

# ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 581.14:534.321

DOI <https://doi.org/10.33989/2025.11.2.352472>

## **В. Р. Сагайдак**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка  
вул. Остроградського, 2, м. Полтава, 36000, Україна  
[v\\_sahaidak@gsuite.pnpu.edu.ua](mailto:v_sahaidak@gsuite.pnpu.edu.ua)  
ORCID: 0000-0002-4623-6399

## **Л. М. Гомля**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка  
вул. Остроградського, 2, м. Полтава, 36000, Україна  
[gomyaltm@ukr.net](mailto:gomyaltm@ukr.net)  
ORCID: 0000-0002-0462-9338

## **В. М. Перерва**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка  
вул. Остроградського, 2, м. Полтава, 36000, Україна  
[wladprerwa28@gmail.com](mailto:wladprerwa28@gmail.com)  
ORCID: 0009-0003-5221-4297

## **Д. А. Кононенко**

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка  
вул. Остроградського, 2, м. Полтава, 36000, Україна  
[denchic1234567d@gmail.com](mailto:denchic1234567d@gmail.com)  
ORCID: 0009-0007-2331-2727

## **О. О. Герус**

Ліцей №14 «Здоров'я» Полтавської міської ради  
вул. Пилипа Орлика, 30, м. Полтава, 36000, Україна  
[audiolover2007@gmail.com](mailto:audiolover2007@gmail.com)

## **ВПЛИВ ЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ РІЗНОЇ ЧАСТОТИ НА РАННІ ЕТАПИ ОНТОГЕНЕЗУ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН**

У статті представлено результати експериментального дослідження впливу звукових коливань фіксованої частоти на ранні етапи розвитку проростків культурних рослин. Метою роботи було з'ясувати, чи має акустичний фактор частотно-залежний характер дії та чи відрізняється реакція різних видів/сортів на стимуляцію звуком. Тест-об'єктами слугували насіння *Phaseolus vulgaris* L. сорту «Сідерал», *Cucumis sativus* L. сорту «Конкурент», *Pisum sativum* L. сорту «Шуга бон» та *Triticum vulgare* Vill. сорту «Смуглянка». Експеримент включав контроль (без додаткового звукового впливу) і два піддослідні варіанти з експозицією 1 кГц та 10 кГц. Звукові коливання подавалися щоденно по 3 години на добу, починаючи із замочування насіння; інтенсивність звуку у зоні експозиції становила 82 дБ, рівень фонового шуму – 36 дБ. Всі варіанти утримувалися за однакових умов освітлення та температури 19 С у герметичних ємностях на фільтрувальному папері. Основним кількісним показником інтенсивності раннього розвитку була довжина коренів проростків, вимірювання якої проводили з третьої доби експерименту.

Отримані результати засвідчили наявність частотно-залежного ефекту: для огірка, гороху та пшениці більш виражену стимулюючу дію демонструвала частота 10 кГц порівняно з 1 кГц і контролем. Горох посівний виявився найбільш чутливим тест-об'єктом: на фінальному етапі середня довжина коренів у варіанті 10 кГц становила 5,25 см, тоді як у контролі – 1,9 см. Для квасолі встановлено фазову реакцію: на початкових етапах акустична дія супроводжувалася пригніченням росту порівняно з контролем, однак на пізніших етапах спостерігався перехід до стимуляції. Отримані дані підтверджують перспективність акустичної стимуляції як потенційного екологічного інструменту регуляції раннього росту культурних рос-

лин та вказують на необхідність подальшого уточнення оптимальних параметрів частоти і режиму експозиції для різних видів.

**Ключові слова:** акустична стимуляція, частота звуку, проростки, довжина кореня, *Phaseolus vulgaris* L., *Cucumis sativus* L., *Pisum sativum* L., *Triticum vulgare* Vill.

