проте відповідає лише за допомогою викладача на рівні „так” чи „ні”; може самостійно знайти в підручнику відповідь.
	3	Здобувач вищої освіти намагається аналізувати на основі елементарних знань і навичок; виявляє окремі закономірності; робить спроби виконання завдань репродуктивного характеру; за допомогою викладача виконує прості завдання за готовим алгоритмом.
Середній (репродуктивний)	4	Здобувач вищої освіти володіє початковими знаннями, здатний виконати завдання за зразком; орієнтується в термінах, поняттях; самостійне опрацювання навчального матеріалу викликає значні труднощі.
	5	Здобувач вищої освіти розуміє суть навчальної дисципліни, може дати визначення понять, категорій (однак з окремими помилками); вміє працювати з підручником, самостійно опрацьовувати частину навчального матеріалу; виконує прості завдання за алгоритмом, але окремі висновки є нелогічними та непослідовними.
	6	Здобувач вищої освіти розуміє основні положення навчального матеріалу, може поверхнево аналізувати факти, явища, робить певні висновки; відповідь може бути правильною, проте недостатньо осмисленою; самостійно відтворює більшу частину матеріалу; вміє застосовувати знання під час виконання практичних завдань за алгоритмом, послуговуватися додатковими джерелами.
Достатній (алгоритмічно дієвий)	7	Здобувач вищої освіти правильно і логічно відтворює навчальний матеріал, оперує базовими поняттями, встановлює причинно-наслідкові зв'язки між ними; вміє наводити приклади на підтвердження певних думок, застосовувати теоретичні знання у стандартних ситуаціях; самостійно користуватися додатковими джерелами; правильно використовувати термінологію; складати таблиці, схеми.
	8	Знання студента досить повні, він вільно застосовує вивчений матеріал у стандартних ситуаціях; вміє аналізувати, робити висновки; відповідь повна, логічна, обґрунтована, однак з окремими неточностями; вміє самостійно працювати, може підготувати реферат і обґрунтувати його положення.
	9	Здобувач вищої освіти вільно володіє вивченим матеріалом, застосовує знання у дещо змінених ситуаціях, вміє аналізувати і систематизувати інформацію, робить аналітичні висновки, використовує загальновідомі докази у власній аргументації; чітко тлумачить предметні поняття, категорії; може самостійно опрацьовувати матеріал, виконує прості творчі завдання; має сформовані типові навички.
Високий (творчо-професійний)	10	Здобувач вищої освіти володіє глибокими і міцними знаннями та використовує їх у нестандартних ситуаціях; може визначати особливості процесів, фактів, явищ; робить аргументовані висновки; практично оцінює сучасні здобутки методики навчання біології; самостійно визначає мету власної діяльності; виконує творчі завдання; може сприймати іншу позицію як альтернативну; використовує знання, аналізуючи різні явища, процеси.
	11	Здобувач вищої освіти володіє узагальненими знаннями з навчальної дисципліни, аргументовано використовує їх у нестандартних ситуаціях; вміє знаходити джерела інформації та аналізувати їх, ставити і розв'язувати проблеми, застосовувати вивчений матеріал для власних аргументованих суджень у практичній діяльності (диспути, круглі столи тощо); спроможний за допомогою викладача підготувати виступ на студентську наукову конференцію; самостійно вивчити матеріал; визначити програму своєї діяльності.
	12	Здобувач вищої освіти має системні, дієві знання, виявляє неординарні творчі здібності в навчальній діяльності; використовує широкий арсенал засобів для обґрунтування та доведення своєї думки; розв'язує складні проблемні ситуації та завдання; схильний до системно-наукового аналізу та прогнозу явищ; уміє ставити і розв'язувати проблеми, самостійно здобувати і використовувати інформацію; займається науково-дослідною роботою; логічно та

	творчо викладає матеріал в усній та письмовій формі; розвиває свої здібності й схильності; використовує різноманітні джерела інформації; моделює ситуації в нестандартних умовах.
--	---

Рейтингова оцінка у балах (r_k) знань, умінь і навичок здобувача вищої освіти на навчальних заняттях із навчальної дисципліни обчислюється після проведення навчальних занять та ліквідації поточної заборгованості, пов'язаної із пропусками занять, невідповідністю або недостатньою підготовленістю до них, за такою формулою:

$$r_k = (0,05r_k^c + 0,4) \cdot R_k,$$

де r_k^c – середня оцінка навчальної діяльності здобувача на заняттях, тобто частка від ділення суми всіх (позитивних від 4 до 12) оцінок на їх кількість, R_k – максимально можливий бал оцінювання результатів навчальної діяльності з дисципліни чи змістового модуля.

