

Морозова Т. В. [1: ORCID ID: 0000-0003-4836-1035],
к. б. н., доцент
Бондар О. І. [1: ORCID ID: 0000-0002-4488-2282]
академік НААН, д.б.н, професор
Присяжний В. І. [1: ORCID ID: 0000-0003-4836-1035]
к.т.н., професор

¹Державна наукова установа «Інститут екологічного відновлення та розвитку України»,
м. Київ

АДАПТАЦІЯ *ALLIUM SERA* L. ДО УМОВ ЗНИЖЕНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ

У статті узагальнено сучасні наукові дані та представлено результати експериментальних досліджень щодо впливу зниженої інтенсивності освітлення на морфологічні, анатомічні та фізіологічні показники *Allium sera* L. Показано, що дефіцит світла зумовлює перебудову ростових процесів, яка проявляється стимуляцією подовження надземної частини рослин за умов наднизької освітленості. Встановлено зменшення вмісту сухої речовини та зміну анатомічної структури листка, що проявляється у зниженні товщини мезофілу та параметрів продихового апарату. Виявлено пряму залежність інтенсивності фотосинтезу від рівня освітлення, тоді як інтенсивність дихання істотно не змінюється. Отримані результати узгоджуються із сучасними уявленнями про фотоморфогенез і адаптаційні реакції рослин. Практичне значення дослідження полягає в обґрунтуванні підходів до оптимізації умов вирощування овочевих культур за обмеженого освітлення.

Ключові слова: *Allium sera* L.; освітленість; фотосинтез; анатомічна адаптація; продихи; біомаса; фотоморфогенез.

Постановка проблеми. Світло є одним із ключових абіотичних чинників, що визначають інтенсивність росту, розвитку та продукційних процесів рослин, насамперед через регуляцію фотосинтетичної активності, морфогенезу та метаболізму. Відомо, що зміни рівня освітленості безпосередньо впливають на швидкість асиміляції вуглецю, енергетичний баланс і формування біомаси, а також визначають структурно-функціональну організацію фотосинтетичного апарату [1; 2]. У сучасних умовах антропогенно трансформованого середовища, зокрема внаслідок урбанізації, загушення агроценозів і кліматичних змін, відбувається зростання

варіабельності світлового режиму, що обумовлює актуальність дослідження реакцій рослин на дефіцит освітлення.

Рослини характеризуються високим рівнем екологічної пластичності до умов освітлення, що проявляється у морфологічних, анатомічних і фізіологічних адаптаціях. За умов зниженої освітленості спостерігається перебудова листового апарату, зокрема зміни товщини мезофілу, співвідношення палисадної та губчастої паренхіми, щільності та розмірів продохів, а також перерозподіл асимілянтів між органами [3; 4]. Такі зміни спрямовані на оптимізацію використання світлової енергії, проте супроводжуються варіаціями продукційних процесів і накопичення органічної речовини.

Разом із тим встановлено, що реакції рослин на світловий чинник мають складний, багаторівневий і видоспецифічний характер, а їх прояв істотно залежить від стадії онтогенезу [5; 6]. Це ускладнює узагальнення результатів і потребує проведення досліджень, спрямованих на комплексну оцінку змін морфофункціональних показників рослин у динаміці розвитку.

Особливий інтерес у цьому контексті становить *Allium cepa* L. як модельний об'єкт, широко застосовуваний у фізіолого-біохімічних та екотоксикологічних дослідженнях. Незважаючи на значну кількість наукових робіт, присвячених цьому виду, питання комплексного впливу різних рівнів освітленості на морфометричні, анатомічні та фізіологічні показники у ранньому онтогенезі залишаються недостатньо висвітленими.

