МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет фізико-математичної та природничої освіти
Кафедра біології та хімії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
освітній ступінь бакалавр

на тему: **МЕТОДИКА УЧНІВСЬКОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РОСТОМ І РОЗВИТКОМ РОСЛИН (НА ПРИКЛАДІ ФОРЗИЦІЇ) У МІСЬКИХ УМОВАХ**

Виконала: студентка 3 курсу, зу-33 групи
Драч Ольга Олександрівна
Освітня програма: Середня освіта
(Біологія та здоров'я людини. Хімія)
спеціальності 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)
Науковий керівник: канд. біол. наук, доц.,
Красноштан Ігор Васильович

Умань – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ОРГАНІЗАЦІЇ УЧНІВСЬКИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА РОСЛИНАМИ В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ 6
1.1. Вплив екологічних факторів міського середовища на життєдіяльність рослин 6
1.2. Значення натуралістичних та фенологічних спостережень у шкільному курсі біології 9
1.3. Ботанічна та еколого-географічна характеристика роду Форзиція (*Forsythia*) як об'єкта шкільних досліджень 11
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРЗИЦІЇ В МІСЬКИХ УМОВАХ 17
2.1. Природні умови, об'єкт та методика проведення досліджень 17
2.2. Особливості фенологічних ритмів квітування та росту пагонів форзиції 20
2.3. Оцінка стійкості рослин до абіотичних і біотичних стресорів міського середовища 26
2.4. Особливості розмноження форзиції в контексті створення пришкільних зелених зон 31
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ УЧНІВСЬКИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ФОРЗИЦІЇ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ 34
3.1. Адаптація наукових методів спостереження за рослинами для здобувачів базової середньої освіти 34
3.2. Розробка уроку-екскурсії «Весняне пробудження природи: спостереження за форзицією у міському парку/сквері» 36
3.3. Організація довгострокового учнівського проєкту «Оцінка життєвого стану міських чагарників на прикладі форзиції» 39
ВИСНОВКИ 44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 46

ВСТУП

Сучасний етап розвитку шкільної біологічної освіти, зокрема в контексті впровадження Державного стандарту базової середньої освіти та концепції Нової української школи, вимагає посилення практичної, екологічної та дослідницької спрямованості навчального процесу [1]. Важливим аспектом вирішення проблем екологічної освіти та оптимізації навколишнього середовища є залучення учнів до вивчення природи рідного краю, зокрема міських екосистем. Дослідження зелених насаджень допомагає здобувачам освіти усвідомити вплив антропогенних чинників на життєдіяльність організмів, формує екологічну свідомість та базові навички наукового спостереження [2].

Значно покращити склад та підкреслити декоративну виразність існуючих міських зелених насаджень можна залученням перспективних інтродуцентів, до яких належать і представники роду Форзиція (*Forsythia* Vahl). Вони привертають увагу фахівців своїми декоративними особливостями, надзвичайно раннім і рясним квітуванням, швидким ростом та можливістю широкого використання у насадженнях різного призначення. Водночас, ці біологічні ритми, зокрема, раннє весняне пробудження, роблять рослини роду *Forsythia* ідеальним модельним об’єктом для організації учнівських натуралістичних та фенологічних спостережень у другій половині навчального року.

Актуальність проблеми. Збагачення асортименту та вивчення стійкості декоративних деревних рослин у Правобережному Лісостепу України є важливим науковим завданням. Окремі дані щодо біолого-екологічних особливостей цих рослин трапляються в низці наукових робіт [3–6]. Однак, незважаючи на ґрунтовну ботанічну базу, існує суттєва проблема перенесення цих знань у шкільну практику. Нині практично відсутні адаптовані методики проведення учнівських спостережень за розвитком інтродукованих чагарників у міських умовах, які б відповідали віковим особливостям учнів 5–9 класів.

Тому розробка методики організації учнівських спостережень за ростом і розвитком рослин на прикладі форзиції в міських умовах є своєчасною, практично значущою та методично доцільною, що і зумовило вибір теми нашого дослідження.

Мета досліджень: теоретично обґрунтувати та розробити методику організації учнівських спостережень за ростом і розвитком рослин (на прикладі представників роду *Forsythia*) в умовах урбанізованого середовища для здобувачів базової середньої освіти.

Завдання досліджень:

1. Здійснити аналіз науково-методичної та біологічної літератури щодо проблеми організації дослідницької діяльності школярів та оцінки впливу міського середовища на рослини.
2. Виділити та систематизувати біолого-екологічні особливості росту, розвитку та стійкості рослин роду *Forsythia* у міських умовах як наукову фактологічну базу для шкільних досліджень.
3. Адаптувати наукові біометричні та візуально-описові методи дослідження рослин до вікових та пізнавальних можливостей учнів 5–9 класів.
4. Розробити методичні рекомендації та формати занять (уроки-екскурсії, дослідницькі проєкти) для організації учнівського спостереження за форзицією у міському середовищі.

Об’єкт досліджень: процес організації навчально-дослідницької діяльності учнів базової середньої школи під час вивчення біології рослин в умовах міського середовища.

Предмет досліджень: методика організації та проведення учнівських спостережень за ростом і розвитком чагарникових рослин (на прикладі роду Форзиція) у міських умовах.

Методи дослідження:

- *теоретичні:* аналіз, синтез, систематизація та узагальнення ботанічної, екологічної і психолого-педагогічної літератури для визначення теоретичних засад дослідження;

- *емпіричні:* педагогічне спостереження, бесіда, моделювання навчального процесу, а також адаптовані для учнів біометричні, візуально-описові та фенологічні методи фіксації стану рослин;
- *статистичні:* якісний та кількісний аналіз результатів навчальних спостережень.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновані у роботі методичні матеріали перетворюють фундаментальні наукові дані про інтродукцію рослин роду *Forsythia* на доступний навчальний інструмент. Розроблені плани-конспекти уроків-екскурсій, інструктивні картки для фіксації фенофаз та рекомендації щодо створення довгострокових учнівських проєктів можуть бути безпосередньо використані вчителями біології у закладах загальної середньої освіти при викладанні курсів «Пізнаємо природу» (5-6 класи) та «Біологія» (7-9 класи), а також керівниками гуртків еколого-натуралістичного напряму.

Результати дослідження апробовано: основні положення, висновки та результати дослідження доповідалися та обговорювалися на засіданнях студентського наукового гуртка «Сучасні проблеми навчання біології» Уманського національного університету (2025–2026 рр.).

Обсяг та структура кваліфікаційної роботи. Роботу викладено на 52 сторінках машинописного тексту, включаючи 11 таблиць та 5 рисунків. Вона складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел, що нараховує 44 найменування.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ОРГАНІЗАЦІЇ УЧНІВСЬКИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА РОСЛИНАМИ В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

1.1. Вплив екологічних факторів міського середовища на життєдіяльність рослин

Сучасне урбанізоване середовище є складною екосистемою, яка характеризується специфічним мікрокліматом, підвищеним рівнем забруднення, зміненими фізико-хімічними властивостями ґрунтів та значним антропогенним навантаженням. Для успішного залучення школярів до вивчення міських зелених насаджень необхідно чітко розуміти природу стресових факторів, що діють на рослинні організми в умовах міста [1].

Здатність до захисту при дії несприятливих абіотичних і біотичних чинників середовища є базовою властивістю будь-якого організму, яка вдосконалювалася в ході еволюції. Пристосування рослини до конкретних умов існування в місті (адаптація) досягається на рівні індивідуума за рахунок фізіологічних механізмів, а на рівні популяції – завдяки механізмам генетичної мінливості й спадковості. Надійність рослинного організму втілюється в ефективності його стійкості до таких специфічних чинників довкілля, як температурні екстремуми (високі та низькі температури), дефіцит води, загазованість середовища та інфекційні ураження. Ці фактори в місті можуть діяти як тривалий час, так і мати короткочасний, але критичний вплив.

Температурні стресори зимового періоду. Узимку міські насадження потерпають не лише від низьких температур, а й від чергування відлиг та морозів, пронизливих вітрів та обледеніння. Рослини-інтродуценти, які складають значну частку міського озеленення, неоднаково адаптуються до таких умов: деякі добре ростуть, в інших порушується цикл розвитку або ж вони значною мірою ушкоджуються. При оцінці перезимівлі розрізняють морозостійкість (здатність витримувати без пошкоджень низькі температури в періоди спокою) та комплексну зимостійкість. Морозостійкість зумовлена

генетично, тому різні види неоднаково адаптуються до сезонних змін.

Як зазначав О. Л. Липа [7], стійкість до низьких температур є ключовим чинником успішності культивування рослин. Хоча для Правобережного Лісостепу України загалом нехарактерні надто суворі зими, проте міські рослини періодично зазнають критичних температурних ударів. За даними С. В. Клименко [8], взимку 1986–1987 рр. у багатьох областях температура опускалася на 1–3 ºС нижче за історичний мінімум, коливаючись у межах від -37 ºС до -40 ºС (на поверхні снігу до -53 ºС при глибині покриву 22–50 см). Суворими були також зими 2005–2006 рр. та 2011–2012 рр., коли у січні 2006 р. температура опускалася нижче -35 °С. Такі екстремуми, за відсутності умов для повної реалізації потенційної морозостійкості протоплазми, призводять до підмерзання генеративних бруньок та однорічних пагонів, через що міські кущі втрачають свій декоративний вигляд [9].

Літня посуха та міські «острови тепла». У літній період провідним показником стійкості рослин у місті стає їхня посухостійкість. Специфіка міста полягає у формуванні так званих «островів тепла», де інтенсивне нагрівання асфальту та будівель поєднується з низькою вологістю повітря [2]. Посуха викликає виснаження запасів ґрунтової вологи та послаблення росту. У таких умовах здатність тканин витримувати зневоднення та регулювати витрату води (шляхом зменшення транспірації або дефоліації) стає критичною [10].

Враховуючи тенденцію до потепління клімату, посухостійкість може стати лімітуючим чинником для багатьох видів [11; 12]. Найбільш значущим наслідком посухи є зменшення фотосинтезуючої поверхні через передчасне старіння листків. Підвищена температура порушує водообмін рослин навіть незалежно від стану ґрунту, а інтенсивна дія сонячної радіації на відкритих ділянках може викликати опіки.

Фізіологічний механізм руйнівної дії високих температур полягає в денатурації білкових компонентів клітини та утворенні токсичних речовин. Відомо, що при температурі понад +30 ºС починається денатурація білків

через зменшення кількості водневих зв'язків. Сильне зневоднення порушує синтез хлорофілу та руйнує вже наявні молекули, спричиняючи пожовтіння листків. Крім того, ґрунтова та повітряна посуха може викликати тератологічні зміни органів квітки, збільшуючи кількість аномальних форм [13].

Біотичні чинники та стійкість до загазованості. Міське середовище з його стресорами послаблює імунітет рослин, роблячи їх вразливішими до шкідників та хвороб. Наприклад, пошкодження морозами взимку та надмірна вологість влітку провокують розвиток патогенів [14]. До поширених загроз у зелених насадженнях належать бузковий бруньковий кліщ (*Aceria löwi* Nal.), який деформує бруньки, а також вертицильозне в'янення (збудник *Verticillum dahliae* Kleb., для якого найсприятливішою є температура 10-15 ºС) (Шубенко, 1999) та бактеріальний рак (*Aplanobacterium populi* Rede., *Pseudomonas remifaciens* Kning.).