**Вступ.** Насіння та його якість є одним із ключових чинників, що визначають рівень врожайності та якість сільськогосподарської продукції, оскільки саме насіння виступає носієм біологічних і сортових властивостей майбутньої рослини (Шульгіна (Ред.), 1989). Підвищення врожайності за умов мінімізації витрат і зменшення антропоїчного навантаження на довкілля є одним із ключових викликів сучасного агровиробництва. Сьогодні особливого розвитку набувають підходи органічного землеробства, у межах яких обмежується або забороняється використання синтетичних добрив, пестицидів і регуляторів росту (Камінський, 2014; Ласло, 2009). За таких умов актуальним є пошук альтернативних методів стимуляції ростових процесів, які поєднували б доступність, економічність та екологічну безпечність.

Серед перспективних фізичних чинників впливу на розвиток рослин розглядають акустичні коливання. Низкою досліджень показано, що рослини виявляють виражену реакцію на акустичні стимули, які здатні модифікувати їхній фізіологічний стан та впливати на інтенсивність ростових процесів. Такі ефекти було продемонстровано в роботах різних закордонних дослідницьких груп (Chowdhury, Lim, & Bae, 2014; Creath & Schwartz, 2004; Gagliano, Mancuso, & Robert, 2012; Uchida, & Yamamoto, 2002). Однак сучасні наукові дані щодо параметрів такого впливу, зокрема частотної залежності та видової специфіки реакції, залишаються фрагментарними.

У вітчизняних наукових дослідженнях переважно зосереджено увагу на вивченні впливу ультразвукового випромінювання на ріст і розвиток окремих видів рослин. Так, у роботах низки авторів (Мельник, Ружинська, Фесенко, & Ільєнко, 2018) експериментально підтверджено позитивний вплив ультразвукового опромінення певної частоти на ріст і розвиток зерен пшениці (*Triticum aestivum* L.) та ячменю (*Hordeum vulgare* L.). Показано, що ефективність ультразвукового впливу залежить від поєднання частоти випромінювання, потужності випромінювача та тривалості обробки насінневого матеріалу. Встановлення оптимальних параметрів ультразвукового опромінення є визначальним чинником досягнення стимулюючого ефекту, тоді як відхилення від оптимуму може призводити до зниження інтенсивності ростових процесів. Ймовірно, в основі виявлених ефектів лежить активація метаболічних і фізіологічних процесів у клітинах зародка. Разом з тим питання впливу звукових коливань чутного діапазону на наступні етапи онтогенезу рослин потребують подальшого дослідження.

З огляду на те, що відмінності між звуковими сигналами значною мірою визначаються їх амплітудно-частотними характеристиками, було висунуто гіпотезу про неоднаковий вплив звукових коливань різної частоти на ранні етапи розвитку насіння різних культур. Особливий науковий інтерес становить визначення таких частотних параметрів, які здатні виступати ефективними стимуляторами проростання та росту проростків без застосування хімічних регуляторів росту.

**Метою дослідження** є експериментальне вивчення впливу звукових коливань фіксованої частоти (1 кГц і 10 кГц) на показники проростання насіння та морфофізіологічні особливості раннього розвитку проростків культурних рослин.

**Матеріали та методи дослідження.** У дослідженні як тест-об'єкти використано насіння чотирьох видів культурних рослин, поширених у сільськогосподарській практиці та таких, що відрізняються біологічними особливостями проростання і раннього розвитку. Зокрема, досліджували насіння квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) сорту «Сідерал», огірка звичайного (*Cucumis sativus* L.) сорту «Конкурент», гороху посівного (*Pisum sativum* L.) сорту «Шуга бон» та пшениці звичайної (*Triticum vulgare* Vill.) сорту «Смутлянка».

Для кожної культури було закладено три експериментальні варіанти: контрольний, у якому насіння не піддавалося додатковому акустичному впливу, та два дослідні варіанти із

застосуванням звукових коливань фіксованої частоти – 1 кГц (1000 Гц) і 10 кГц (10000 Гц). Кожен варіант досліду мав триразову повторність, що забезпечувало підвищення достовірності отриманих результатів. Кількість насіння в кожній ємності становила 14 насінин для квасолі, 7 – для огірка, 10 – для гороху та 34 – для пшениці.