Крім того, недостатньо дослідженими є питання фазової специфічності реакцій рослин на світловий дефіцит, співвідношення змін надземних і підземних органів, а також визначення порогових рівнів освітленості, за яких відбувається перехід від нейтральних до адаптивних або стресових реакцій. Це зумовлює необхідність поглибленого вивчення механізмів адаптації рослин до умов зниженої освітленості.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження закономірностей росту, формування біомаси, анатомічної структури листка та фізіологічних процесів у *Allium cepa* L. за різних рівнів освітленості з метою встановлення комплексних механізмів адаптації рослин до світлового дефіциту.

Аналіз досліджень і публікацій. Світловий чинник розглядається як один із провідних регуляторів функціонування рослинних організмів, що реалізується через вплив на

фотосинтетичний апарат, морфогенез і метаболічні процеси. Сучасні дослідження свідчать, що інтенсивність і якість освітлення визначають рівень фотосинтетичної активності, транспірації, вміст фотосинтетичних пігментів і загальну продуктивність рослин [1; 2].

Класичні та сучасні роботи демонструють, що адаптація рослин до різних рівнів освітленості супроводжується структурною перебудовою листка. Зокрема, для умов затінення характерне зменшення товщини мезофілу, зміна співвідношення його шарів, а також трансформація продигового апарату [3; 4]. Такі зміни спрямовані на підвищення ефективності використання світла, проте можуть супроводжуватися зниженням інтенсивності фотосинтезу та продукційних показників.

У подальших дослідженнях встановлено, що фотосинтетична адаптація до освітлення має складний характер і включає як фізіологічні, так і біохімічні механізми, зокрема зміни активності фотосистем, вмісту пігментів та ефективності використання світлової енергії [5; 6]. Водночас реакції рослин значною мірою залежать від виду, умов вирощування та стадії розвитку.

У роботах, присвячених *Allium cepa L.*, показано, що світловий режим істотно впливає на ріст, фотосинтетичні процеси та біохімічні характеристики рослин. Зокрема, відзначено зміни пігментного складу, перебудову фотосистем і варіації морфологічних показників за різних умов освітлення [7]. Також встановлено, що як надмірна, так і недостатня освітленість може виступати стресовим чинником, що обмежує продукційні процеси.

Разом із тим значна частина досліджень зосереджена на агротехнологічних аспектах вирощування *Allium cepa L.*, включаючи вплив водного режиму, мінерального живлення та регуляторів росту на продуктивність. У таких роботах світловий чинник зазвичай розглядається як контрольований або фоновий, без детального аналізу його варіабельності та впливу на комплекс морфофункціональних показників.

Сучасні підходи до дослідження реакцій рослин передбачають інтеграцію морфометричних, анатомічних і фізіолого-біохімічних методів, що дає змогу більш повно охарактеризувати адаптаційні процеси. Встановлено, що окремі ознаки у *Allium cepa L.* мають різну чутливість до екологічних чинників, що свідчить про наявність як стабільних, так і варіабельних компонентів фенотипу.

Незважаючи на значну кількість досліджень, аналіз літератури свідчить про їх фрагментарний характер. Більшість робіт зосереджена на окремих процесах або показниках, тоді як комплексні дослідження, що поєднують морфометричні, анатомічні та фізіологічні характеристики у відповідь на зміну освітленості, залишаються обмеженими. Крім того, недостатньо висвітлено фазову специфічність реакцій рослин у ранньому онтогенезі та не визначено чіткі порогові рівні освітленості, що обумовлює необхідність подальших досліджень у цьому напрямі.

Мета, завдання та методики проведення досліджень. Метою роботи є встановлення закономірностей росту, формування біомаси, анатомічної структури листка та фізіологічних процесів у *Allium cepa* L. за різних рівнів освітленості з метою виявлення механізмів адаптації рослин до умов світлового дефіциту.

Для досягнення поставленої мети передбачено такі завдання: оцінити динаміку росту надземної та підземної частин рослин; проаналізувати зміни морфометричних показників і біомаси; дослідити анатомічні особливості листкового апарату; визначити особливості фізіологічних процесів (фотосинтезу та дихання) залежно від інтенсивності освітлення.