Попри всі ці складнощі, чагарники відіграють надзвичайно важливу роль у ландшафтній архітектурі міст. Вони часто є життєздатнішими за дерева у несприятливих екологічних умовах, адже короткий термін формування крони (2–3 роки) дозволяє швидко відновити насадження, а здатність до утворення порості («посадка на пень») значно подовжує їхню довговічність. Багато декоративних кущів, зокрема представники роду Форзиція (*Forsythia* Vahl), є досить газостійкими і невибагливими до ґрунтових умов, що робить їх чудовим об'єктом як для міського озеленення, так і для організації навчально-дослідницької роботи школярів у межах міста.

1.2. Значення натуралістичних та фенологічних спостережень у шкільному курсі біології

Реформування сучасної системи загальної середньої освіти в Україні, що реалізується через впровадження концепції Нової української школи (НУШ) та Державного стандарту базової середньої освіти [1], передбачає докорінну зміну підходів до навчання. Відбувається перехід від репродуктивного засвоєння готових знань до діяльнісного, дослідницького підходу. У цьому контексті природнича освітня галузь відіграє ключову роль у формуванні наукової картини світу школярів, а методи безпосереднього вивчення природи набувають особливої актуальності [15].

Натуралістичне спостереження є одним із найдавніших та фундаментальних методів пізнання навколишнього середовища. У шкільному курсі біології та інтегрованих природничих курсах (наприклад, «Пізнаємо природу») воно розглядається не просто як спосіб фіксації фактів, а як активний цілеспрямований процес сприйняття об’єктів і явищ з метою виявлення їхніх істотних ознак та закономірностей. Згідно з дослідженнями провідних методистів-біологів [15], систематичні спостереження сприяють розвитку в учнів логічного мислення, уваги, допитливості та формують стійкий пізнавальний інтерес до предмета.

Окремим, надзвичайно важливим напрямом натуралістичної роботи є фенологічні спостереження – вивчення періодичних (сезонних) явищ у житті живих організмів та їх зв’язку зі змінами умов довкілля. Для здобувачів базової середньої освіти (5-9 класи) фенологія рослин виступає ідеальним інструментом для розуміння єдності організму та середовища його існування [16].

Значення таких спостережень у навчально-виховному процесі багатогранне і реалізується на кількох рівнях:

1. **Пізнавально-освітній рівень:** учні на практиці засвоюють ботанічні поняття (вегетація, бутонізація, цвітіння, листопад), вчаться встановлювати причинно-наслідкові зв’язки між абіотичними факторами (температура,

світло, вологість) та біологічними ритмами рослин [2].

2. **Практично-діяльнісний рівень:** школярі опановують базові наукові методи: ведення щоденників спостережень, проведення біометричних вимірювань, фотофіксацію, складання графіків та таблиць. Це формує дослідницьку компетентність, яка є обов'язковою складовою сучасного освітнього стандарту [1].
3. **Еколого-виховний рівень:** регулярне спостереження за конкретною рослиною формує у дитини емоційно-ціннісне ставлення до природи. Особливо це актуально для міських школярів, чий контакт із дикою природою обмежений. Вивчення міських насаджень дозволяє побачити, як природа «виживає» та адаптується до урбанізованого середовища [16].

Методика організації спостережень має враховувати вікові особливості учнів [17]. Для учнів 5-6 класів спостереження носять переважно описовий та емоційно-естетичний характер. Увага фокусується на найбільш яскравих змінах: поява перших листків, початок масового цвітіння. На цьому етапі важливо навчити дітей регулярно фіксувати побачене. Для учнів 7-9 класів, які системно вивчають біологію рослин та екологію, фенологічні спостереження набувають аналітичного характеру. Школярі здатні не лише фіксувати фенофази, а й порівнювати темпи розвитку рослин одного виду в різних екологічних умовах (наприклад, поблизу автомагістралі та в глибині парку), оцінювати вплив заморозків або посухи на стан пагонів [17].

Залучення учнів до тривалих фенологічних спостережень ідеально поєднується з методом проєктного навчання [18]. Організація довгострокового учнівського проєкту, об'єктом якого є декоративні чагарники міських скверів (зокрема, представники роду Форзиція, що вирізняються ранніми та чіткими фенофазами), дозволяє інтегрувати знання з географії (клімат), біології (анатомія і морфологія рослин) та екології (вплив антропогенних факторів).

Таким чином, натуралістичні та фенологічні спостереження у шкільному курсі біології є невід'ємною складовою формування екологічно

свідомої особистості. Вони перетворюють пасивне споглядання природи на активний науково-дослідницький пошук, що є особливо важливим для вивчення стану зелених насаджень в умовах сучасних міст.

1.3. Ботанічна та еколого-географічна характеристика роду Форзиція (*Forsythia*) як об'єкта шкільних досліджень

Для ефективної організації навчально-дослідницької роботи учнів у міському середовищі надзвичайно важливо правильно обрати модельний об'єкт. Він має бути поширеним у насадженнях, доступним для регулярного огляду та мати чітко виражені фази розвитку [19]. Усім цим критеріям ідеально відповідають представники роду Форзиція (*Forsythia* Vahl), які завдяки своїм унікальним біологічним ритмам привертають увагу школярів ще ранньою весною.

Систематичне положення та походження. З точки зору ботанічної систематики [20], рід *Forsythia* належить до відділу *Magnoliophyta*, класу *Magnoliopsida*, родини Маслинові (*Oleaceae*), триби *Forsythieae* (рис. 1.1). Сучасні молекулярно-філогенетичні дослідження [21] підтверджують належність роду до цієї родини.



Рис. 1.1 Місце роду *Forsythia* у філогенетичних системах квіткових рослин А. Л. Тахтаджяна (1987) та APG IV (Angiosperm…, 2016)

Для розширення світогляду учнів цікавим є еколого-географічний аспект походження цих рослин. Сучасні дослідження [22] методами молекулярного датування встановили, що останній загальний предок роду сформувався ще у міоцені, близько 7,1 млн років тому. Види радіально поширилися зі Східного Китаю. Час розходження між європейською частиною ареалу та Східною Азією оцінюється у 5,2 млн років. Сьогодні природний ареал більшості видів зосереджений у Східноазійській флористичній області (Китай, Корея, Японія), і лише один вид (*F. europaea*) зростає у Європі (Балканська провінція).

Донині серед науковців тривають дискусії щодо видового складу роду, про що вчитель може згадати на заняттях гуртка, демонструючи динамічність біологічної науки. Більшість дослідників [23] вважають, що рід об’єднує 6 видів. A. Rehder [24] розширював цей список до 7 видів, у «Flora of China» [25] згадується 11 видів, а K.-J. Kim [26] на основі молекулярної філогенії визнавав існування 13 видів.

Морфологічні особливості для шкільних спостережень. За життєвою формою представники роду є фанерофітами (листопадними кущами), а за відношенням до вологи – мезофітами. Вивчення морфології форзиції дозволяє

учням наочно закріпити знання про будову вегетативних та генеративних органів:

- Пагони і листки**.** Гілки форзицій зазвичай порожнисті або мають пластинчасту серцевину (що цікаво досліджувати під лупою на зрізах). Листорозміщення супротивне. Листки прості або трійчасті, пилчасті або цілокраї (рис. 1.2).

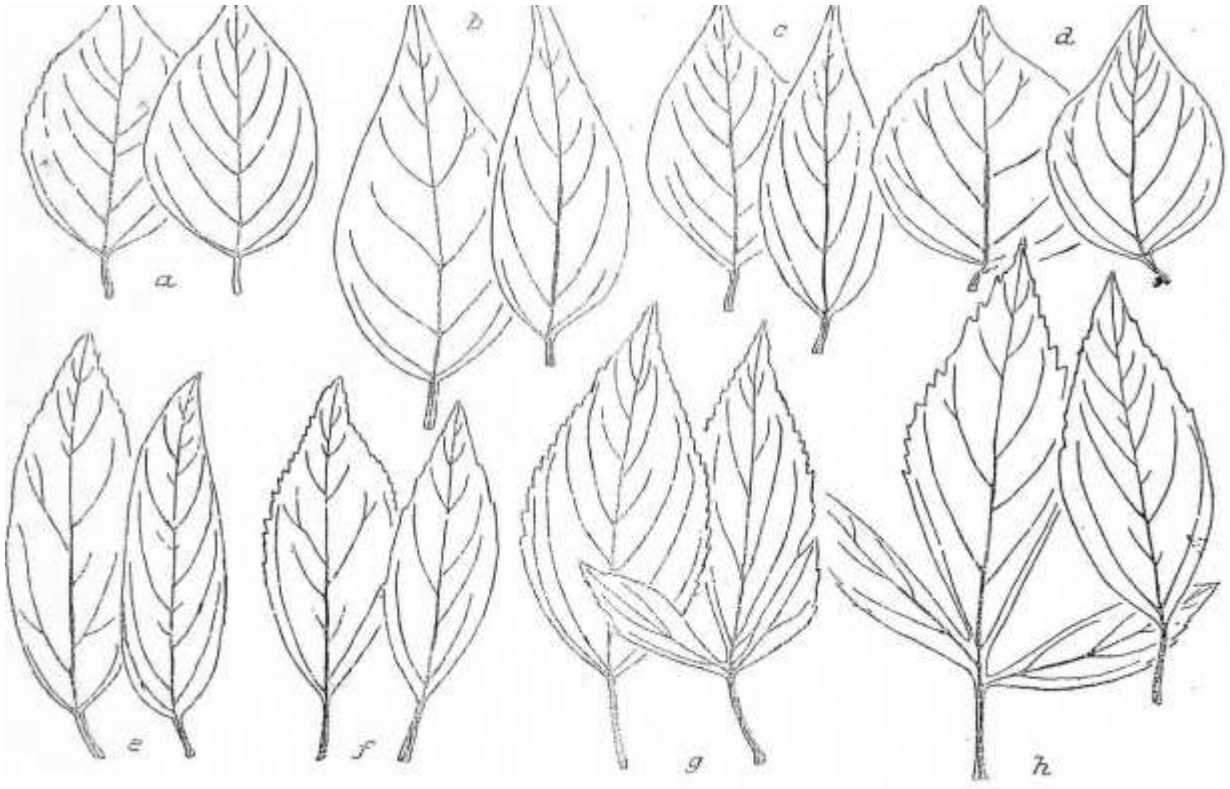


Рис. 1.2 Форма листків рослин з роду *Forsythia*, за [23]:

a) *F. europaea*; *b*) *F. giraldiana*; *c*) *F. japonica*; *d*) *F. ovata*; *e*) *F. viridissima*; *f*) *F.* × *intermedia* ‘Spectabilis’; *g*) *F.* × *intermedia* ‘Densiflora’; *h*) *F.* × *intermedia* ‘Primulina’

Квітки. Це найяскравіша ознака роду. Квітки гетеростильно-диморфні, діаметром (1,5) 2–4 (6) см, від лимонно-жовтих до насичено-жовтих кольорів. У межах роду різняться за своєю формою (рис. 1.3). Будова квітки класична для вивчення в 6 класі: чашечка глибоко 4-роздільна, віночок має дзвоникоподібну трубку та 4 долі, тичинок – 2. Стовпчик тоненький з 2-лопатевим рильцем, довший або коротший від тичинок, з вираженою

гетеростилією (рис. 1.4). Це явище є чудовим прикладом пристосування рослин до перехресного запилення.

