

НАВЧАЛЬНИЙ КЕЙС ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Терещенко Н.Ю.

Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, 03041, м. Київ
scientific.lab2025@gmail.com

У роботі розроблено методичні матеріали навчального кейсу студентського наукового гуртка «Еколабораторія: хімія рослин», спрямованого на інтеграцію хімічних знань із екологічними принципами озеленення та формування компетентностей сталого розвитку у студентів освітньої програми «Ландшафтний дизайн». Задачею запропонованого кейсу є створення ціннісно орієнтованого освітнього середовища, у якому студенти набувають дослідницьких, аналітичних та комунікативних компетентностей, що забезпечує їх готовність до розв'язання екологічних питань засобами майбутньої професійної діяльності. Кейс містить форми навчальної діяльності: роботу з літературними джерелами, виконання лабораторних експериментів, дискусії, міні-проекти. Запропонована багатокомпонентна структура кейсу забезпечує інтеграцію теоретичних знань і практичних навичок, формує здатність студентів до самостійного пошуку інформації, аргументованого обговорення та прийняття екологічно відповідальних рішень. Ознайомлення студентів із класифікацією хімічних речовин та прикладами мінеральних добрив, нормами їх внесення відповідно до агротехнічних регламентів формує ресурсозберігаючу компетентність. Вивчення принципів приготування розчинів різної концентрації, зокрема робочих розчинів для підживлення та методів розбавлення концентрованих препаратів, сприяє розвитку аналітичної компетентності та навичок раціонального використання ресурсів. Вибір ґрунтових субстратів, сформованих на основі торфу, піску та перліту з додаванням деревного вугілля як сорбенту та регулятора кислотності, забезпечує формування практико-орієнтованої компетентності та здатності приймати науково обґрунтовані рішення щодо оптимального водно-повітряного режиму та убезпечення втрати родючості ґрунту через його засолення. Такий підхід сприяє розвитку навичок екологічного мислення, інтеграції знань із хімії, біології та агрономії, а також формує у студентів відповідальність за сталий вибір технологій у сфері озеленення та ландшафтного дизайну. Розробка режимів поливу декоративних культур із застосуванням крапельного зрошення та фертигації спрямована на підтримання стабільного мікроклімату у зоні зелених насаджень, сприяє екологічній рівновазі та підвищує якість озеленення територій міських осередків, формуючи компетентність екологічної відповідальності. Розгляд хімічних аспектів екологічного озеленення здійснено на прикладі троянд (*Rosa L.*), що дозволяє студентам інтегрувати професійні знання з практиками сталого розвитку та розвивати дослідницьку компетентність, необхідну для майбутньої професійної діяльності у сфері ландшафтного дизайну. *Ключові слова:* навчальний кейс, педагогічні умови, екологічна освіта, компетентності сталого розвитку, ландшафтний дизайн, студентський науковий гурток.

Educational case as an instrument for developing sustainable development competences. Tereshchenko N.

The study developed methodological materials for a learning case within the student scientific club «Eco-laboratory: Chemistry of Plants», aimed at integrating chemical knowledge with ecological principles of greening and at fostering sustainable development competences among students of the «Landscape Design» educational program. The aim of the proposed case is to create a value-oriented educational environment in which students acquire research, analytical, and communicative competencies, ensuring their readiness to address environmental issues through their future professional activities. The case incorporates diverse learning practices such as working with literature sources, conducting laboratory experiments, engaging in discussions, and developing mini-projects. This multi-component structure ensures the integration of theoretical knowledge and practical skills, fostering students' ability to independently search for information, participate in reasoned discussions, and make environmentally responsible decisions. Guiding students through the principles of chemical substance classification and examples of mineral fertilizers, as well as with the norms of their application according to agrotechnical regulations, fosters biochemical competence and resource-saving competence. Studying the principles of preparing solutions of different concentrations, including working solutions for fertilization and methods of diluting concentrated preparations, contributes to the development of analytical competence and skills of rational resource use. The choice of soil substrates based on peat, sand, and perlite with the addition of charcoal as a sorbent and acidity regulator ensures the formation of practice-oriented competence and the ability to make scientifically grounded decisions regarding optimal water-air regimes and preventing soil fertility loss due to salinization. This approach promotes the development of ecological thinking skills, the integration of knowledge from chemistry, biology, and agronomy, and fosters students' responsibility for sustainable choices of technologies in landscaping and landscape design. The development of irrigation regimes for ornamental plants using drip irrigation and fertigation is aimed at maintaining a stable microclimate in green areas, contributing to ecological balance and improving the quality of landscaping in urban environments, thereby forming ecological responsibility competence. The consideration of chemical aspects of ecological landscaping is carried out on the example of roses (*Rosa L.*), which enables students to integrate professional knowledge with sustainable development practices and to develop research competence necessary for future professional activity in the field of landscape design. *Key words:* educational case, pedagogical conditions, environmental education, sustainable development competences, landscape design, student scientific club.