Дослідження проводили у динаміці росту рослин *Allium cepa* L. на 5-ту, 10-ту, 15-ту та 20-ту добу за різної інтенсивності освітлення. Рівень освітленості контролювали за допомогою люксметра Ю-116.

Морфометричні показники (довжина кореня, висота рослин, сира та суха біомаса) визначали за загальноприйнятими методиками. Анатомічні дослідження включали визначення товщини епідермісу, кількості клітин, а також кількісних і розмірних характеристик продихового апарату з використанням мікроскопа ЛОМО «Мікмед» ($\times 180$).

Фізіологічний стан рослин оцінювали за показниками інтенсивності фотосинтезу та дихання.

Статистичну обробку результатів виконували із застосуванням пакета Microsoft Excel (версія 2003). Експериментальні дані подано у вигляді середнього значення та стандартної похибки ($M \pm m$, $n \geq 3$). Вплив інтенсивності освітлення оцінювали методом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з подальшим застосуванням критерію Тьюкі. Різницю між варіантами вважали статистично значущою при $p < 0,05$.

надземної частини не супроводжується пропорційним збільшенням біомаси, що свідчить про компенсаторний характер цієї адаптації.

Вплив освітлення на формування кореневої системи Allium sera L. Аналіз показників розвитку кореневої системи (рис. 1Б) засвідчив відсутність статистично значущого впливу інтенсивності освітлення на кількість коренів (ANOVA, $p > 0,05$). На 5-ту добу цей показник становив 18,7–21,0 шт., у подальшому спостерігалось поступове його збільшення: на 10-ту, 15-ту та 20-ту добу – в середньому на 1–2 корені.

Отримані результати свідчать про відносну стабільність формування кореневої системи за умов зміненої освітленості. Це узгоджується з літературними даними, відповідно до яких коренева система є менш чутливою до світлового чинника порівняно з надземною частиною, оскільки її розвиток значною мірою визначається внутрішніми регуляторними механізмами та ресурсним забезпеченням рослин.

Отримані результати свідчать про диференційований характер реакції *Allium sera L.* на зміну інтенсивності освітлення. З одного боку, за умов світлового дефіциту спостерігається стимуляція росту надземної частини, з іншого – відсутність істотних змін у формуванні кореневої системи.

Виявлені особливості можуть бути пояснені реалізацією адаптивної стратегії, спрямованої на максимізацію доступу до світла шляхом подовження пагонів. Подібні механізми описані в сучасних дослідженнях фотоморфогенезу, де підкреслюється роль світла як сигнального чинника, що визначає архітектуру рослинного організму. Водночас надмірне витягування рослин за умов низької освітленості може супроводжуватися зниженням їх функціональної стійкості, що має принципове значення для оцінки продуктивності та якості рослинної продукції.

Загалом отримані результати підтверджують, що інтенсивність освітлення є критичним чинником, який визначає співвідношення між ростовими та метаболічними процесами у *Allium sera L.*, а також формує адаптивні відповіді рослин на зміну умов середовища.

Накопичення сирої та сухої біомаси Allium sera L. за різної освітленості. Проведені дослідження показали, що інтенсивність освітлення не впливала на сиру біомасу надземної частини: її значення варіювали в межах 2,16–2,68 г без статистично значущих відмінностей між варіантами (ANOVA, $p > 0,05$) (рис. 2). Водночас для підземної частини встановлено достовірні відмінності у варіанті з

найнижчою освітленістю (27–30 лк) порівняно з контролем ($p < 0,05$), що свідчить про перерозподіл асимілятів між органами в умовах світлового дефіциту.

Аналіз вмісту сухої речовини (рис. 2) засвідчив її зниження у рослин за помірно зниженої інтенсивності освітлення (1120–1200 лк) ($p < 0,05$). Така тенденція узгоджується з даними, відповідно до яких дефіцит світла обмежує фотосинтетичну продукцію та накопичення структурних вуглеводів і сухої маси [6; 12].