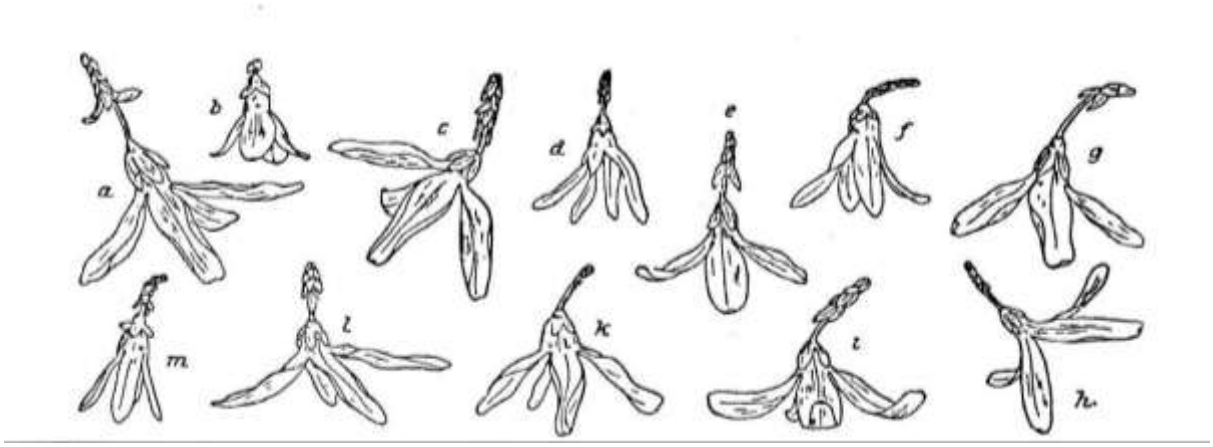


Рис. 1.3 Форма квітки представників роду *Forsythia*, за [23]:

a) *F. suspensa* ‘Variegata’; *b*) *F. ovata*; *c*) *F.* × *intermedia* ‘Vitellina’; *d*) *F. giraldiana*; *e*) *F. suspensa* var. *fortunei*; *f*) *F. viridissima*; *g*) *F. suspensa* var. *sieboldii*; *h*) *F.* × *intermedia* ‘Primulina’; *i*) *F.* × *intermedia* ‘Densiflora’; *k*) *F. japonica*; *l*) *F.* × *intermedia* ‘Spectabilis’; *m*) *F. europaea*

Плоди: Плід форзиції – розкривна шкіряста коробочка, що дозволяє учням восени вивчати способи поширення насіння.

Видове різноманіття в умовах міста. Під час шкільних екскурсій та створення проєктів у Правобережному Лісостепу України учні найчастіше можуть стикатися з такими таксонами:

1. *Forsythia europaea* (Форзиція європейська): Кущ заввишки до 2–(3) м з ортотропним ростом пагонів. Листки яйцеподібні. Квітки золотаво-жовті, до 3,5 см у діаметрі, поодинокі, пониклі. У природі є третинним реліктом Балкан [27].
2. *Forsythia suspensa* (Форзиція поникла): Кущ висотою до 3 м з характерними дугоподібно вигнутими, пониклими гілками. Квітки золотаво-жовті, діаметром до 3,5 см, розташовані по 1–3.

3. *Forsythia viridissima* (Форзиція зеленіюча): Кущ заввишки до 2 (4) м із темно-зеленими однорічними пагонами. Листки ланцетні або видовжено-еліптичні. Квітки насичено-жовті із зеленуватим відтінком.
4. *Forsythia ovata* (Форзиція яйцеподібна): Компактний кущ висотою до 1,5 (2) м, який в умовах Правобережного Лісостепу починає квітувати раніше за інші види – у перших числах квітня.
5. *Forsythia* × *intermedia* (Форзиція середня): Це культигенний гібрид (до 3 м заввишки), який масово використовується в міському озелененні. Завдяки високій декоративності, він найчастіше стає об'єктом уваги юних натуралістів.

Загалом, за даними досліджень, на територію Правобережного Лісостепу України в різні роки інтродуковано рослини 6 видів, що походять з усіх районів природних місцезростань рослин роду *Forsythia* (рис. 1.4).

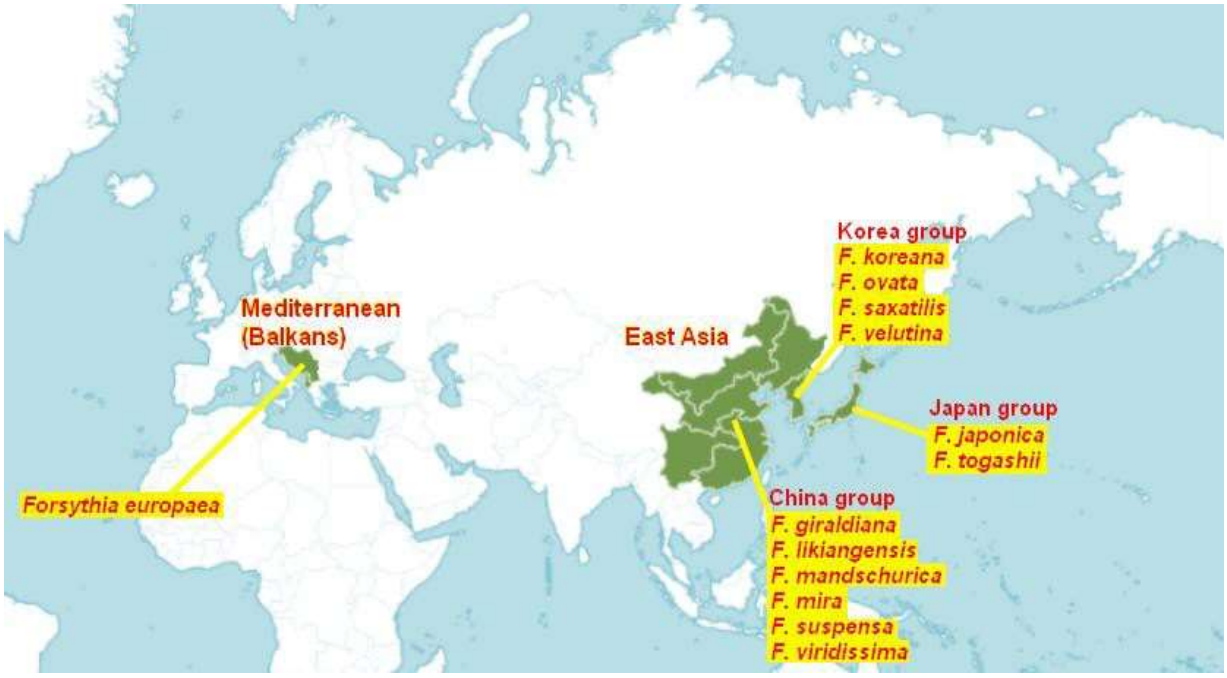


Рис. 1.4. Природне поширення видів роду *Forsythia* [22]

Розподіл видів за природним поширенням та гібридів роду *Forsythia*, культивованих у регіоні дослідження, представлений на діаграмі (рис. 1.5).

Більшість із них походить із Східноазійської флористичної області і добре адаптовані до місцевого клімату.

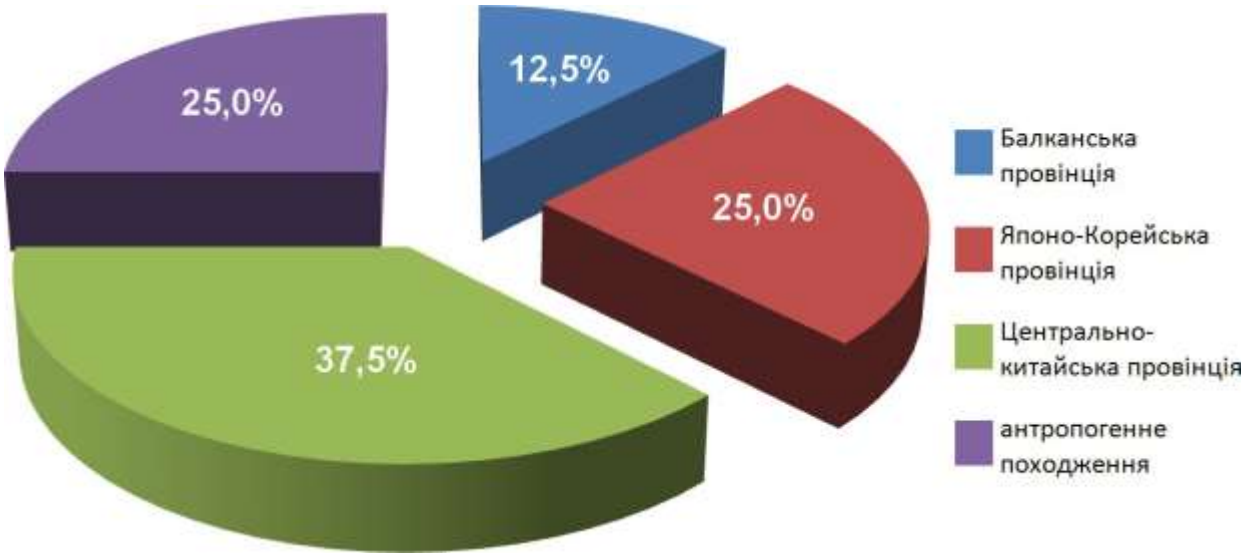


Рис. 1.5. Розподіл культивованих у Правобережному Лисостепу України видів та гібридів роду *Forsythia* за природним поширенням:

1 - Балканська провінція, 2 - Центральнокитайська провінція, 3 - Японо-Корейська провінція, 4 - гібридне походження

Отже, висока декоративність, ранні терміни цвітіння, широке представництво у міських насадженнях та доступна для спостережень морфологічна структура роблять чагарники роду *Forsythia* надзвичайно цінним об’єктом для організації навчально-дослідницької та фенологічної роботи у закладах загальної середньої освіти.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРЗИЦІЇ В МІСЬКИХ УМОВАХ

2.1. Природні умови, об'єкт та методика проведення досліджень

Будь-яке екологічне чи біологічне дослідження, яке згодом може бути адаптоване для шкільної практики, повинно спиратися на достовірну наукову базу та розуміння умов зростання об'єктів. Одна з гарантій успіху інтродукції та виживання рослин у міському середовищі полягає у відповідності кліматичних умов природного ареалу виду умовам регіону культури. Порівняння цих умов дозволяє прогнозувати успішність адаптації рослин.

Центром різноманіття видів роду *Forsythia* є Південно-Східна Азія, яка за А. Л. Тахтаджяном (1978) належить до Східноазійської області Голарктичного царства. Тут у природних умовах зростають рослини більшості видів, клімат яких формується під впливом мусонної циркуляції атмосфери зі значною кількістю опадів у теплий період року. Лише один вид походить з Південно-Східної Європи, де панує субтропічний середземноморський клімат.