Самостійна робота (20 балів)

Перевірку питань й завдань самостійної роботи (СР), які здобувачі освіти готують на практичні заняття, здійснює викладач, який їх проводить. Їх оцінювання є складником загальної оцінки, що виставляється здобувачу освіти на практичному занятті.

Контроль за іншими видами самостійної роботи здійснює лектор на консультаціях.

До того ж, самостійна робота передбачає опрацювання матеріалу лекційних занять, попередню підготовку до практичних занять; виконання завдань і вправ в позааудиторний час; підготовку до обговорення окремих теоретико-практичних тем; самостійне вивчення окремих теоретичних тем курсу; підготовка до написання модульної контрольної роботи; відвідування консультацій (згідно з графіком консультацій кафедри); підготовка до складання іспиту.

Здобувачі освіти, які за виконання завдань СР отримали рейтинговий бал менший 60% від максимальної кількості балів, виділених на цей вид роботи, а також ті, що не з'явилися на звіт за виконання СР на консультації, або не виконали її завдань, вважаються такими, що мають академічну заборгованість за результатами поточного контролю, ліквідація якої є обов'язковою.

Критерії оцінювання знань, умінь, навичок здобувачів вищої освіти самостійної роботи

Оцінка в балах	Критерії оцінювання
12	Здобувач вищої освіти недостатньо опрацьовує навчальний матеріал, відтворює отриману інформацію непослідовно, у відповідях наявні помилки.
13-14	Здобувач вищої освіти самостійно користується додатковими джерелами і правильно використовує термінологію, може підготувати коротке усне повідомлення і обґрунтувати його положення.
15-16	Здобувач вищої освіти може самостійно опрацьовувати матеріал, виконує прості творчі завдання.
17-18	Здобувач вищої освіти самостійно виконує творчі завдання, може підготувати презентацію за наданим завданням, виступ на студентську наукову конференцію.
19-20	Здобувач вищої освіти займається науково-дослідною роботою, розвиває свої здібності й схильності і може використати набуті знання з дисципліни.

Модульна контрольна робота (30 балів)

Модульна контрольна робота виконується у письмовій формі. До її написання допускаються всі здобувачі вищої освіти. Позитивну оцінку за МКР не рекомендується покращувати.

Здобувачі вищої освіти, які за результатами виконання МКР отримали рейтинговий бал менший 60% від максимальної кількості балів, виділених на цей вид роботи, а також ті, що не

з'явилися для її виконання або не виконали її завдань, вважаються такими, що мають академічну заборгованість за результатами поточного контролю, ліквідація якої є обов'язковою.

Бал МКР	Критерії
18	Здобувач вищої освіти володіє початковими знаннями, орієнтується в термінах, поняттях
19	Здобувач вищої освіти розуміє суть навчальної дисципліни, може дати визначення понять, категорій (однак з окремими помилками); окремі висновки є нелогічними та непослідовними.
20-21	Здобувач вищої освіти розуміє основні положення навчального матеріалу, може поверхнево аналізувати факти, явища, робить певні висновки; відповідь може бути правильною, проте недостатньо осмисленою з окремими помилками.
22	Здобувач вищої освіти розуміє основні положення навчального матеріалу, може поверхнево аналізувати факти, явища, робить певні висновки; відповідь може бути правильною, проте недостатньою.
23	Здобувач вищої освіти правильно і логічно відтворює навчальний матеріал, оперує базовими поняттями, встановлює причинно-наслідкові зв'язки між ними; вміє наводити приклади на підтвердження певних думок, правильно використовувати термінологію; складати таблиці, схеми.
24-25	Знання здобувача досить повні, вміє аналізувати, робити висновки; відповідь повна, логічна, обґрунтована, однак з окремими неточностями.
26	Здобувач вищої освіти вільно володіє вивченим матеріалом, вміє аналізувати і систематизувати інформацію, робить аналітичні висновки, використовує загальновідомі докази у власній аргументації; чітко тлумачить предметні поняття, категорії.
27	Здобувач вищої освіти володіє глибокими і міцними знаннями, може визначати особливості процесів, фактів, явищ; робить аргументовані висновки,
28	Здобувач вищої освіти володіє узагальненими знаннями з навчальної дисципліни, аргументовано використовує їх, ставити і розв'язувати проблеми.
29	Здобувач вищої освіти має системні, дієві знання, виявляє творчі здібності в навчальній діяльності; використовує значну кількість засобів для обґрунтування та доведення своєї думки; розв'язує складні проблемні ситуації та завдання; схильний до системно-наукового аналізу та прогнозу явищ; уміє ставити і розв'язувати проблеми, самостійно здобувати і використовувати інформацію.
30	Здобувач вищої освіти має системні, дієві знання, виявляє неординарні творчі здібності в навчальній діяльності; використовує широкий арсенал засобів для обґрунтування та доведення своєї думки; розв'язує складні проблемні ситуації та завдання; схильний до системно-наукового аналізу та прогнозу явищ; уміє ставити і розв'язувати проблеми, самостійно здобувати і використовувати інформацію, моделює ситуації в нестандартних умовах.