Постановка проблеми. Глобальні виклики, окреслені у Цілях сталого розвитку ООН, залишаються одними із ключових орієнтирів державної політики та відображені у змісті сучасної педагогічної практики. Згідно з даними Звіту про сталий розвиток 2025 (Sustainable Development Report 2025), підготовленого міжнародною дослідницькою мережею у сфері сталого розвитку (Sustainable Development Solutions Network, SDSN) під керівництвом Джеффрі Д. Сакса, Україна посідає 42-ге місце серед 167 країн із загальним балом 75,7 [1]. Такий результат свідчить про відносно високий рівень залученості держави до процесів реалізації Цілей сталого розвитку. Водночас Звіт ООН за 2025 рік наголошує, що світ перебуває на критичному етапі реалізації Повістки дня щодо реалізації Цілей сталого розвитку до 2030 року. Попри значні досягнення у сфері охорони здоров'я, освіти та доступу до інфраструктури, темпи прогресу залишаються недостатніми [2]. Така ситуація актуалізує потребу в інтенсифікації поширення інформації щодо Цілей сталого розвитку, серед яких значна частина присвячена екологічним питанням. Це сприяє підвищенню рівня поінформованості суспільства та формуванню здатності діяти задля досягнення відповідних цілей, інтегруючи екологічні рішення у всі галузі людської діяльності. Зокрема, галузь ландшафтного дизайну має безпосередній вплив на створення сприятливого еко-середовища, що є важливим чинником забезпечення екологічної безпеки у контексті зміни клімату. Формування компетентностей сталого розвитку у фахівців ландшафтного дизайну передбачає інтеграцію хіміко-екологічних знань у професійну підготовку.

Актуальність дослідження. Для сучасних фахівців у галузі ландшафтного дизайну важливим є прийняття науково-обґрунтованих та раціональних рішень, що забезпечують їх професійний внесок у сферу озеленення, створення стійких еко-систем у міському й сільському середовищі. Така діяльність ґрунтується на формуванні здатності інтегрувати професійні знання з екологічними принципами сталого розвитку. Робота майбутніх ландшафтних дизайнерів передбачає впровадження екологічно безпечних технологій, оптимізацію використання природних ресурсів і створення просторів, які підтримують біорізноманіття та відповідають сучасним викликам зміни клімату. У цьому контексті актуалізується завдання освіти щодо підготовки відповідних фахівців.

Для України це питання особливо важливе у зв'язку з гармонізацією освітніх програм із європейськими стандартами та необхідністю забезпечення екологічної безпеки в умовах урбанізації, кліматичних змін та війни [3, 4]. Наукові публікації українських авторів підкреслюють значення екологічної освіти як основи формування екологічної культури та відповідального ставлення до довкілля [5, 6]. Міжнародні