Територіальні межі, в яких аналізувалися особливості культивування інтродуцентів та розроблялися методичні засади учнівських спостережень, охоплюють Правобережний Лісостеп України. Його клімат має помірно континентальний характер, а в межах великих міст ускладнюється фоновим мікрокліматичним впливом. Для успіху вирощування рослин велике значення мають атмосферне зволоження та температурний режим. Середня кількість опадів у регіоні становить 655,3 мм на рік, причому трапляються тривалі літні й осінні посухи, коли відносна вологість повітря може знижуватися до 12–16 відсотків, спричиняючи атмосферну посуху, що відображено в показниках середньомісячної відносної вологості повітря та опадів (табл. 2.1). Характерною особливістю зимового періоду є чергування морозів з відлигами, а в малосніжні зими спостерігається промерзання ґрунту, що є серйозним випробуванням для кореневої системи міських чагарників.

Таблиця 2.1

Середні багаторічні кліматичні показники

Правобережного Лісостепу України

Місяці	Середня			Пряма і розсіяна (сумарна) сонячна радіація, кДж/см^2
	температура, °С	кількість опадів, мм	вологість повітря, %	
січень лютий	–5,8	43,8	86	10,5
березень	–4,9	41,9	84	17,6
квітень	–0,2	43,5	80	30,1
травень	7,7	49,7	68	39,8
червень	14,8	56,1	63	59,9
липень	17,9	75,5	64	66,1
серпень	19,6	80,2	66	63,6
вересень	18,6	68,2	69	54,4
жовтень	13,9	49,8	73	37,7
листопад	7,6	45,4	80	22,6
грудень	1,4	52,7	86	9,2
	–3,2	48,5	88	6,7
Середні показники за рік	+7,3	655,3	76	418,3

Навесні активний ріст і розвиток міських насаджень безпосередньо залежить від температурних переходів. Початок періоду вегетації збігається з датами стійкого переходу середньої добової температури повітря через визначені позначки (табл. 2.2). Водночас різкі зниження температури під впливом арктичних мас можуть спричиняти пізні весняні та ранні осінні заморозки (табл. 2.3), що негативно впливає на ріст інтродукованих деревних рослин і часто викликає пошкодження генеративних бруньок.

Таблиця 2.2

Середні багаторічні дати переходу температури повітря через 0, 5, 10°С та суми позитивних температур в Правобережному Лісостепу України

Температура, °С	Весна	Осінь	Сума позитивних температур повітря, °С
0 +5 +10	20.03 4.04 22.04	21.11 28.10 8.10	3150 3020 2600

Таблиця 2.3

Середні дати першого й останнього заморозків на території Правобережного Лісостепу України

Дати першого заморозку			Дати останнього заморозку		
раннього	Середнього	пізнього	раннього	середнього	пізнього
22.03	18.04	22.05	20.09	16.10	12.11

Науковою фактологічною основою для розробки методичних рекомендацій та структурування учнівських робіт слугували емпіричні дані щодо біології та екологічної стійкості рослин роду *Forsythia*, отримані у різних умовах Правобережного Лісостепу України. Головним джерелом базових науково-теоретичних відомостей виступили результати фундаментальних багаторічних спостережень за чагарниками, проведених провідними фахівцями в умовах великого індустріального мегаполіса на базі Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України у місті Києві [28]. Це дозволило оцінити максимальний вплив міського стресу на інтродуковані таксони.

Водночас для підтвердження екологічної пластичності цих рослин у регіональному масштабі залучалися матеріали обстежень насаджень і в інших міських екосистемах. Особливе значення для прикладного впровадження

результатів роботи та моделювання майбутньої навчально-дослідницької діяльності здобувачів освіти має наявність представників роду *Forsythia* у колекціях Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України у місті Умань. Наявність такої потужної ботанічної та науково-методичної бази робить місто Умань надзвичайно перспективним майданчиком для практичної апробації розроблених методичних підходів, впровадження інструктивних матеріалів шкільних натуралістичних спостережень та організації навчальних біологічних екскурсій на базі місцевих освітніх закладів.

Для формування об’єктивного теоретико-методичного підґрунтя роботи було проаналізовано комплекс академічних наукових методів, які у спрощеному та дидактично адаптованому вигляді слугують безпосереднім прототипом для проектування шкільних інструктивних карток [29]. Таксономічна ідентичність об’єктів у залучених наукових джерелах встановлювалася за загальноприйнятими класичними посібниками [23; 25; 30]. Для виявлення меж коливань мінливості морфологічних ознак листків застосовували порівняльно-морфологічний метод із визначенням ступеня варіювання за шкалою рівнів мінливості коефіцієнта варіації.

Методологічну основу залучених наукових даних становили фенологічні спостереження, здійснені згідно з галузевими методиками для ботанічних садів, а органогенез і динаміку приросту пагонів досліджували за загальноприйнятими методиками [31; 32]. Аналіз потенційної морозостійкості тканин у першоджерелах базувався на результатах лабораторного прямого проморожування пагонів у спеціалізованих холодильних камерах [33]. Параметри фактичної посухостійкості оцінювалися на підставі візуальних спостережень за шестибальною шкалою С. С. П’ятницького [34], а водоутримуюча здатність листкових пластинок – за методикою А. І. Ліщука та Р. А. Пількевича [35]. Стійкість до збудників хвороб і комплексів шкідників аналізувалася за матеріалами детальних маршрутних обстежень насаджень, а інтегральну оцінку декоративних ознак чагарників проводили за загальноприйнятою методикою [36].

Узагальнені результати, отримані за допомогою зазначеного комплексу класичних та сучасних методів, дозволяють всебічно охарактеризувати особливості росту та розвитку представників роду форзиція в міських умовах і формують надійне наукове підґрунтя для розробки та організації навчально-дослідницької роботи учнів середньої школи.

2.2. Особливості фенологічних ритмів квітування та росту пагонів форзиції

Одним із головних природних чинників, які зумовлюють успіх інтродукції та виживання рослин в урбанізованому середовищі, є їхня здатність пристосовуватись до ритмів життєдіяльності. В основі сезонного розвитку лежать спадково закріплена ритмічність та періодичність фізіологічних процесів, що сформувалися в процесі еволюції. Змінюючи динаміку метаболізму та морфогенезу, рослини в зонах помірного і континентального кліматів можуть ефективно використовувати сприятливий період вегетації та виживати під час холодної зими чи сухого літа. Терміни початку, закінчення та тривалість фенологічних циклів перебувають під постійним впливом погодних умов, тому фенологічний розвиток завжди розглядається як індикатор загальної екологічної стійкості рослинного організму.

Надійним методом дослідження такої адаптації є фенологічні спостереження, які водночас виступають найдоступнішим і найефективнішим інструментом для організації шкільної науково-дослідної роботи. Вивчення ритмів сезонного розвитку здійснюється шляхом багаторічних моніторингів. Наведені в нашому дослідженні фундаментальні багаторічні фенодати минулих років є надзвичайно цінним науковим матеріалом, оскільки вони формують об’єктивну базову шкалу. Ця шкала слугуватиме своєрідним еталоном, з яким сучасні здобувачі освіти зможуть порівнювати власні поточні спостереження, самостійно фіксуючи кліматичні зміни, вплив глобального потепління чи локальну дію міського мікроклімату на рослини.

У листопадних деревних рослин науковці виділяють загалом сорок дві фенологічні фази, з яких для проведення комплексних спостережень найважливішими є шість. До них належать поява зеленого конусу листків, початок квітування, кінець квітування, поява осіннього забарвлення листків, визрівання плодів та початок листопаду. Ці ключові маркери дозволяють чітко визначити період вегетації та тривалість квітування чагарників. Для кожної з фенофаз існує свій оптимум поєднання чинників зовнішнього середовища. Середня арифметична дата фенофази вважається типовою датою її початку, а види, чиї показники найближчі до загальної середньої, знаходяться в найсприятливіших умовах.

Для інтегральної оцінки кожної рослини за комплексом усіх її фенодат у науковій практиці застосовують показники фенологічної атиповості та фенологічної анормальності. Показник фенологічної анормальності вираховується з урахуванням знаків відхилень і характеризує ступінь відхилення фенодат об’єкта від багаторічної норми. За величиною цього показника всі досліджені чагарники можна поділити на відповідні групи невідповідності клімату вторинного ареалу (табл. 2.4). Наприклад, рослини форзиції яйцеподібної з надлишком вкладаються у вегетаційний період і знаходяться в безпечній зоні, тоді як ритм гібридної форзиції середньої не цілком вкладається у місцевий клімат, що суттєво підвищує ризик підмерзання її пагонів у суворі безсніжні зими.

Таблиця 2.4

Групи представників роду *Forsythia* в залежності від показника фенологічної анормальності ($Ф_1$) та їх оцінка у балах

Група	Вид, гібрид, сорт	Коефіцієнт анормальності ($Ф_1$)	Бал
I	*F. ovata*	від –3 до –2	2
II	*F. europaea*, *F. giraldiana*, *F. suspensa*, *F. suspensa* ‘Variegata’, *F.* × *termedia* ‘Beatrix Farrand’, *F.* × *intermedia* ‘Lynwood’	від –1 до 0	4
III	*F. viridissima*, *F.* × *intermedia* ‘Arnold Giant’, *F.* × *intermedia* ‘Densiflora’, *F.* × *intermedia* ‘Gold Ranchen’, *F.* × *intermedia* ‘Spectabilis’, *F. suspensa* ‘Decipiens’	від 0 до +1	5
IV	*F.* × *intermedia*	від +1 до +2	6

У зеленому будівництві міста чагарники роду форзиція цінуються передусім за раннє та надзвичайно інтенсивне квітування, яке починається переважно з другої половини квітня до початку травня, ще до розпускання вегетативних бруньок. Початок та кінець квітування вважаються провідними фенологічними фазами, які найтісніше пов’язані з іншими етапами розвитку рослини та дозволяють прогнозувати загальну динаміку вегетації. За строками початку квітування всі досліджені таксони розподіляються на ранньоквітучі, середньоквітучі та пізньоквітучі групи (табл. 2.5). Мінімальний період квітування спостерігається у деяких сортів форзиції середньої і становить трохи більше чотирнадцяти діб, тоді як найдовше цвітуть форзиція європейська та поникла, зберігаючи декоративність понад двадцять діб.

Таблиця 2.5

Фенологічні групи представників роду *Forsythia* в залежності від термінів квітування

Строки квітування		
ранні (до 12.04)	середні (від 13.04 до 16.04)	пізні (від 17.04)
F. ovata, *F. × intermedia* ‘Lynwood’	*F. europaea, F.giraldiana,* *F. suspensa* ‘Variegata’, *F. × intermedia* ‘Arnold Giant’, *F. × termedia* ‘Beatrix Farrand’	*F. suspensa,* *F. suspensa* ‘Decipiens’, *F. viridissima,* *F. × intermedia* *F. × intermedia* ‘Densiflora’, *F. × intermedia* ‘Gold Ranchen’, *F. × intermedia* ‘Spectabilis’

Для планування міського озеленення та своєчасної організації весняних шкільних екскурсій величезне практичне значення має детальний календар квітування (див. табл. 2.6). Згідно з цими даними, найранішими термінами пробудження вирізняється форзиція яйцеподібна, квіти якої можуть розпускатися ще наприкінці березня. Форзиція зеленіюча та більшість сортів форзиції середньої зацвітають значно пізніше. Цікавим явищем, яке можуть фіксувати учні під час довгострокових проєктів, є запізніле метеогенне або передчасне ендогенне квітування. Ці аномалії виникають внаслідок різких перепадів температур, тривалої дії інтенсивної сонячної радіації восени чи порушення гормонального балансу рослини, що змушує генеративні бруньки розкриватися у нетиповий для них час.