Пророщування насіння здійснювали в однакових герметичних пластикових ємностях на фільтрувальному папері. Усі контрольні та дослідні варіанти перебували в ідентичних умовах освітлення та температурного режиму; температура повітря впродовж усього експерименту становила 19 °С. Кількість води для зволоження фільтрувального паперу визначалася відповідно до рекомендованих норм для кожної культури й була однаковою для контрольних і дослідних варіантів у межах одного тест-об'єкта.

Звукові коливання створювалися за допомогою динамічних драйверів вбудованих в ноутбук Acer Aspire 3 A315-44P. Акустичний вплив здійснювали щоденно протягом 3 годин, починаючи з моменту замочування насіння; процедура проводилася в один і той самий часовий інтервал доби, що дозволяло мінімізувати вплив добових ритмів. Інтенсивність звукових коливань у зоні розміщення ємностей вимірювали шумоміром Venetech GM 1352 і вона становила в середньому 82 дБ. Рівень фонового шуму, який постійно діяв як на контрольні, так і на дослідні варіанти, не перевищував 36 дБ.

Моніторинг проростання насіння розпочинали з першої доби експерименту. Вимірювання довжини коренів проростків здійснювали, починаючи з третьої доби пророщування, з подальшими регулярними обліками відповідно до етапів дослідження. Усі числові дані фіксували у спеціально підготовлених бланках спостережень окремо для кожної повторності та кожного варіанта досліду.

Статистичну обробку результатів проводили з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel 2019. На кожному етапі дослідження для кожного експериментального варіанта визначали середні значення показників і стандартну похибку середнього, що забезпечило оцінку варіативності результатів та їх статистичної достовірності.

#### **Результати та їх обговорення.**

Отримані результати підтвердили, що звуковий фактор може виступати модифікатором ранніх ростових процесів, однак прояв ефекту є частотно-залежним і видоспецифічним. Для більшості досліджуваних тест-об'єктів встановлено стабільну тенденцію зростання інтенсивності росту коренів проростків у ряду: 10 кГц > 1 кГц > контроль (табл.1). Така закономірність може бути зумовлена зростанням ефективності передачі механічної енергії звукових коливань клітинним структурам із підвищенням частоти сигналу, що призводить до активації ростових процесів. Імовірно, стимулюючий ефект звукових коливань реалізується через зміну фізико-хімічних властивостей клітинних мембран, зокрема підвищення їх проникності, що сприяє інтенсифікації іонного транспорту та активації метаболічних процесів у клітинах апікальної меристеми кореня. Підвищення частоти звукового сигналу може посилювати ці ефекти, забезпечуючи більш виражену ростову відповідь.

Водночас реакція рослин на акустичну стимуляцію має виражений видоспецифічний характер. Зокрема, у *Phaseolus vulgaris* L. зафіксовано нетипову фазову динаміку росту коренів, що проявлялася у відсутності чіткої стимуляції на ранніх етапах і поступовому зростанні ефекту на пізніших фазах проростання. Така особливість може бути пов'язана з морфологічними характеристиками насіння квасолі, зокрема більшими розмірами зародка та особливостями водопоглинання.

У проростків *Cucumis sativus* L. сорту «Конкурент» позитивний вплив звукових коливань фіксованої частоти спостерігався вже на початковому етапі дослідження (07.11.2025), що свідчить про високу чутливість даного виду до акустичних стимулів (табл.1, рис. 1). Найвищі значення довжини коренів у варіанті з частотою 10 кГц на всіх етапах спостережень вказують на переважно стимулюючу дію високочастотного звукового сигналу в межах досліджуваного діапазону.