дослідження, індексовані у Scopus, акцентують на необхідності розвитку міждисциплінарних компетентностей, що поєднують аналітичні, дослідницькі та комунікативні навички [7,8]. Ефективне навчання зеленої хімії потребує інтеграції педагогічних знань про зміст із практичними дослідницькими підходами та комунікативними стратегіями, що забезпечує формування цілісних професійних компетентностей майбутніх учителів [7]. Автори наголошують, що міждисциплінарність у підготовці педагогів є ключовою умовою для реалізації освітніх практик у контексті сталого розвитку. У свою чергу, застосування підходу Наука – Технології – Суспільство – Довкілля (Science-Technology-Society-Environment (STSE)) у викладанні хімії сприяє розвитку екологічної свідомості здобувачів освіти, формуванню критичного мислення та інтеграції знань із реальними соціальними й екологічними проблемами [8]. У школах та вищих навчальних закладах важливу роль у формуванні компетентностей сталого розвитку відіграють тематичні заходи та наукові гуртки екологічної тематики, які створюють додатковий освітній простір для формування компетентностей сталого розвитку.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Тематика дослідження відповідає державній освітній політиці у сфері впровадження принципів сталого розвитку та формування екологічної культури майбутніх фахівців. Робота узгоджується з положеннями Закону України «Про освіту» та Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [9, 10]. Дослідження безпосередньо спрямоване на реалізацію певних стратегічних цілей висвітлених у Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2021-2031 роки, а саме: навичок системного та екологічності мислення, міждисциплінарної комунікації [11]. Практична значущість результатів узгоджується із положеннями Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [12]. Особливе значення має формування за допомогою розробленого еко-кейсу у здобувачів освіти, майбутніх фахівців ландшафтного дизайну, здатності виконувати завдання високої складності ґрунтуючись на наукових знаннях, планувати навантаження, концентруватися під час діяльності, управляти власними емоціями [3, 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останнього десятиліття дослідження та практика у сфері вищої освіти для сталого розвитку набули значного поширення. В університетських навчальних програмах українських закладів вищої освіти, як правило, уже впроваджено компетентнісний підхід. Якість професійної підготовки фахівців визначається рівнем сформованості їхньої професійної компетентності, що передбачає не лише засвоєння теоретичних знань, а й розвиток умінь та навичок, здатних до практичного застосування у професійній діяльності [13, 14]. До компетентно-

стей сталого розвитку належать системне мислення як здатність усвідомлювати взаємозв'язки між природними, соціальними та економічними процесами, прогностична компетентність (здатність передбачати наслідки рішень і сценарії майбутнього), нормативна компетентність (орієнтація на цінності та етичні принципи сталості), стратегічна компетентність (уміння розробляти й упроваджувати стратегії розвитку), аналітична компетентність (оцінка екологічних ризиків та ефективності технологій), дослідницька компетентність (планування й проведення експериментів, робота з даними), ресурсозберігаюча компетентність (раціональне використання природних ресурсів), компетентність екологічної відповідальності (усвідомлення соціальної значущості екологічних рішень), комунікативна компетентність (аргументоване представлення результатів, робота в команді, участь у дискусіях), компетентність критичного мислення (здатність аналізувати інформацію та приймати обґрунтовані рішення), креативність та інноваційність (пошук нових підходів до вирішення проблем), а також глобальна громадянська компетентність (розуміння міжнародних викликів і відповідальності за глобальні процеси) [15, 16].

Аналіз літературних джерел засвідчує, що у сучасному науково-педагогічному дискурсі екологічна освіта розглядається як багатовимірний процес, що поєднує формування зазначених компетентностей сталого розвитку із застосуванням різних педагогічних підходів, спрямованих на розвиток критичного мислення, соціальної відповідальності, аналітичних та дослідницьких умінь, а також на інтеграцію ціннісних орієнтацій і глобальної громадянської свідомості [17]. У сучасному міжнародному контексті в основу освітніх стратегій покладено концепцію освіти впродовж життя та орієнтацію на мобільність ринку праці. Важливо зазначити, що сучасні педагогічні підходи спрямовані не лише на засвоєння знань, а й на формування у студентів щоденної екологічної відповідальності, яка проявляється у здатності брати участь у екологічних ініціативах та усвідомлювати причини й наслідки екологічних ризиків [3, 18]. Метою роботи є розроблення методичних матеріалів навчального кейсу студентського наукового гуртка «Еколабораторія: хімія рослин», спрямованого на інтеграцію хімічних знань із екологічними принципами озеленення та формування компетентностей сталого розвитку у студентів освітньої програми «Ландшафтний дизайн».

Матеріали та методика дослідження. Матеріали дослідження розроблено у вигляді методичного комплексу, що поєднує теоретичні, практичні та дослідницькі елементи. До його складу входять навчально-методичні матеріали (літературні джерела, конспекти занять, інструктивні та інформативні картки, методичні рекомендації), а також практичні завдання у формі лабораторних експериментів із дослідження хімічних властивостей модельних

систем хімічних речовин, що застосовуються в процесі озеленення територій за допомогою троянд (Rosa L.). Рекомендована літературна база включала добірку наукових праць, нормативних документів та екологічних стандартів, що використовувалися для аналітичної роботи студентів і наукових дискусій. Важливою складовою частиною комплексу стали рефлексивні завдання, спрямовані на висвітлення сформованості навичок обґрунтування та прийняття фахових, науково-практичних рішень у контексті сталого розвитку.