Таким чином, наднизька освітленість (27–30 лк) стимулює ріст надземної частини переважно за рахунок подовження органів, тоді як помірне зниження освітленості супроводжується зменшенням частки сухої речовини, що відображає пригнічення продукційних процесів.

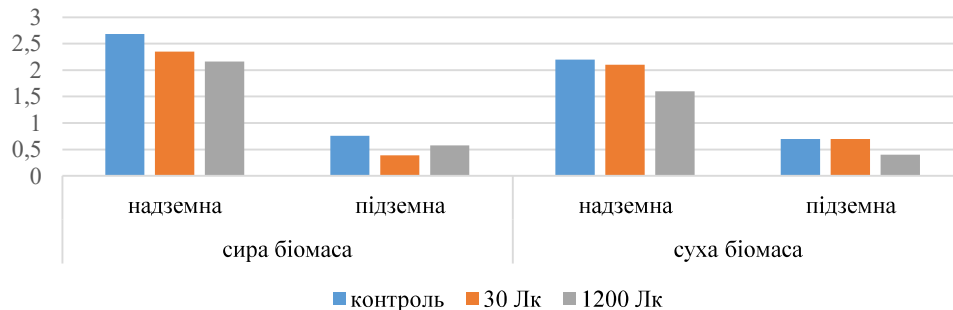


Рис. 2. Біомаса проростків *Allium cepa L.*

Анатомічна адаптація Allium cepa L. до зниженої інтенсивності світла. Світловий режим є визначальним чинником формування анатомічної структури листка. Відомо, що за умов затінення мезофіл спрощується, а частка палисадної (стовпчастої) паренхіми зменшується [11]. У проведеному дослідженні встановлено, що в контрольних умовах товщина стовпчастої паренхіми перевищувала товщину губчастої приблизно у 1,5 рази (рис. 3А). За умов наднизької освітленості (27–30 лк) спостерігалось достовірне зменшення товщини стовпчастої паренхіми протягом усього періоду дослідження ($p < 0,05$), тоді як за помірно зниженої освітленості (1120–1200 лк) цей показник залишався близьким до контрольного.

Подібна тенденція встановлена і для губчастої паренхіми (рис. 3Б): починаючи з 10-ї доби, її товщина зменшувалася у варіанті 27–30 лк ($p < 0,05$), а на 15–20-ту добу також за 1120–1200 лк. Це свідчить про загальне зменшення об'єму асиміляційної тканини в умовах світлового дефіциту.

Світло також істотно впливає на формування та функціонування продихового апарату. Встановлено (рис. 3), що зниження інтенсивності освітлення супроводжується достовірним зменшенням кількості продохів (майже вдвічі) та їх розмірів ($p < 0,05$). Зменшення довжини продихової щілини відзначалося протягом усього експерименту за умов 27–30 лк, тоді як за 1120–1200 лк — переважно на пізніших етапах розвитку.