Таблиця 2.6

Календар квітування представників роду *Forsythia* в умовах Києва

Види, гібрид, сорти	Дати початку цвітіння			Середня тривалість цвітіння, діб	Тривалість декоративної фази, діб	Інтенсивність цвітіння, бал
	найраніша	найпізніша	середня			
F. europaea	12.04	16.04	14.04	20,00	17	5
F. giraldiana	11.04	21.04	15.04	16,00	12	5
F. ovata	28.03	17.04	7.04	16,20	14	4
F. suspensa	10.04	25.04	17.04	16,00	14	5
F. suspensa ‘Decipiens’	10.04	27.04	17.04	21,00	17	5
F. suspensa ‘Variegata’	10.04	27.04	17.04	21,00	15	4
F. × intermedia	15.04	22.04	18.04	19,20	16	5
Forsythia × intermedia ‘Arnold Giant’	12.04	20.04	16.04	18,20	15	5
F. × termedia ‘Beatrix Farrand’	12.04	20.04	16.04	18,20	15	5
F. × intermedia ‘Densiflora’	16.04	23.04	19.04	16,40	14	5
F. × intermedia ‘Golden Ranchen’	14.04	21.04	18.04	14,20	11	5
F. × intermedia ‘Lynwood’	7.04	17.04	13.04	18,80	15	5
F. × intermedia ‘Spectabilis’	13.04	26.04	19.04	19,80	15	5

Міське середовище з його багатофакторними стресорами також здатне викликати тератологічні зміни органів квітки, зокрема появу махровості або збільшення кількості пелюсток та деформацію тичинок. На сьогодні махровість часто розглядається як реакція рослини на порушення водного чи температурного режиму, надмірну сухість ґрунту або дію токсикантів. Що стосується плодоношення, то у більшості інтродукованих форзицій в умовах Правобережного Лісостепу воно майже відсутнє. Ця особливість зумовлена специфічним явищем гетеростилії, оскільки більшість міських кущів розмножені вегетативно і належать до одного клону з довгою тичинковою ниткою. За відсутності рослин з короткими тичинками повноцінне перехресне запилення стає неможливим, що призводить до стерильності та відсутності насіннєвої продуктивності.

Іншим надзвичайно важливим аспектом адаптації є ріст пагонів та загальна тривалість вегетації. Здатність давати щорічний стабільний приріст слугує головним показником життєвого потенціалу міського чагарника. Стебло форзиції формується з різних типів річних приростів, серед яких чітко розрізняють потужні вегетативні пагони кущіння, що забезпечують габітус куща, та більш короткі стеблові пагони, які швидко переходять до генеративної фази. Активізація ростових процесів у цих рослин зазвичай збігається із масовим закінченням квітування.

Інтенсивний приріст пагонів припадає на середину червня та кінець липня. За сприятливих умов максимальні показники річного приросту у форзиції зеленіючої можуть перевищувати три метри, що часто пояснюється кращими гідрологічними умовами культури порівняно з природним ареалом. Для успішної перезимівлі критично важливим є своєчасне завершення росту та повне здерев’яніння тканин. Дослідження доводять, що до закінчення періоду вегетації повністю здерев’яніти встигають лише пагони форзиції яйцеподібної. Рослини більшості інших видів закладають верхівкову бруньку, проте їхні тканини часто залишаються трав’янистими і непідготовленими до морозів, що робить їх ідеальним об’єктом для вивчення зимостійкості на

уроках біології. Іноді на активно зростаючих пагонах фіксується явище фасціації, коли нормальне стебло аномально розширюється і стає пласким ближче до верхівки під дією фізичних або хімічних травматичних чинників міського середовища.

2.3. Оцінка стійкості рослин до абіотичних і біотичних стресорів міського середовища

Вивчення характеру перезимівлі, посухостійкості та імунітету інтродукованих рослин є обов'язковим етапом оцінки їхньої придатності для міського озеленення. Для шкільних дослідницьких проєктів ці показники слугують наочним критерієм того, як живий організм протистоїть агресивним чинникам урбанізованого середовища. Надійність рослини безпосередньо втілюється в ефективності її фізіологічних та генетичних захисних пристосувань до дії екстремальних температур, дефіциту води, загазованості та різноманітних інфекцій.

Узимку на міські насадження негативно впливають не лише низькі температури, а й постійне чергування відлиг та морозів, обледеніння гілок і холодні вітри. Оцінюючи стан чагарників після зими, в екології розрізняють морозостійкість та зимостійкість, причому перша є лише компонентом другої. Морозостійкість зумовлена генетично, тому різні види неоднаково адаптуються до сезонних змін. Хоча для Правобережного Лісостепу загалом нехарактерні надто суворі зими, в окремі роки температурні показники можуть бути критичними. Згідно з даними багаторічних кліматичних спостережень, взимку 1986–1987 років, а також у 2005–2006 та 2011–2012 роках температура повітря опускалася нижче позначки -35 °C (Гончаренко, 2009). За таких екстремальних умов генеративні бруньки більшості форзицій, за винятком форзиції яйцеподібної, зазнавали значних пошкоджень, внаслідок чого навесні кущі не квітували і втрачали свій декоративний вигляд.

Як свідчить аналіз наукової літератури, для об'єктивного визначення потенційної морозостійкості тканин у лабораторних умовах науковцями

застосовується надійний метод прямого проморожування пагонів за методикою Д. В. Потаніна та ін. (2005). В ході таких експериментів відібрані зразки поміщають в морозильні камери за заданих температур -25 °С, -30 °С та -35 °С. Ступінь морозного пошкодження визначається шляхом анатомо-мікроскопічного аналізу за зміною забарвлення тканин від світлого до бурого.

Разом із лабораторними даними визначальним показником екологічної пластичності інтродуцентів є їхня польова зимостійкість. Результати візуальних спостережень дозволяють оцінити реальний стан рослин після перезимівлі безпосередньо в умовах відкритого ґрунту. Показники польової зимостійкості представників роду *Forsythia* в Києві (табл. 2.7) демонструють, що більшість видів та сортів здатні успішно відновлюватися навіть після суворих зим, хоча ступінь пошкодження однорічних пагонів у різних таксонів суттєво відрізняється. Ці узагальнені наукові дані є зручним матеріалом для розробки критеріїв оцінки стану чагарників під час шкільних весняних екскурсій.

Таблиця 2.7

Польова зимостійкість представників роду *Forsythia* в Києві [28]

Види, гібрид, сорт	Зимостійкість, Бали							
	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.	2011 р.
F. europaea	4	3	4	3	3	4	3	3
F. giraldiana	4	3	4	4	3	4	4	4
F. ovata	4	3	4	4	3	4	4	3
F. suspensa	4	3	3	3	3	4	3	3
F. suspensa 'Decipiens'	4	3	4	3	3	4	4	3
F. suspensa 'Variegata'	4	3	4	4	3	4	4	4
F. viridissima	3	3	4	3	3	3	4	3
F. × intermedia	4	3	4	4	4	4	4	4
F. × intermedia 'Arnold Giant'	4	4	4	4	4	4	4	4
F. × termedia 'Beatrix Farrand'	4	4	4	4	4	4	4	4
F. × intermedia 'Densiflora'	4	3	4	4	4	4	4	4
F. × intermedia 'Golden Ranchen'	3	3	4	3	3	3	4	3
F. × intermedia 'Lynwood'	3	3	3	3	3	3	3	3
F. × intermedia 'Spectabilis'	4	3	4	4	3	4	4	4

У літній період головним показником екологічної витривалості стає посухостійкість рослин, що визначається як здатність переносити значне зневоднення тканин та інтенсивний перегрів. З огляду на тенденцію до потепління клімату посуха перетворюється на лімітуючий чинник для багатьох міських насаджень (Кругляк, 2010; Похильченко, 2006). Відсутність достатньої кількості опадів і високі температури повітря викликають руйнування хлорофілу, передчасне старіння листків, опіки та повну зупинку ростових процесів.

Оцінка фактичної посухостійкості досліджених таксонів за шестибальною шкалою, проведена фахівцями ботанічних установ [28], засвідчила, що дорослі рослини більшості видів форзиції мають високий рівень стійкості і оцінюються у 4,5–5 балів. Молоді кущі потерпають від тривалих посух значно сильніше і отримують 4–4,5 бали. Для глибшого розуміння фізіологічних механізмів науковцями вивчалася водоутримуюча здатність і стійкість до зневоднення листків рослин видів та сортів роду *Forsythia*, інтродукованих у Правобережний Лісостеп України (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Водоутримуюча здатність і стійкість до зневоднення листків рослин видів та сортів роду *Forsythia*, інтродукованих у Правобережний Лісостеп України

Вид, гібрид, сорт	Вміст води у листках до в'янення, %	Час за який листки втрачають 40 % води, г	Листки, що відновили тургор після в'янення, %
F. europaea	77,45±2,93	34 г 50 хв	85,0
F. giraldiana	68,83±2,77	25 г	70,0
F. ovata	73,98±2,87	20 г 30 хв	0,0
F. suspensa	85,24±3,13	25 г	99,0
F. suspensa 'Decipiens'	88,13±3,13	20 г	81,5
F. suspensa 'Variegata'	78,53±2,14	22 г 35 хв	84,8
F. viridissima	78,31±2,95	52г15 хв	99,0
F. × *intermedia*	86,07±3,09	48 г 30хв	99,0
F. × *intermedia* 'Arnold Giant'	82,69±2,25	40 г 30 хв	75,0
F. × *termedia* 'Beatrix Farrand'	82,69±2,25	40 год 30 хв	75,0

Результати аналізу підтверджують, що найбільш витривалі види, такі як форзиція зеленіюча та форзиція яйцеподібна, здатні ефективно утримувати вологу в тканинах, запобігаючи критичному зневодненню навіть за умов жорсткої посухи. Найбільш вразливою до дефіциту вологи виявилася форзиція поникла сорту ‘Decipiens’, листки якої масово втрачають тургор вже при температурі повітря +28 °C. Цікаво, що систематична посуха може стимулювати прояв тератологічних змін квітки, збільшуючи схильність рослин до махровості [37].

Не менш важливою складовою загального імунітету міських насаджень є їхня стійкість до ураження хворобами та пошкодження шкідниками. Ослаблені екстремальними морозами взимку або затяжними дощами влітку чагарники стають надзвичайно вразливими до дії різноманітних патогенів (Гончаренко, Медін, 2008). Під час фітопатологічних обстежень колекційних та міських насаджень дослідниками регулярно фіксувалося ураження форзиції пониклої, зеленіючої та європейської бузковим бруньковим кліщем, який живе всередині бруньок, спричиняючи їхню сильну деформацію та розрихлення.