Виклад основного матеріалу. Літературні джерела, рекомендовані студентам для опрацювання, спрямовано на систематизацію їх теоретичних знань із хімії та екології, розвитку системного мислення та міждисциплінарних зв'язків. Опрацювання результатів науково-дослідних робіт щодо вирощування троянд, висвітлених у публікаціях та нормативних документах, сприяло поглибленню усвідомлення студентами взаємозв'язків між хімічними властивостями речовин та ефективністю процесів вирощування рослин (Таблиця 1). Запропонована навчальна діяльність забезпечує адаптацію студентів до наукової роботи, поступову інтеграцію знань із хімії, біології та агрономії, формує аналітичне мислення й екологічну відповідальність, а також підвищує готовність до застосування наукових результатів у практиці сталого озеленення на прикладі вирощування троянд (Rosa L.) [19-21].

Конспекти занять, що містили класифікацію хімічних речовин, приклади добрив та їх агротехнічні регламенти, формували ресурсозберігаючу компетентність, прогностичну компетентність, оскільки студенти навчалися передбачати наслідки застосування різних технологій живлення рослин та моделювати сценарії їх впливу на довкілля.

Вивчення принципів приготування розчинів різної концентрації має багатопланове значення для формування компетентностей студентів. Передусім це поглиблення базових хімічних понять: концентрація, молярність, масова частка, співвідношення «концентрат-розчинник». Опанування цих принципів вимагає точних розрахунків, уважності до деталей та перевірки правильності власних дій, що безпосередньо розвиває аналітичну компетентність. Практичне приготування робочих розчинів для підживлення та розбавлення концентрованих препаратів має педагогічну мету – студенти не лише виконують алгоритм, а й усвідомлюють його значення та наслідки на рослинний організм та ґрунт. Це формує дослідницькі навички та вміння застосовувати теоретичні знання у реальних умовах. Розуміння кількісних та якісних характеристик розчинів формує навичку раціонального використання ресурсів, безпечного поводження з хімічними препаратами та екологічної відповідальності. Процес приготування розчинів під час лабораторних робіт у підгрупах стимулює комунікативні компетентності, формує

Таблиця 1

Формування компетентностей сталого розвитку у процесі роботи з літературними джерелами

Літературні джерела	Педагогічна функція	Формування компетентностей
Наукові публікації (статті, тези, доповіді, монографії)	Створення навчального середовища, яке формує в студентів навички академічного пошуку, критичного аналізу та систематизації знань. Забезпечення розвитку умінь аргументовано обґрунтовувати результати досліджень, висновки, інтегрувати хімічні знання із екологічними наслідками. Застосовувати академічні знання для вирішення професійних завдань. Виховувати навички академічної доброчесності й орієнтувати студентів на використання перевірених джерел.	Аналітична компетентність, критичне та системне мислення, дослідницька компетентність, інтеграційна компетентність, комунікативна компетентність
Нормативні документи (агротехнічні регламенти, стандарти, інструкції)	Орієнтація студентів на дотримання агротехнічних регламентів та екологічних стандартів. Формування розуміння норм внесення добрив, правил екологічного контролю та безпечного використання ресурсів. Виховання ціннісних орієнтацій, відповідальності за наслідки професійних рішень і здатності прогнозувати їхній вплив на довкілля.	Нормативна компетентність, прогностична компетентність, екологічна відповідальність, ціннісно-орієнтована компетентність

навички співпраці, аргументації вибору, пояснення власних рішень, узгодження дій.