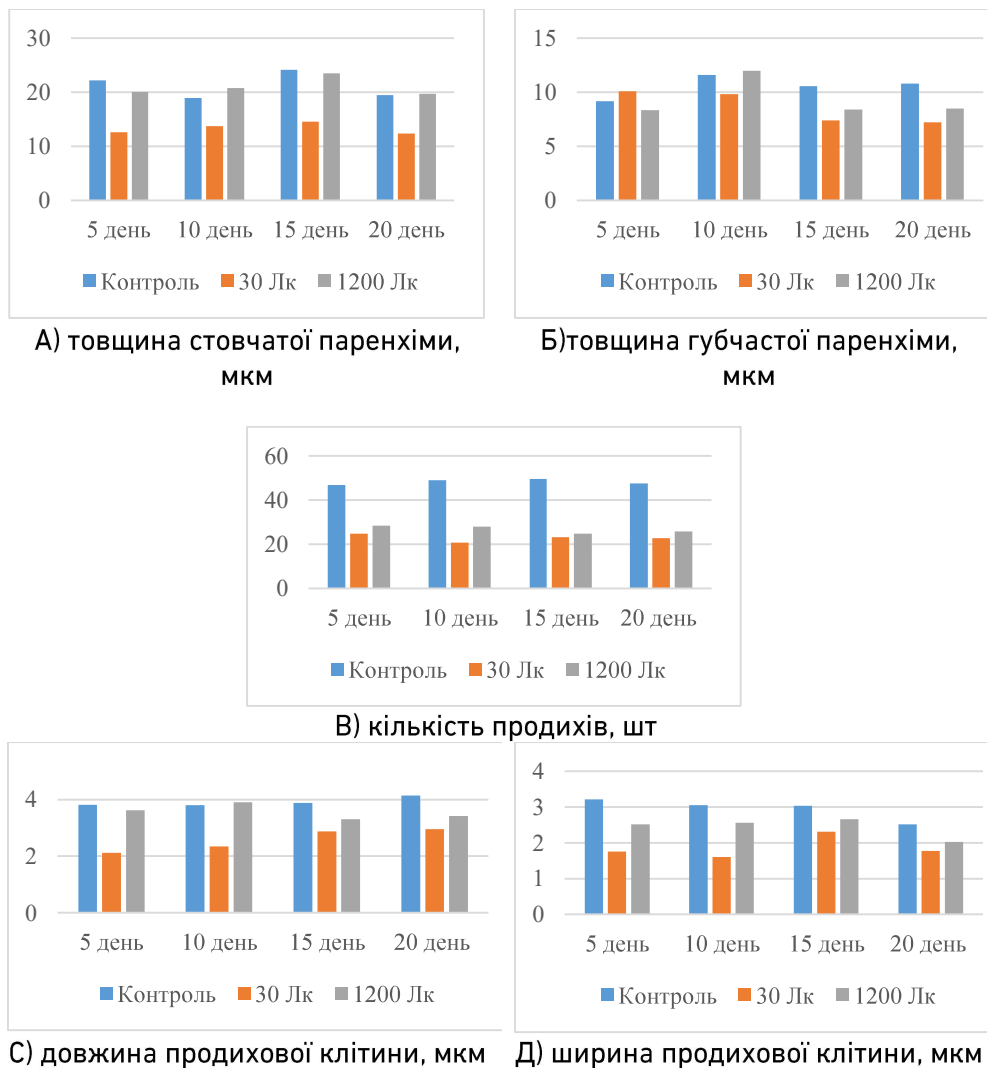


Рис. 3. Морфо-анатомічні показники листка *Allium cepa L.* за різної інтенсивності освітлення

Виявлені зміни узгоджуються із сучасними уявленнями про регуляцію газообміну, згідно з якими освітлення контролює як відкривання продихів, так і їх щільність, впливаючи на транспірацію та фотосинтетичні процеси [13; 14]. Зменшення кількості та розмірів продихів у затінених умовах розглядається як адаптивна реакція, спрямована на оптимізацію водного режиму та зменшення втрат вологи.

Таким чином, анатомічні зміни *Allium cepa L.* за умов зниженої освітленості характеризуються зменшенням товщини мезофілу та параметрів продихового апарату, що відображає адаптаційну перебудову листкового апарату в умовах дефіциту світлової енергії.

Фізіологічна адаптація Allium cepa L. до умов зниженої освітленості. Дихання є базовим енергетичним процесом, тісно пов'язаним із фотосинтезом через обмін субстратами та енергетичними еквівалентами. Незважаючи на складність їх розмежування в умовах освітлення, встановлено, що світло може модифікувати інтенсивність дихання, зокрема через регуляцію ферментативної активності та процесів фотодихання [15].