**Динаміка росту коренів проростків досліджуваних культур  
за різних режимів акустичної стимуляції, см**

Об'єкт дослідження (вид, сорт)	Варіант	07.11.2025	10.11.2025	15.11.2025	17.11.2025
<i>Cucumis sativus</i> L. «Конкурент»	Контроль	0,1 ± 0,01	1,8 ± 0,12	4,77 ± 0,21	-
	1 кГц	0,2 ± 0,02	2,8 ± 0,15	5,57 ± 0,24	-
	10 кГц	0,31 ± 0,02	3,4 ± 0,18	6,98 ± 0,27	-
<i>Pisum sativum</i> L. «Шуга бон»	Контроль	0 ± 0,00	0,19 ± 0,02	1,9 ± 0,11	-
	1 кГц	0,1 ± 0,01	0,65 ± 0,05	4,09 ± 0,19	-
	10 кГц	0,15 ± 0,01	1,4 ± 0,08	5,25 ± 0,23	-
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. «Сідерал»	Контроль	0,46 ± 0,03	0,68 ± 0,04	0,7 ± 0,05	0,72 ± 0,05
	1 кГц	0,3 ± 0,03	0,3 ± 0,03	0,77 ± 0,06	1,1 ± 0,07
	10 кГц	0,3 ± 0,03	0,33 ± 0,03	0,91 ± 0,06	1,23 ± 0,08
<i>Triticum vulgare</i> Vill. «Смуглянка»	Контроль	0,34 ± 0,03	4,3 ± 0,20	7,45 ± 0,28	-
	1 кГц	0,53 ± 0,04	5,2 ± 0,23	9,1 ± 0,31	-
	10 кГц	1,14 ± 0,06	6,7 ± 0,26	9,6 ± 0,33	-

Примітка: «-» — облік не проводився.

Помірна варіативність середніх значень показників росту свідчить про достатню відтворюваність експериментальних даних і дозволяє розглядати виявлені закономірності як біологічно значущі, а не випадкові коливання.

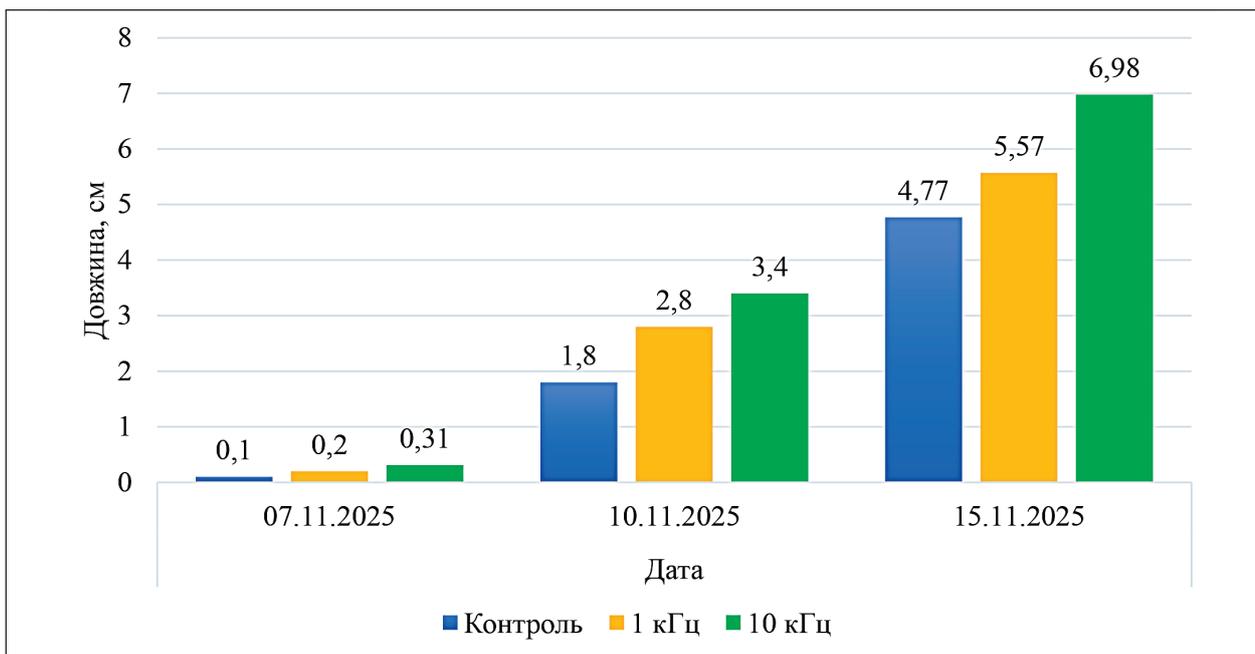


Рис. 1. Динаміка росту коренів проростків *Cucumis sativus* L. сорту «Конкурент».