Розгляд оптимального хімічного складу та фізичних параметрів ґрунту, що забезпечують доступність поживних елементів і стабільність водно-аераційного режиму, формує у студентів розуміння причинно-наслідкових зв'язків між властивостями субстрату та агрономічними результатами. Це дозволяє пояснити, чому саме параметри насипної щільності, пористості, кислотності та електропровідності визначають інтенсивність росту, декоративність і продуктивність рослин. В роботі було розглянуто та детально проаналізовано результати дослідження десяти зразків ґрунту: ґрунт без добавок (контрольний зразок (КЗ) та дев'яти субстратних сумішей, створених шляхом змішування у різних співвідношеннях трьох компонентів (перегнаних кукурудзяних стебел, перегнилого субстрату грибів шийтаке та перліту) [22]. Контрольний ґрунт характеризувався високою насипною щільністю ($1,28 \text{ г/см}^3$) та низькою пористістю (47,38%), що обмежувало розвиток кореневої системи і призводило до гірших агрономічних показників (менша висота, тонше стебло, менша площа листків і кількість квіток). Натомість субстратні суміші забезпечували оптимальний діапазон щільності ($0,57\text{--}0,74 \text{ г/см}^3$) та пористості (54,33–71,48%), що сприяло кращому проникненню коренів, активнішому газообміну та підвищенню вологоутримувальної здатності. Кислотність субстратів (рН 6,51–7,10) забезпечувала оптимальну доступність макро- та мікроелементів, а електропровідність ($\geq 0,27 \text{ мілімхо/см}$) свідчила про вищу поживну цінність сумішей порівняно з контрольним ґрунтом. Хімічний склад субстратів варіювався за вмістом азоту (110–155 мг/кг), фосфору (50–85 мг/кг) та калію (250–450 мг/кг), що дозволяло моделювати різні сценарії живлення рослин. Найбільш ефектив-

ними для вирощування троянд виявилися суміші з 70% кукурудзяних стебел, 15% грибного субстрату та 15% перліту, які забезпечували інтенсивний ріст, розвиток і високу продуктивність рослин. Узагальнені результати порівняння контрольного ґрунту та субстратних сумішей наведено у Таблиці 2, яка демонструє опрацьовані студентами ключові фізико-хімічні параметри ґрунту.

Зміст інструктивних карток у навчальному процесі був побудований так, щоб студенти отримували чіткий алгоритм виконання лабораторних експериментів, перелік необхідних реактивів та обладнання, а також методи визначення ключових показників, що мають значення для живлення рослин.

До складу методичного комплексу входять три типи інформативних карток (ІК): розроблені викладачем, створені студентами та підготовлені у форматі спільної роботи (викладач-студент). Кожен із цих типів ІК має певну педагогічну функцію, оскільки задіює різні підходи формування компетентностей сталого розвитку. Картки, укладені викладачем, відзначаються нормативною чіткістю й аналітичною системністю, наданий викладачем матеріал демонструє приклад структурування інформації, формує у студентів умінь працювати з достовірними джерелами, критично осмислювати матеріал і дотримуватися принципів академічної доброчесності. Картки, створені студентами стимулюють самостійний пошук, розвивають дослідницькі навички та креативність. У процесі їх підготовки студенти навчаються відбирати й систематизувати професійну інформацію, інтегрувати знання з різних дисциплін, аргументовано представляти результати та співвідносити їх із практичними завданнями. Це сприяє формуванню інтеграційної та комунікативної компетентностей, а також компетентності екологічної відповідальності. Студенти усвідомлюють

Таблиця 2

Фізико-хімічні параметри контрольного ґрунту та субстратні суміші

Показник	Одиниця виміру	Контрольний ґрунт (КЗ)	Субстратні суміші
Насипна щільність	г/см ³	1,28	0,57-0,74
Загальна пористість	%	47,38	54,33-71,48
pH	одиниці pH	7,12	6,51-7,10
Електропровідність	мілімхо/см	0,25	≥0,27
Гідролізований азот	мг/кг	113,87	110-155
Доступний фосфор	мг/кг	48,51	50-85
Доступний калій	мг/кг	243,61	250-450

Таблиця 3

Інформативна картка «Мінеральні добрива»

Приклад речовини	Поживні елементи	Норми внесення	Агротехнологічне значення
Аміачна селітра (NH ₄ NO ₃ , ω _N ≈ 34%)	Азот	250–300 кг/га	Стимулює ріст зеленої маси
Нітроаммофос (N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆)	Азот, фосфор, калій	300 кг/га	Забезпечує збалансоване живлення
Суперфосфат простий (Ca(H ₂ PO ₄) ₂ , 19% P ₂ O ₅)	Фосфор	200 кг/га	Сприяє розвитку кореневої системи, стимулює цвітіння.
Калій хлорид (KCl, 60% K ₂ O);	Калій	150 кг/га	Підвищує стійкість до посухи та морозів, покращує якість квітів.
Сульфат цинку (ZnSO ₄ , ω _{Zn} ≈ 34%)	Цинк	1–3 кг/га	Забезпечують формування квіткових органів, підвищує стійкість до хвороб.