У проведеному дослідженні не виявлено статистично значущого впливу інтенсивності освітлення на показники дихання *Allium cepa L.* упродовж 5–20-ї доби (ANOVA, $p > 0,05$): значення коливалися в межах 6,5–7,5 мг $\text{CO}_2/\text{г}\cdot\text{год}$. Отримані результати свідчать про відносну стабільність дихальних процесів на ранніх етапах онтогенезу, що може бути зумовлено їх базовою роллю у забезпеченні клітинного метаболізму незалежно від варіацій світлового режиму (рис. 4).



Рис. 4. Показники газообміну (інтенсивність фотосинтезу та дихання) *Allium cepa L.* за зниженої інтенсивності освітлення

Водночас інтенсивність фотосинтезу прямо залежала від рівня освітлення ($p < 0,05$), що узгоджується з класичними уявленнями про світлову криву фотосинтезу: за умов низької освітленості фотосинтетична активність обмежується кількістю доступної енергії, що надходить до фотосистем [1; 12].

Співставлення отриманих результатів свідчить, що за умов світлового дефіциту у *Allium cepa L.* формується дисбаланс між процесами асиміляції та енергетичного забезпечення: зниження інтенсивності фотосинтезу за відносної стабільності дихання може призводити до обмеження накопичення органічної речовини та зниження продукційної ефективності.

Таким чином, фізіологічна адаптація *Allium cepa L.* до умов зниженої освітленості реалізується переважно через регуляцію фотосинтетичної активності та пов'язаних із нею морфогенетичних процесів, тоді як інтенсивність дихання характеризується відносною стабільністю на ранніх етапах розвитку.

Висновки. Встановлено диференційований вплив освітленості на ріст *Allium cepa L.*: на ранніх етапах онтогенезу зміни не є достовірними, тоді як у подальшому за умов наднизької освітленості відмічено стимуляцію росту надземної частини ($p < 0,05$). Показано, що сира біомаса надземних органів залишається стабільною незалежно від світлового режиму, тоді як підземна частина та вміст сухої речовини реагують на зниження освітленості достовірними змінами ($p < 0,05$), що свідчить про перерозподіл ресурсів між органами рослини. Виявлено адаптивну перебудову анатомічної структури листка (зменшення товщини мезофілу та параметрів продигового апарату; $p < 0,05$), що відображає оптимізацію функціонування фотосинтетичного апарату в умовах світлового дефіциту. Підтверджено залежність інтенсивності фотосинтезу від рівня освітленості ($p < 0,05$) за відсутності істотних змін дихання та розвитку кореневої системи на початкових етапах, що вказує на різну чутливість фізіологічних процесів до світлового чинника. Адаптація *Allium cepa L.* до зниженої освітленості реалізується через узгоджену зміну морфометричних, анатомічних і фізіологічних показників із домінуванням надземних реакцій; встановлено фазову специфічність відповіді (відсутність ефекту на ранніх етапах і його прояв у подальшому), що уточнює механізми світлової адаптації виду.