Серед грибкових інфекцій в урбанізованому середовищі трапляються випадки вертицильозного в’янення, збудником якого є гриб, що зберігає свою життєздатність у ґрунті до десяти років. У гострій формі ця хвороба проявляється як раптове в’янення листків окремих гілок, причому листя деформується і засихає, але залишається висіти на кущі до пізньої осені. При хронічному перебігу спостерігається поступове побуріння країв листкових пластинок та утворення некрозів провідних тканин деревини у вигляді темних смуг. Також на кущах виявляли бактеріальний рак, який розповсюджується під час дощів і вражає всі органи рослини, викликаючи порушення процесів життєво необхідного сокоруху.

Аналіз стійкості представників роду форзиція на основі існуючої наукової бази переконливо доводить, що ці рослини володіють достатнім біологічним потенціалом для зростання в умовах Правобережного Лісостепу. Їхні різнопланові реакції на абіотичні та біотичні стресори міського

середовища є ідеальним науковим підґрунтям для організації поглиблених шкільних досліджень з екології та фітопатології рослин.

2.4. Особливості розмноження форзиції в контексті створення пришкільних зелених зон

Отримання достатньої кількості якісного посадкового матеріалу є одним із ключових завдань під час планування та створення пришкільних зелених зон. Вивчення особливостей розмноження інтродукованих рослин має не лише практичне, а й величезне навчальне значення. Залучення учнів до процесу живцювання чи вирощування сіянців дозволяє наочно продемонструвати різницю між насіннєвим та вегетативним типами репродукції, а також закріпити знання з анатомії та морфології рослин. Ступінь і перспективи використання чагарників у шкільному озелененні значною мірою визначаються їхньою здатністю до швидкого відновлення та простотою підбору оптимальних способів розмноження.

Аналіз наукової літератури свідчить, що наявність насінної репродукції зумовлює отримання в наступних поколіннях більш пристосованих до місцевих умов рослин. Водночас у Правобережному Лісостепу України цей метод суттєво ускладнюється. Як зазначають науковці, невідповідність погодних умов у критичні періоди розвитку призводить до порушення мікроспорогенезу та низької фертильності пилку. Крім того, більшість міських насаджень форзиції є вегетативними клонами з однаковою формою квітки, що унеможливлює перехресне запилення через специфічне явище гетеростилії. Згідно з результатами досліджень [28], насіння, отримане з інших кліматичних зон, здатне демонструвати високу лабораторну та ґрунтову схожість, проростаючи на п’ятий день без попередньої стратифікації. Однак перший рік вегетації є надзвичайно критичним для сіянців, оскільки вони не встигають утворити потужну кореневу систему і повністю здерев’яніти до настання холодів. З огляду на це насіннєвий спосіб розмноження у шкільній практиці доцільно використовувати виключно з гуртковою або селекційною метою для

проведення довгострокових генетичних спостережень.

У середовищі, яке є малосприятливим для генеративного розвитку, на перше місце виходить вегетативне поновлення. Саме цей шлях є найбільш раціональним для масового отримання посадкового матеріалу силами учнівського колективу. При вегетативному розмноженні повністю зберігаються всі цінні сортові та декоративні ознаки материнської рослини. Одним із найдоступніших для школярів методів є розмноження відгілками, коли корені формуються на гілках, що безпосередньо контактують із вологим ґрунтом. Основна перевага цього прийому полягає в тому, що він не потребує наявності теплиць, парників чи спеціального обладнання. У місцях природного зростання рослини роду форзиція постійно самовідновлюються саме завдяки здатності утворювати відгалудження з пониклих пагонів, що торкаються землі.

Найбільш ефективним способом масового розмноження, який ідеально підходить для створення шкільних розсадників, є вкорінення живців. У декоративному садівництві розрізняють розмноження літніми зеленими та зимовими здерев’янілими живцями. Зелені живці, що являють собою частини пагона поточного року приросту, мають надзвичайно високу регенераційну здатність і можуть укорінюватися майже повністю. Проте цей метод вимагає створення умов штучного туману під плівковим укриттям та суворого контролю вологості, оскільки найменше пересихання субстрату призводить до втрати тургору і загибелі матеріалу. Забезпечити такий постійний догляд в умовах звичайної школи буває досить складно.

Значно простішим і надійнішим підходом є використання здерев’янілих живців, які заготовляють восени або на початку зими. Їх можна зберігати у вологому піску в прохолодному приміщенні до весни, що само по собі є цікавим етапом учнівського проєкту з вивчення періоду спокою рослин. Як свідчать результати спостережень [28], вкорінення здерев’янілих живців форзиції на простому субстраті із суміші піску та торфу у співвідношенні один до одного становить від вісімдесяти шести до ста відсотків незалежно від

таксономічної приналежності об’єкта. Такий високий показник гарантує успіх дитячої практичної роботи та забезпечує заклад освіти власним посадковим матеріалом.

Отримані в такий спосіб молоді кущі відрізняються коротким терміном формування крони, яка набуває повноцінного декоративного вигляду вже за два-три роки. Вирощені школярами форзиції можна ефективно використовувати для створення живоплотів, декорування підпірних стінок, оформлення простору навколо малих архітектурних форм або висаджувати як солітери на шкільному подвір’ї. Крім того, ці чагарники є надзвичайно довговічними завдяки здатності утворювати рясну порість. Навіть старі кущі легко омолоджуються шляхом інтенсивної обрізки на пень, що також може бути елементом практичного заняття з садово-паркового мистецтва. Таким чином комплексне застосування вегетативних методів розмноження перетворює вивчення форзиції з суто теоретичного процесу на активну природоохоронну та творчу діяльність школярів.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ УЧНІВСЬКИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ФОРЗИЦІЇ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ

3.1. Адаптація наукових методів спостереження за рослинами для здобувачів базової середньої освіти

Організація навчально-дослідницької діяльності в сучасній школі вимагає трансформації складних академічних методик у доступні для розуміння та виконання учнівські алгоритми. Здобувачі базової середньої освіти ще не володіють необхідним математичним апаратом та навичками роботи зі специфічним лабораторним обладнанням, тому пряме перенесення наукових методів у шкільну практику є неможливим [38]. Головним завданням вчителя біології на цьому етапі стає адаптація емпіричних методів дослідження таким чином, щоб зберегти їхню наукову достовірність, але зробити процес збору даних посильним, цікавим та безпечним для дітей.

Фундаментальні фенологічні спостереження, які в ботанічних садах охоплюють понад сорок фаз розвитку, для шкільного курсу необхідно редукувати до найбільш показових та легко впізнаваних етапів. Для спостереження за форзицією учням пропонується фіксувати лише шість ключових фенофаз. До них належать бубнявіння генеративних бруньок, розпускання перших квіток, період масового цвітіння, поява зеленого конусу листків, утворення плодів та початок осіннього листопаду. Замість складних розрахунків фенологічної атиповості чи анормальності школярі ведуть прості календарі природи або використовують цифрові додатки для фотофіксації змін [39]. Такий підхід дозволяє легко обчислити загальну тривалість цвітіння та порівняти її з даними попередніх років або з показниками інших чагарників у міському сквері.

Біометричні методи дослідження, зокрема вивчення річного приросту пагонів, також потребують методичного спрощення. У науковій практиці для цього застосовують спеціальні вимірювальні прилади та складні формули органогенезу. В умовах шкільного проєкту учням пропонується обрати на

досліджуваному кущі кілька модельних пагонів і позначити їх яскравими нитками або безпечними маркерами. Вимірювання приросту здійснюється за допомогою звичайної гнучкої кравецької стрічки або шкільної лінійки з періодичністю один раз на два тижні протягом травня та червня [40]. Результати вимірювань заносяться до щоденника, на основі якого на уроках математики чи інформатики можна побудувати наочний графік інтенсивності росту пагона.

Оцінка стійкості рослин до абіотичних стресорів урбанізованого середовища переводиться з площини лабораторного експерименту у формат візуальної діагностики. Оскільки учні не можуть проводити штучне проморожування пагонів у кліматичних камерах, вивчення зимостійкості зводиться до весняного огляду кущів. Діти вчаться розрізняти живі генеративні бруньки від тих, що загинули внаслідок морозів чи різких відлиг, а також фіксують наявність сухих нерозпущених кінчиків на однорічних пагонах. Для перевірки життєздатності гілочки вчитель може зрізати один невеликий пагін і продемонструвати учням колір внутрішніх тканин, пояснюючи, що зелений зріз свідчить про збереження камбію, а бурий колір є індикатором морозного пошкодження [41].

Аналогічним чином адаптується методика вивчення посухостійкості та фітопатологічної стійкості. Замість визначення водоутримуючої здатності тканин у лабораторії школярі спостерігають за втратою тургору листками форзиції під час спекотних літніх чи ранньоосінніх днів. Вони фіксують стан, коли листя починає в’янути, і відзначають швидкість його відновлення після поливу або дощу. Виявлення хвороб та шкідників зводиться до ролі екологічного патруля, під час якого діти шукають деформовані бруньки, що є наслідком життєдіяльності кліща, або виявляють гілки з передчасно зів’ялим листям як ознаку можливого ураження деревини. Усі ці адаптовані методики формують у школярів базові навички наукового пошуку, виховують уважність до деталей та дозволяють отримувати достовірні дані про стан міських зелених насаджень.

3.2. Розробка уроку-екскурсії «Весняне пробудження природи: спостереження за форзицією у міському парку/сквері»

Екскурсійна форма проведення занять є одним із найдієвіших інструментів біологічного виховання. Використання міських насаджень, зокрема в умовах дендрологічного парку «Софіївка» або міських скверів, дозволяє поєднати вивчення морфології з елементами біоіндикації, коли учні вчаться оцінювати стан довкілля за зовнішнім виглядом рослин. З урахуванням вікових особливостей здобувачів освіти нижче наведено розгорнутий план-конспект такого уроку.

Тема уроку: Весняне пробудження природи на прикладі фенологічних змін форзиції в урбанізованому середовищі.

Мета уроку:

- навчальна: сформувати в учнів практичні знання про будову генеративних та вегетативних органів рослин, ознайомити з явищами фенології, інтродукції та адаптації чагарників до міських умов;
- розвивальна: вдосконалювати навички біологічного спостереження, вміння працювати з вимірювальними приладами, аналізувати морфологічні ознаки та робити обґрунтовані висновки про життєвий стан рослини;
- виховна: виховувати екологічну культуру, розуміння важливості збереження біорізноманіття та інтерес до самостійної дослідницької діяльності.

Методи навчання: словесні (розповідь, евристична бесіда, інструктаж), наочні (демонстрація живих об’єктів у природному середовищі), практичні (робота з лупою, біометричні вимірювання, біоіндикаційний аналіз, ведення польових записів).

Матеріали та обладнання: роздруковані маршрутні листи для кожної групи, прості олівці, тверді планшетки для записів, гнучкі рулетки або лінійки завдовжки 30 сантиметрів, ручні лупи, смартфони для фотофіксації.

Хід екскурсії

І. Підготовчий етап (в класі або на шкільному подвір'ї).