Підсумковий рейтинг з кредитного модуля (дисципліни)

Рейтингова оцінка з кредитного модуля	Оцінка за шкалою ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A (відмінно)	зараховано
82-89	B (добре)	
75-81	C (добре)	
67-74	D (задовільно)	
60-66	E (достатньо)	
35-59	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)	незараховано
34 і менше	F (незадовільно з обов'язковим проведенням	

	додаткової роботи щодо вивчення навчального матеріалу кредитного модуля)	
--	--	--

Перескладання рейтингових оцінок (від 60 і більше балів) з метою їх підвищення дозволяється лише у виняткових випадках за погодженням з деканом факультету та з дозволу ректора університету.

Рейтингова оцінка у балах знань, умінь і навичок здобувача освіти на навчальних заняттях з навчального (змістового) модуля обчислюється після проведення цих занять та ліквідації поточної заборгованості, пов'язаної з пропусками занять, невідповідністю або недостатньою підготовленістю до них.

12. Рекомендована література

1. Веденичова Н.П., Косаківська І.В. Цитокініни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов зростання. – Київ: Наш формат, 2017. – 200 с.
2. Григорчук І.Д. Фізіологія рослин (курс лекцій) : навчальний посібник. – Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута», 2021. 194 с.
3. Григорчук І.Д. Тестові завдання для самостійної роботи з навчальної дисципліни «Фізіологія рослин». – Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута», 2021. 36 с.
4. Григорчук І.Д. Робочий зошит для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Фізіологія рослин» для студентів природничо-економічного факультету для студентів природничо-економічного факультету спеціальності 014 Середня освіта (Географія). – Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута», 2021. 68 с.
5. Карпенко В. П. та ін. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / за ред. В. П. Карпенка. – Умань : Видавець «Сочінський», 2012. – 357 с.
6. Кур'ята, В. Г., Попроцька, І. В. Фізіолого-біохімічні основи застосування ретардантів в рослинництві. – Вінниця: ТОВ «Твори», 2019. – 98 с.
7. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин. / За редакцією професора М. М. Макрушина. Підручник. Вінниця: Нова Книга, 2006. – 416 с.
8. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин: Підручник. К.: Либідь, 2005. 808 с.
9. Ріст і розвиток рослин: словник термінів і понять: навчально-методичний посібник / уклад. І.Д. Григорчук: Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута», 2021. 20 с.
10. Поливаний С.В., Кур'ята В.Г. Фізіологічні основи застосування модифікаторів гормонального комплексу для регуляції продукційного процесу маку олійного. – Вінниця : ТВОРИ, 2016. – 145 с.
11. Шаталюк Г. С., Кур'ята В. Г. Сучасний стан і перспективи використання синтетичних регуляторів росту в рослинництві / Актуальні проблеми біології та методики її викладання у закладах вищої освіти – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2018. – С.161 – 181.
12. Debora Gasperini, Gregg A Howe, Phytohormones in a universe of regulatory metabolites: lessons from jasmonate, *Plant Physiology*, Volume 195, Issue 1, May 2024, Pages 135–154, <https://doi.org/10.1093/plphys/kiae045>