1. Taiz L., Zeiger E., Møller I. M., Murphy A. *Plant physiology and development*. 6th ed. Sunderland : Sinauer Associates, 2015. 2. Lambers H., Chapin F. S. III, Pons T. L. *Plant physiological ecology*. 2nd ed. New York : Springer, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78341-3> 3. Boardman N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology*. 1977. Vol. 28. P. 355–377. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.28.060177.002035> 4. Givnish T. J. Adaptation to sun and shade: A whole-plant perspective. *Functional Plant Biology*. 1988. Vol. 15, No. 2. P. 63–92. DOI: <https://doi.org/10.1071/PP9880063> 5. Evans J. R., Poorter H. Photosynthetic acclimation to growth irradiance: The relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell & Environment*. 2001. Vol. 24, No. 8. P. 755–767. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00724.x> 6. Poorter H., Niinemets Ü., Poorter L., Wright I. J., Villar R. A meta-analysis of plant responses to light intensity for 70 traits ranging from molecules to whole plant performance. *New Phytologist*. 2019. Vol. 223, No. 3. P. 1073–1105. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15754> 7. Folta K. M., Maruhnich S. A. Green light: A signal to slow down or stop. *Journal of Experimental Botany*. 2007. Vol. 58, No. 12. P. 3099–3111. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erm130> 8. Mitache M., Baidani A., Bencharki B., Idrissi O. Exploring the impact of light intensity under speed breeding conditions on the development and growth of lentil and chickpea. *Plant Methods*. 2024. Vol. 20. Art. 30. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13007-024-01156-9> 9. Bertaud D. S. Photoperiod and temperature affect sprouting of onion bulbs (*Allium cepa* L.). *Annals of Botany*. 1990. Vol. 66, No. 2. P. 179–181. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088013> 10. Manoharan R. K., Han J. S. H., Vijayakumar H., Subramani B., Thamilarasan S. K., Park J.-I., Nou I.-S. Molecular and functional characterization of FLOWERING LOCUS T homologs in *Allium cepa*. *Molecules*. 2016. Vol. 21, No. 2. P. 217. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21020217> 11. Renard H. A. Influences of light on the germination and first growth in two vegetable species: *Allium cepa* and *Raphanus sativus*. *Acta Horticulturae*. 1989. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.253.20> 12. Evans J. R. Improving photosynthesis. *Plant Physiology*. 2013. Vol. 162, No. 4. P. 1780–1793. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.113.21900> 13. Lawson T., Blatt M. R. Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. *Plant Physiology*. 2014. Vol. 164, No. 4. P. 1556–1570. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.114.237107> 14. Kim T.-H., Böhmer M., Hu H., Nishimura N., Schroeder J. I. Guard cell signal transduction network: Advances in understanding abscisic acid, CO₂, and Ca²⁺ signaling. *Annual Review of Plant Biology*. 2010. Vol. 61. P. 561–591. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112226> 15. Atkin O. K., Tjoelker M. G. Thermal acclimation of plant respiration. *Trends in Plant Science*. 2003. Vol. 8, No. 7. P. 343–351. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(03\)00136-5](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(03)00136-5)

REFERENCE:

1. Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates. 2. Lambers, H., Chapin, F. S., III, & Pons, T. L. (2008). *Plant physiological ecology* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78341-3>. 3. Boardman, N. K. (1977). Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 28, 355–377.

<https://doi.org/10.1146/annurev.pp.28.060177.002035>. 4. Givnish, T. J. (1988). Adaptation to sun and shade: A whole-plant perspective. *Functional Plant Biology*, 15(2), 63–92. <https://doi.org/10.1071/PP9880063>. 5. Evans, J. R., & Poorter, H. (2001). Photosynthetic acclimation to growth irradiance: The relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell & Environment*, 24(8), 755–767. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00724.x>. 6. Poorter, H., Niinemets, Ü., Poorter, L., Wright, I. J., & Villar, R. (2019). A meta-analysis of plant responses to light intensity for 70 traits ranging from molecules to whole plant performance. *New Phytologist*, 223(3), 1073–1105. <https://doi.org/10.1111/nph.15754>. 7. Folta, K. M., & Maruhnich, S. A. (2007). Green light: A signal to slow down or stop. *Journal of Experimental Botany*, 58(12), 3099–3111. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm130>. 8. Mitache, M., Baidani, A., Bencharki, B. & Idrissi O. (2024) Exploring the impact of light intensity under speed breeding conditions on the development and growth of lentil and chickpea. *Plant Methods* 20, 30. <https://doi.org/10.1186/s13007-024-01156-9>. 9. Bertaud, D. S. (1990) Photoperiod and Temperature Affect Sprouting of Onion bulbs (*Allium cepa* L.), *Annals of Botany*, Volume 66, Issue 2, August 1990, Pages 179–181, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088013>. 10. Manoharan, R. K., Han, J. S. H., Vijayakumar, H., Subramani, B., Thamilarasan, S. K., Park, J.-I., & Nou, I.-S. (2016). Molecular and Functional Characterization of *FLOWERING LOCUS T* Homologs in *Allium cepa*. *Molecules*, 21(2), 217. <https://doi.org/10.3390/molecules21020217>. 11. Renard H.A. Influences of light on the germination and first growth in two vegetable species : *Allium cepa* and *Raphanus sativus* <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.253.20>. 12. Evans, J. R. (2013). Improving photosynthesis. *Plant Physiology*, 162(4), 1780–1793. <https://doi.org/10.1104/pp.113.21900>. 13. Lawson, T., & Blatt, M. R. (2014). Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. *Plant Physiology*, 164(4), 1556–1570. <https://doi.org/10.1104/pp.114.237107>. 14. Kim, T.-H., Böhmer, M., Hu, H., Nishimura, N., & Schroeder, J. I. (2010). Guard cell signal transduction network: Advances in understanding abscisic acid, CO₂, and Ca²⁺ signaling. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 561–591. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112226>. 15. Atkin, O. K., & Tjoelker, M. G. (2003). Thermal acclimation of plant respiration. *Trends in Plant Science*, 8(7), 343–351. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(03\)00136-5](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(03)00136-5).