Учитель проводить перекличку, обов'язковий інструктаж з техніки безпеки під час перебування біля проїжджої частини та у парку, після чого об'єднує клас у малі дослідницькі групи по три-чотири особи. Кожна група отримує комплект обладнання.

Слова вчителя: Сьогодні наш урок пройде не за партами, а в міському парку. Ми будемо досліджувати унікальну рослину, яка вітає весну найпершою, запалюючи яскраві жовті ліхтарики своїх квітів ще до появи зеленого листя. Ваше завдання – стати справжніми науковцями-екологами: бути уважними, фіксувати всі деталі і спробувати розгадати біологічні секрети цього дивовижного чагарнику.

Для систематизації даних під час екскурсії кожна група отримує спеціально розроблений маршрутний лист (табл. 3.1), який є елементом польового біоіндикаційного моніторингу.

Таблиця 3.1.

Маршрутний лист юного дослідника «Весняне пробудження форзиції»

Назва показника / Завдання	**Спостереження та результати вимірювань**
Дата проведення екскурсії:	
Місце проведення:	(наприклад, Національний дендропарк «Софіївка»)
Погодні умови:	(температура, хмарність, наявність вітру)
Оцінка умов зростання куща:	(освітленість, стан ґрунту, наявність сміття/витоптування)
Загальний стан кори та гілок:	(наявність сухих або обмерзлих після зими гілочок)
Будова квітки (макродослідження):	Кількість пелюсток: ____ Кількість тичинок: ____ Колір: ____

Біометрія (вимірювання пагона):	Довжина однорічного пагона: ____ см Кількість розквітлих бруньок: ____ шт. Кількість сухих бруньок: ____ шт.
Місце для замальовки або примітки про фотофіксацію:	(учні роблять макрофотографію квітки на смартфон або схематичний малюнок)

ІІ. Основний етап (безпосередньо біля насаджень форзиції).

Зупинка 1: Жовте диво міського парку. Учні підходять до кущів форзиції. Вчитель звертає увагу на загальний вигляд (габітус) рослини та рясність цвітіння. Застосовується базовий агрономічний підхід: діти візуально оцінюють стан ґрунту під кущем, рівень освітленості та наявність пошкоджених після зими гілок.

Слова вчителя: Подивіться на цей кущ. Це форзиція, гостя з далекої Азії, яка чудово адаптувалася до наших умов. Зверніть увагу, на гілках ще зовсім немає листя, але вони повністю вкриті квітами. Як ви думаєте, чому рослині вигідно цвісти так рано, поки на сусідніх деревах ще голі гілки? Також придивіться уважно до кори: чи є на кущі сухі, поламані або обмерзлі гілочки? Це прямий показник того, як рослина перенесла зиму в умовах нашого міста.

Зупинка 2: Таємниці будови квітки. Кожна дослідницька група отримує завдання за допомогою лупи вивчити будову квітки, не зриваючи її з гілки. Учні рахують кількість пелюсток і тичинок, звертаючи увагу на їхнє просторове розташування.

Слова вчителя: Візьміть лупи і дуже обережно розгляньте одну квітку. Ви бачите чотири яскраво-жовті пелюстки. А тепер зазирніть усередину. Там розташовані дві тичинки і одна маточка. У світі ботаніки існує таке цікаве явище, як гетеростилія: в одних квіток стовпчик маточки довгий, а тичинки короткі, а в інших навпаки. Це хитрий механізм природи для забезпечення

перехресного запилення комахами. Дослідіть свої квітки і запишіть у маршрутні листи їхні особливості.

Зупинка 3: Практична лабораторія просто неба. Групи виконують самостійну практичну роботу. Кожна команда обирає один однорічний пагін. Учні вимірюють його довжину лінійкою, підраховують загальну кількість генеративних бруньок і визначають, скільки з них успішно розкрилися, а скільки залишилися нерозпущеними. Здійснюється фотофіксація квіток із можливими аномаліями.

Слова вчителя: Тепер час застосувати ваші вимірювальні прилади. Оберіть одну гілочку минулорічного приросту. Виміряйте її довжину від основи до верхівки і порахуйте всі розквітлі квітки на ній. Це дозволить нам оцінити життєвий потенціал та енергію росту чагарнику. Усі зібрані цифри обов’язково заносьте до ваших таблиць, адже саме вони стануть основою для нашого фінального наукового звіту.

III. Заключний етап (підбиття підсумків на локації).

Вчитель збирає групи разом, перевіряє повноту заповнення маршрутних листів і проводить коротку рефлексивну бесіду щодо отриманих результатів.

Слова вчителя: Наша дослідницька місія добігає кінця. Ви чудово впоралися з роллю дослідників. Хто бажає поділитися найцікавішим фактом або спостереженням, яке він сьогодні зробив?

Вашим домашнім завданням буде опрацювати зібрані польові дані і створити короткий звіт або цифрову презентацію про життєвий стан дослідженої нами рослини.

3.3. Організація довгострокового учнівського проєкту «Оцінка життєвого стану міських чагарників на прикладі форзиції»

Проєктна технологія навчання є однією з найефективніших форм організації дослідницької діяльності в сучасній школі. На відміну від одноразової екскурсії, довгостроковий проєкт дозволяє здобувачам освіти

відстежувати динаміку біологічних процесів, формувати причинно-наслідкові зв’язки та свідомо оцінювати вплив екологічних чинників на живий організм протягом різних сезонів року [42]. Використання міських насаджень форзиції як об’єкта дослідження є ідеальним рішенням завдяки їхній доступності, високій регенераційній здатності та чітко вираженим фенологічним фазам.

тема проєкту: Оцінка життєвого стану міських чагарників на прикладі форзиції;

тип проєкту: дослідницький, довгостроковий, груповий;

тривалість реалізації: один вегетаційний період (від початку березня до кінця листопада);

мета проєкту: дослідити сезонні ритми розвитку форзиції в умовах урбанізованого середовища, оцінити її стійкість до стресових факторів та сформувати навички наукового моніторингу в учнів.

Структура проєкту передбачає послідовну реалізацію чотирьох основних етапів.

Етап перший: підготовчий (лютий – початок березня).

Учитель ознайомлює клас із темою та завданнями дослідження. Учні об’єднуються у мікрогрупи, кожна з яких обирає конкретний об’єкт для спостереження на шкільному подвір’ї або у сквері. Головним завданням цього етапу є опрацювання базової літератури, підготовка польових щоденників та формування робочої гіпотези. Школярі висувають припущення про те, як рівень антропогенного навантаження (загазованість, тінь від будівель, витоптування ґрунту) впливатиме на розвиток обраного куща.

Етап другий: весняне пробудження та оцінка зимостійкості (березень – травень).

Мікрогрупи розпочинають регулярний моніторинг об’єктів із частотою один раз на тиждень. Цей етап включає такі види діяльності:

− візуальна оцінка стану гілок після перезимівлі, фіксація морозних пошкоджень або поламаних пагонів;

- ведення фенологічних спостережень за генеративними бруньками;
- реєстрація точних дат початку розпускання перших квіток, фази масового цвітіння та його закінчення;
- занесення отриманих даних до зведених таблиць для подальшого аналізу [43].

Для стандартизації збору фенологічних даних на другому етапі проєкту учням пропонується вести календар спостережень за спрощеною формою (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Календар весняних фенологічних спостережень за форзицією

Назва фенологічної фази	**Дата настання фази**	**Погодні умови в цей день**	**Примітки учня (стан рослини)**
Бубнявіння генеративних бруньок			
Розпускання перших квіток			
Початок масового цвітіння			
Поява зеленого конусу листків			
Закінчення масового цвітіння			
Утворення плодів (якщо є)			

Етап третій: літній моніторинг та оцінка стійкості до стресорів

(червень – вересень).

Оскільки цей етап частково припадає на літні канікули, він потребує високого рівня самоорганізації учнів. Фокус дослідження зміщується на вивчення вегетативного приросту та реакції рослини на посуху і патогени. Основні завдання етапу:

- вимірювання довжини трьох модельних пагонів за допомогою гнучкої стрічки кожні два тижні;
- візуальна оцінка фактичної посухостійкості чагарнику у дні сильної спеки (фіксація зміни тургору листків, їхнього передчасного пожовтіння);
- огляд листя та гілок на наявність деформацій, специфічного нальоту або колоній шкідників (наприклад, бруньового кліща);
- фотофіксація всіх виявлених аномалій для їхньої подальшої ідентифікації.

Під час третього (літнього) етапу проєкту акцент зміщується на вивчення інтенсивності росту вегетативних органів. Для фіксації цих показників розроблено щоденник біометричних вимірювань (табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

Щоденник біометричних вимірювань приросту пагонів форзиції

Дата вимірювання (кожні 2 тижні)	**Довжина Пагона №1 (см)**	**Довжина Пагона №2 (см)**	**Довжина Пагона №3 (см)**	**Середній приріст по кущу (см)**	**Ознаки посухи або ураження кліщем**
01.06					
15.06					
01.07					

15.07					
01.08					

Етап четвертий: підсумково-аналітичний (жовтень – листопад).

Учні завершують фенологічні спостереження, фіксуючи дати початку осіннього розцвічення листя, масового листопаду та переходу рослини у стан спокою. Відбувається обробка зібраних протягом року даних. Кожна група будує графіки інтенсивності приросту пагонів, створює таблиці адаптивності свого куща та готує фінальну презентацію. На підсумковій конференції школярі підтверджують або спростовують свою робочу гіпотезу, формулюючи висновки про вплив міських екологічних факторів на життєвий стан рослини [44].

Результатом такого довгострокового проєкту стає не лише набуття міцних знань з ботаніки та екології, а й формування ключових дослідницьких компетентностей. Діти вчаться працювати з даними, використовувати метод тривалого спостереження, робити аналітичні висновки та аргументовано захищати свою позицію. Крім того, зібрані матеріали можуть бути використані для створення екологічного паспорта шкільної території.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та запропоновано методичне вирішення проблеми організації навчально-дослідницької діяльності здобувачів базової середньої освіти на прикладі вивчення міських насаджень форзиції. Відповідно до поставлених завдань сформульовано такі висновки:

1. Здійснено комплексний аналіз науково-методичної та біологічної літератури, який підтвердив, що залучення школярів до вивчення впливу урбанізованого середовища на живі організми є фундаментальною складовою сучасної екологічної та біологічної освіти. Доведено, що міські зелені насадження виступають найдоступнішою природною лабораторією для формування дослідницьких навичок та розуміння механізмів адаптації рослин до стресових умов міста.
2. Виділено та систематизовано ключові біолого-екологічні особливості представників роду *Forsythia*. Встановлено, що яскраво виражені фенологічні ритми (масове цвітіння до розпускання листя), здатність до легкого вегетативного розмноження та помітна візуальна реакція на міські стресори (втрата тургору за умов літньої посухи, тератологічні зміни квіток, пошкодження бруньок морозами) формують надійну та безпечну наукову фактологічну базу для проведення багатосезонних шкільних досліджень.
3. Адаптовано фундаментальні наукові методи дослідження рослин до пізнавальних можливостей і вікових особливостей учнів 5–9 класів. Складні лабораторні процедури, такі як штучне проморожування в кліматичних камерах чи визначення водоутримуючої здатності тканин, успішно трансформовано у посильні алгоритми польової візуальної діагностики. Розроблено спрощені інструкції для біометричних вимірювань річного приросту пагонів звичайною лінійкою та оптимізовано фенологічний моніторинг до фіксації найпоказовіших етапів розвитку.