наслідки фіксування у картці інформації на основі котрої під час лабораторних робіт та дискусій, вони будуть обґрунтовувати та впроваджувати агротехнологічних рішення для довкілля. Спільні картки, де частину матеріалу готує викладач, а частину студенти, поєднують переваги обох підходів і створюють навчальне середовище співпраці. Такий формат формує компетентності партнерства, критичного мислення та ціннісно-орієнтованої відповідальності, адже студенти навчаються не лише відтворювати знання, а й брати участь у колективному виробленні освітнього продукту, оцінювати наслідки рішень та співставляти їх із принципами сталого розвитку. У комплексі три типи інформативних карток сприяють формуванню ключових компетентностей сталого розвитку: аналітичної, дослідницької, інтеграційної, комунікативної, нормативної, екологічної відповідальності, партнерства та ціннісно-орієнтованої. Запропонована форма роботи формує готовність студентів діяти професійно й відповідально в умовах сучасних викликів, інтегруючи академічні знання з практичними завданнями та екологічними пріоритетами.

Виконання лабораторного експерименту розпочиналося після повторення правил Техніки безпеки роботи у хімічній лабораторії. Експериментальна частина кейсу організована за допомогою інструкцій, викладених в інструктивних картках, що нада-

вало студентам можливість здійснювати предметні дії та візуалізувати теоретичні положення щодо складу агрохімікатів, їх діючих форм і вмісту поживних елементів. Виявлення поживних хімічних елементів здійснено за допомогою якісних реакцій, утворенні продукти реакції мали специфічні характеристики. Так, наприклад, для якісного аналізу азотвмісних добрив студенти виконували реакції, що дозволяли підтвердити наявність азоту як у катіоні амонію, так і в аніоні нітрату. При виявленні катіону амонію відбувалася реакція $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3\uparrow$, у результаті якої виділяється газ аміак із різким характерним запахом. Також студенти підтверджували властивості та склад утвореного газу в результаті взаємодії з індикаторами. Контакт газуватого продукту реакції із змоченою у воді смужкою лакмусового паперу спричиняв утворення синього забарвлення індикаторного паперу, що пов'язано зі зміною pH (утворенням лужного середовища). Візуальний ефект підтверджував основний характер газуватої речовини та перебіг хімічної реакції $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{OH}$. Застосований дослід мав важливе педагогічне значення, адже студенти не лише фіксували одразу наявний ефект реакції – виділення газу, а й усвідомлювали додаткові причинно-наслідкові зв'язки між хімічними перетвореннями та властивостями речовин, що формувало їхню дослідницьку компетентність, аналітичне мислення. Для виявленні

Приклад методичних рекомендацій «Системи зрошення»

Тези теоретичних положень розділу.

Принцип роботи крапельного зрошення. Крапельний полив забезпечує рівномірне зволоження ґрунту завдяки подачі води безпосередньо у кореневу зону рослини. Вода надходить малими порціями через систему трубок і крапельниць, що дозволяє уникати надмірного зволоження поверхні ґрунту та зменшувати випаровування. Контроль витрат води здійснюється через регулятори тиску та дозатори, що дає можливість точно визначати кількість води для кожної рослини. Це створює стабільний мікроклімат, знижує ризик розвитку хвороб, пов'язаних із надмірною вологістю, та сприяє економії ресурсів. Рекомендовані літературні джерела: [23-25].

Порівняння з традиційним зрошенням. У порівнянні із традиційним зрошенням крапельний метод дозволяє зменшити витрати води на 30-50%, забезпечує більш ефективне використання добрив (фертигація), що також має економічний ефект, оскільки знижує витрати. Рекомендовані літературні джерела: [24,26,27].

Завдання самостійної роботи студентів. Опишіть щонайменше два методи зрошення з позиції раціонального використання води. Які аспекти процесу зрошення можуть забезпечувати ефективне використання добрив та зменшення екологічного навантаження на довкілля.