Morozova T. V. [1: ORCID ID: 0000-0003-4836-1035],

PhD in Biological Sciences, Associate Professor

Bondar O. I. [1: ORCID ID: 0000-0002-4488-2282],

Full Member (Academician) of the National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine,

Prysiashnyi V. I. [1: ORCID ID: 0000-0003-4836-1035],

PhD in Technical Sciences, Professor

¹State Scientific Institution "Institute of Environmental Restoration and Development of Ukraine", Kyiv, Ukraine

ADAPTATION OF *ALLIUM CEPA* L. TO CONDITIONS OF REDUCED LIGHT INTENSIT

This study summarizes current scientific knowledge and presents experimental results on the effects of reduced light intensity on morphological, anatomical, and physiological traits of *Allium cepa* L.. Particular attention is given to the integrated response of plants at early ontogenetic stages under conditions of light deficiency. The experiment was conducted under controlled light regimes, and plant development was assessed dynamically over time.

The results demonstrate that reduced light availability induces a restructuring of growth processes. Under extremely low light intensity, a significant stimulation of shoot elongation was observed, indicating the activation of adaptive mechanisms aimed at maximizing light capture. At the same time, biomass accumulation patterns were altered: although fresh biomass of the aboveground part remained relatively stable, a decrease in dry matter content was detected, reflecting limitations in photosynthetic productivity.

Anatomical analysis revealed pronounced structural modifications of leaf tissues. In particular, a reduction in mesophyll thickness, including both palisade and spongy parenchyma, was observed, along with significant changes in stomatal characteristics, such as decreased density and size. These alterations indicate a functional adjustment of the photosynthetic apparatus and gas exchange system under limited light conditions.

Physiological measurements confirmed a direct dependence of photosynthetic intensity on light level, consistent with the classical light-response curve of photosynthesis. In contrast, respiration rates remained relatively stable across treatments, suggesting a lower sensitivity of respiratory processes to variations in light intensity during early developmental stages.

Overall, the obtained results are consistent with modern concepts of photomorphogenesis and plant adaptive responses to environmental stressors. The findings highlight the coordinated nature of morphological, anatomical, and physiological adjustments in response to light limitation. The practical significance of this study lies in substantiating approaches for optimizing the cultivation conditions of vegetable crops under reduced light

availability, particularly in controlled environments and dense agroecosystems.

Keywords: *Allium cepa* L.; light intensity; photosynthesis; anatomical adaptation; stomata; biomass; photomorphogenesis.

Отримано/ Received: 13.03.2026
Прийнято до друку / Accepted: 20.03.2026
Опубліковано/ Published: 27.03.2026