4. Розроблено практичні методичні рекомендації та формати занять для ефективної організації учнівського спостереження за форзицією у міському середовищі. Запропоновано розгорнутий план-конспект весняного інтегрованого уроку-екскурсії та поетапну модель довгострокового дослідницького проєкту «Оцінка життєвого стану міських чагарників». Створений дидактичний інструментарій, зокрема маршрутні листи юного дослідника, фенологічні календарі та щоденники біометричних вимірювань, повністю готовий до впровадження в освітній процес закладів середньої освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. № 898. ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ базової середньої освіти. Чинний від 30.09.2020. Кабінет Міністрів України, 2020. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-%D0%BF#n16 (дата звернення: 20.03.2026).
2. Kalender A. The Role of Nature Observations in the Discovery-Based Learning of Biology Concepts: The Case of Forest. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 2026. Vol. 41(1). P. 56–66. DOI: https://doi.org/10.16986/hunefd.1765615
3. Шубенко Е. М. Вегетативне розмноження форзицій, які інтродуковані на південному сході Казахстану. *Інтродукція та збереження рослинного різноманіття*. 1999. Вип. 1. С. 92–93.
4. Kim K. G. Molecular phylogeny of Forsythia (Oleaceae) based on chloroplast DNA variation. *Plant Systematics and Evolution*. 1999. Vol. 218, № 1–2. P. 113–123. DOI: 10.1007/bf01087039
5. Klymenko N, Shypilov V., Klymenko O. Propagation of dark green forsythia in an intensive one-year mother plant. *Biological diversity*. 2003. Vol. 12. P. 390–391.
6. Kim D.-K., Kim J.-H. Molecular phylogeny of tribe Forsythieae (Oleaceae) based on nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacers and plastid DNA trnL-F and matK gene sequences. *Journal of Plant Research*. 2011. Vol. 124, № 3. P. 339–347. DOI: 10.1007/s10265-010-0383-9
7. Липа О. Л. Дендрологія з основами акліматизації : монографія. Київ : Вища школа, 1977. 224 с.
8. Клименко С. В. Айва звичайна : монографія. Київ : Наукова думка, 1993. 283 с.
9. Гончаренко Б. В. Перспективи використання видів та культиварів роду Forsythia Vahl у зеленому будівництві в Правобережному Лісостепу України. *Інтродукція рослин*. 2009. № 1. С. 68–72.
10. Гордієнко Н. М., Бондар А. О., Гордієнко М. І. Інтродуценти в дібровах

Полісся та Лісостепу України. Київ : Урожай, 2001. 448 с.

11. Кругляк Ю. М. Водний режим і посухостійкість листків видів, форм та гібридів роду Salix L. *Інтродукція рослин*. 2010. № 1. С. 85–89.
12. Похильченко О. П. Недостатня посухостійкість як лімітуючий фактор для впровадження ялин в озеленення в Правобережному Лісостепу України. *Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин і зеленого будівництва*: матеріали VI міжнар. наук. конф. молодих дослідників, 26–29 квітня 2006 р. Кам'янець-Подільський, 2006. С. 104–106.
13. Глухов А. З., Харахота О. І., Назаренко А. С., Лиханов О. Ф. Тератогенез рослин на південному сході України : монографія. Донецьк : НОРД-ПРЕС, 2005. 179 с.
14. Гончаренко Б. В., Медін Н. В. Фітосанітарна оцінка форзицій (Forsythia Vahl) у зв'язку з інтродукцією в Правобережному Лісостепу України. *Інтродукція рослин*. 2008. № 4. С. 121–124. UR: http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001036883 (дата звернення: 23.03.2026).
15. Anesito L. C., Maria E. V. S., Jerome L. A., Jayvie B. C. C., Leo Carlo D. C., Jonalyn D. C., Marietta O. O., Christine C. Z., Cristy Lane R. Q., Maria Alexia G. F., Gemma Genelyn L. R., Val Alesna B., Vilma R. A., & Eldin D. C. Nature-Based Exposures of Learners to Elicit Discovery-Oriented Skills and Behaviors. *Journal of Environmental & Earth Sciences*. 2025. Vol. 7(7). P. 368–382. DOI: https://doi.org/10.30564/jees.v7i7.8341
16. Співак Л. А., Співак Я. О. Вміння вести фенологічні спостереження як один із засобів екологічного виховування учнів спеціальної школи. *Корекційна та соціальна педагогіка і психологія*. 2012. С. 221–226. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/znpkp_sp_2012_21(2)__33.pdf (дата звернення: 23.03.2026).
17. Потоцька С.О. Дендрофлора як науково-екологічна, освітня та

рекреаційна складова в шкільному курсі біології : монографія. Чернігів : Віт-сервіс, 2007. 72 с. URL: https://epub.chnpu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1970/1/Дендрофлора%20як%20науково-екологічна,%20освітня%20та%20рекреаційна%20складова%20в шкільному%20курсі%20біології.pdf (дата звернення: 23.03.2026).

18. Бойко Я. А. Виконання екологічних проектів – реальний шлях залучення учнів до практичної природоохоронної діяльності. *Педагогічний альманах*. 2013. Вип. 20. С. 10–16. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/pedalm_2013_20_3.pdf (дата звернення: 24.03.2026).
19. Кирієнко С. Проектна діяльність учнів як засіб компетентісно-спрямованого навчання в контексті вивчення біології. 2019. Вип. 1. С. 41–46. URL: https://lyceum-cn.org/images/News/Yearbook/Yearbook_1.pdf#page=42 (дата звернення: 24.03.2026).
20. Тахтаджян А. Л. Система магноліофітів. Київ : Наукова думка, 1987. 439 с.
21. Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2016. Vol. 181(1): 1–20. https://doi.org/10.1111/boj.12385
22. Ha Y.-H., Kim C., Chol K., Kim J.-H. Molecular phylogeny and dating of Forsythieae (Oleaceae) provide insight into the Miocene history of Eurasian temperate shrubs. Journal of Plant Research. 2018. Vol. 9, № 3. P. 1–15. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00099
23. Krűssmann G. Handbuch der Laubgehölze. Band II. Berlin und Hamburg: Paul Parey, 1977. 389 p.
24. Rehder A. Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America. New York, 1949. 996 p.
25. Flora of China. Vol. 15 : Myrsinaceae through Loganiaceae / eds. Wu Z. Y.,

Raven P. H. Beijing : Science Press ; St. Louis : Missouri Botanical Garden Press, 1996. P. 279–280. http://flora.huh.harvard.edu/china/PDF/PDF15/forsythia.pdf (дата звернення: 25.03.2026).

26. Kim K. G. Molecular phylogeny of Forsythia (Oleaceae) based on chloroplast DNA variation. Plant Systematics and Evolution. 1999. Vol. 218, № 1–2. P. 113–123. DOI: 10.1007/bf01087039
27. Тахтаджян А. Л. Флористичні області Землі. Київ : Наукова думка, 1978. 248 с.
28. Гончаренко Б. В. Біолого-екологічні особливості видів роду Forsythia Vahl інтродукованих у Правобережний Лісостеп України : дис. … канд. біол. наук : 03.00.05 / Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка. Київ, 2025. 219 с.
29. Вороненко Т. Проектна діяльність учнів у навчанні природничих предметів. *Біологія і хімія в рідній школі. Зміст, форми і методи навчання*. 2015. Вип. 4. С. 20–24. URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/10747/1/Voronenko_Bio_him_4_2015.pdf (дата звернення: 25.03.2026).
30. Кохно М. А. Дерева і кущі, які вирощуються в Українській РСР. Покритонасінні. Київ : Наукова думка, 1986. 720 с.
31. Куперман Ф. М. Морфофізіологія ростлин. Київ : Наукова думка, 1968. 223 с.
32. Шумик М. І., Попіль Н. І., Бойко Р. В. Методичні та практичні аспекти моніторингу життєвого стану рослин в урбанізованих екосистемах. *Екологічні науки*. 2025. Вип. 3(60). С. 83–87. DOI: https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.3-60.15
33. Потанін Д. В., Грохольський В. В., Китаєв О. І., Бублик М. О. Визначення морозостійкості плодових порід лабораторним методом прямого проморожування. Садівництво. 2005. Вип. 56. С. 170–180.
34. Куликов Г. В. Результати інтродукції нових для Криму листяних деревних рослин. *Праці державного Нікітського ботанічного саду*. 1980. Т 82. С. 48–80.

35. Ліщук А. І., Пількевич Р. А. Польовий метод оцінки стійкості до засухи і високих температур. *Інтенсифікація селекції плодових культур*. 1999. Т. 118. С. 113–116.
36. Мирончук К. В. Методика оцінювання декоративних властивостей живоплотів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. № 3. С. 57–61. URL: http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/276 (дата звернення: 27.03.2026).
37. Глухов О. З., Харахота О. І., Назаренко А. С., Ліханов А. Ф. Тератогенез рослин на південному сході України : монографія. Донецьк : НОРД-ПРЕС, 2005. 179 с.
38. Поліхун Н. І. Дистанційна підтримка дослідницької діяльності учнів. Київ : Інститут обдарованої дитини, 2014. 87 с. URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/9930/1/Polihun_Distanc%20pidtrymka.pdf (дата звернення: 28.03.2026).
39. Шкуропат А.В., Головченко І. В., Юріна Ю. М. Формування компетентностей у майбутніх вчителів біології та основ здоров'я у закладі середньої освіти. Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія: Педагогічні науки, (2). 2021. С.188–192. URL: https://ped-ejournal.cdu.edu.ua/article/view/4285/4558 (дата звернення: 29.03.2026).
40. Грицай Н. Б. Методика підготовки та проведення екскурсій з біології : навчальний посібник. Рівне : О. Зень, 2016. 232 с.
41. Москаленко М. П., Міронець Л. П., Трояник В. М. Лабораторні дослідження як засіб реалізації предметних компетентностей під час вивчення теми «Рослини» із курсу навчальної дисципліни «Біологія у 6 класі загальноосвітніх навчальних закладів. *Інноваційна педагогіка*. 2021. Вип. 41, Т. 2. С. 7–11. DOI: https://doi.org/10.32843/2663-6085/2021/41/2.1
42. Чайиргулиєв Х. Використання інноваційних технологій навчання під час вивчення біології. *Вісник Українсько-туркменського культурно-освітнього центру*. 2021. № 1. С. 146–149. URL:

https://library.udpu.edu.ua/library_files/ukr-turkmen_visnuk/2021/30.pdf (дата звернення: 30.03.2026).

43. Інноваційні освітні технології: Івано-Франківська область: інформ. довідник / авт.-упоряд.: О. Я. Мариновська, Р. М. Зуб'як. ІваноФранківськ: Місто НВ, 2018. 68 с.
44. Алісійчук О. С. Проектна діяльність у процесі опанування навчальними дисциплінами у ВНЗ. Камянець-Подільськ, 2008. 48 с.