аніону нітрату до розчину додано сульфатну кислоту та мідну стружку, дослід проводиться під витяжною шафою, в результаті нагрівання відбувається окисно-відновна реакція $4\text{NaNO}_3 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cu} \rightarrow 4\text{NaHSO}_4 + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2\uparrow$. Газуватий продукт реакції діоксид нітрогену (бурий газ) має характерний запах що підтверджує наявність нітратів у складі добрив.

Методичні рекомендації, розроблені в роботі, орієнтують студентів на прийняття науково обґрунтованих рішень у сфері озеленення, формують стратегічну компетентність, навчають впроваджувати довгострокові стратегії сталого розвитку у практиці ландшафтного дизайну [23-27]. Водночас вони стимулюють креативність та інноваційність, адже студенти мають можливість пропонувати інноваційні підходи, наприклад щодо оптимізації режимів зрошення (Таблиця 4).

Із аналізу змісту методичних рекомендацій (Таблиця 4) можна зробити висновок, що розроблені дидактичні матеріали виконують функцію закріплення та поглиблення теоретичних знань, є прикладом ознайомлення із досягненнями науковців щодо вибору технологій та оцінки їх екологічних та економічних наслідків. Завдання самостійної роботи студентів розвивають креативність та інноваційність, надають простір для наукового обґрунтування власних думок.

Головні висновки. У статті представлено дидактичні матеріали навчального кейсу студентського наукового гуртка «Еколабораторія: хімія рослин» як інструменту інтеграції хімічних знань із екологічними принципами озеленення для формування компетентностей сталого розвитку у студентів освітньої програми «Ландшафтний дизайн». Кейс базується на комплексі навчальних об'єктів, що ознайомлюють студентів з умовами вирощування троянди (*Rosa L.*) як широко відомої декоративної культури та відповідними агрохімічними чинниками її культивування (добрива, ґрунтові субстрати, системи зрошення). Така інтегрована модель методичних матеріалів ґрунтується на хіміко-екологічних аспектах озеленення й забезпечує формування компетентностей сталого розвитку у сфері ландшафтного дизайну.

Перспективи використання результатів досліджень. Навчальний кейс та заняття студентського наукового гуртка посилюють екологічне спрямування фахової освіти. Додаткова увага студентів до сучасних наукових досліджень створює умови для системного опрацювання наукової інформації, поглиблення професійних знань, розвиває відповідальність за екологічний вибір ощадливого використання ресурсів та технологій озеленення територій в умовах технічного прогресу та змін клімату.

Література

1. Financing sustainable development to 2030 and mid-century. Sustainable development report 2025 / J. D. Sachs et al. Paris: SDSN; Dublin: Dublin University Press, 2025. 492 p.
2. The sustainable development goals report 2025 / Editor: Lianne M. C. Beltran. New York: United Nations, 2025. 64 p.
3. Popova V.V., Popov V.Yu. STEM education in Ukraine's post-war reconstruction. *Гармонізація системи освіти України з європейським освітнім простором: досягнення, виклики та перспективи: зб. тез доп. VII міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 30 жовтня 2025 р.)*. Київ: ДНУ «Інститут освітньої аналітики», 2025. С. 589–592.
4. Осадча К.П., Осадчий В.В., Спірін О.М., Круглик В.С. Використання технологій змішаного та дистанційного навчання у педагогічній підготовці бакалаврів професійної освіти. *Інноваційна педагогіка*. 2022. № 46. С. 155–160.
5. Мартін А.М. Екологічна освіта в контексті сталого розвитку. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2025. Вип. 217. С. 336–339.
6. Сасенко Т., Осипенко О. Поглиблення екологічної компетентності в структурі професійної підготовки майбутніх архітекторів у закладах вищої освіти. *Вища освіта України*. 2021. № 2(81). С. 77–83.
7. Aydin Gunbatar S., Ekiz Kiran B., Boz Y., Oztay E.S. A systematic review of green and sustainable chemistry training research with pedagogical content knowledge framework: current trends and future directions. *Chemistry Education Research and Practice*. 2025. № 26. P. 34–52.

8. Gorito G., Morais C. Empowering environmental awareness through chemistry: a science-technology-society-environment-based approach to teaching acid-base reactions in 11th-grade science. *Education Sciences*. 2025. № 1(16). P. 38. DOI: 10.3390/educsci16010038.
9. Про освіту : Закон України від 5 вересня 2017 р. № 2145-VIII / Верховна Рада України. URL: Про освіту | від 05.09.2017 № 2145-VIII (дата звернення: 10.07.2026).
10. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25 червня 1991 р. № 1264-XII / Верховна Рада України. URL: Про охорону навколишнього п... | від 25.06.1991 № 1264-XII (дата звернення: 10.07.2026).
11. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2021–2031 роки : схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 лютого 2020 р. № 286-р / Міністерство освіти і науки України. Київ, 2020. URL: rozvitku-vishchoi-osviti-v-ukraini-02-10-2020.pdf (дата звернення: 10.07.2026).
12. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28 лютого 2019 р. № 2697-VIII / Верховна Рада України. URL: Про Основні засади (страте... | від 28.02.2019 № 2697-VIII (дата звернення: 10.07.2026).
13. Алексеева Г., Тихонова Л., Антоненко О., Овсянніков О. Компетентнісний підхід у професійній освіті та інтеграція практико орієнтованих задач для розвитку сучасної особистості. *Нова педагогічна думка*. 2025. № 1. С. 81–88.
14. Зінчук Н.А. Компетентнісний підхід до організації освітнього процесу магістрів-екологів. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Педагогічні науки*. 2023. № 3. С. 118–125.
15. Lozano R., Merrill M.Y., Sammalisto K., Ceulemans K. Connecting competences and pedagogical approaches for sustainable development in higher education: a literature review and framework proposal. *Sustainability*. 2017. № 9(10). P. 1889. DOI: 10.3390/su9101889
16. Martyniuk I. Pedagogical strategies in higher education: Challenges and perspectives. *Pedagogical Studies*. 2023. № 2(12). P. 45–59.
17. Romanchuk N., Maiboroda O., Biliuk I., Savchenko O.V. Formation of science and research competence of future engineers in higher technical educational institutions. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*. 2026. Т. 20, № 2. С. 998–1006.
18. Кочарян А.Б., Рудь А.В., Савастру Н.І. Порівняльний аналіз вищої освіти в країнах ЄС: вивчення різноманітності навчальних програм та методологій. *Вісник науки та освіти. Серії: філологія, культура і мистецтво, педагогіка, соціологія, історія та археологія*. 2024. № 2(20). С. 849–866.
19. М'ялковський Р.О., Панцирева Г.В., Безвіконний П.В. Перспективи використання троянди флорібунда в умовах Поділля. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. Т. 19, № 3 (103). DOI: 10.31548/dopovidi3(103).2023.014
20. Denysko I. Complex evaluation of the introduction prospects for Hulthemia hybrid roses planted in the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the NAS of Ukraine. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2025. № 21. P. 247–256.
21. Manimaran P., et al. Role of nutrients in plant growth and flower quality of rose: A review. *International Journal of Chemical Studies*. 2017. Vol. 5, № 6. P. 1734–1737.
22. Wang Y., Cao T., Li J., Zhou H., Zhang H. Study on the main physicochemical characteristics of different plant cultivation substrates and their effects on standard roses. *Plant, Soil & Environment*. 2024. Vol. 70, № 12. P. 799–808.
23. Морозов В.В. Ландшафтні меліорації: навчальний посібник. Херсон: ХДУ, 2007. 224 с.
24. Системи краплинного зрошення: навч. посібник / за ред. М.І. Ромащенко. Херсон: ОЛДІ-ПІЛЮС, 2015. 300 с.
25. Campos W.G., Almeida E.F.A., Curvelo I.C.S., Carvalho L.M., Avellar G.S. Nutrient solutions and irrigation frequency using ebb and flow subsurface system for cut flower roses cultivated in greenhouse. *Ornamental Horticulture*. 2025. № 31. e312862. DOI: 10.1590/2447-536X.v31.312862
26. Jun S.E., Shim J.S., Park H.J. Beyond NPK: mineral nutrient-mediated modulation in orchestrating flowering time. *Plants*. 2023. Vol. 12, № 18. Article 3299. DOI: 10.3390/plants12183299
27. Ma Q., Wang X., Yuan W., Tang H., Luan M. The Optimal Concentration of K₂HPO₄ Enhances Nutrient Uptake and Flower Production in Rose Plants via Enhanced Root Growth. *Agriculture (MDPI)*. 2021. Vol. 11, № 12. Article 1210. DOI: 10.3390/agriculture11121210

Дата першого надходження статті до видання: 13.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 28.07.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.08.2026