*Pisum sativum* L. сорту «Шуга бон» продемонстрував найвищу чутливість до дії акустичних коливань серед досліджуваних тест-об'єктів. Уже на ранній фазі проростання у варіантах зі звуковим впливом спостерігалось формування коренів, тоді як у контрольному варіанті на першому етапі обліку ріст кореневої системи не реєструвався (рис. 2). У подальші терміни спостережень обидві досліджувані частоти (1 і 10 кГц) забезпечували статистично значуще збільшення довжини коренів порівняно з контролем, що свідчить про загальну стимулюючу дію акустичних сигналів на ранні ростові процеси *P. sativum*. Водночас характер і інтенсивність відповіді залежали від частоти звукового впливу. Частота 1 кГц зумовлювала помірний, але стабільний приріст кореневої системи протягом усього періоду спостережень, постійно перевищуючи контрольні значення.

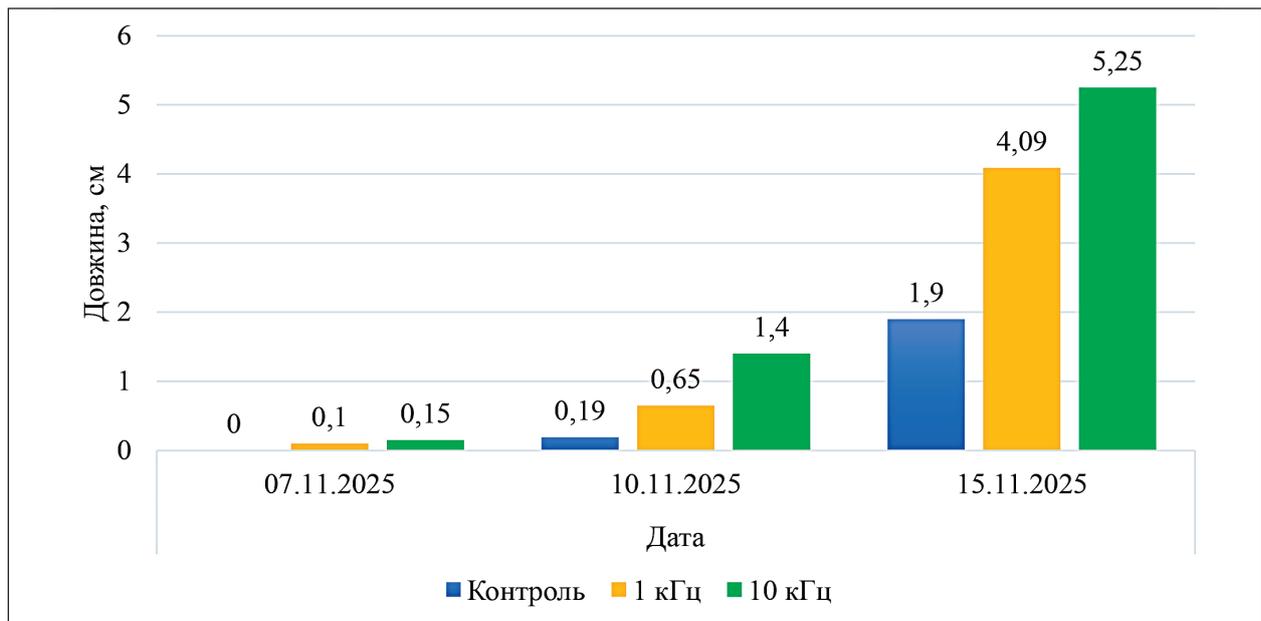


Рис. 2. Динаміка росту коренів проростків *Pisum sativum* L. сорту «Шуга бон».

Найбільш виражений ефект зафіксовано у варіанті з частотою 10 кГц, де стимуляція росту коренів носила інтенсивний характер. На фінальному етапі обліку середня довжина коренів у цьому варіанті досягла 5,25 см, що більш ніж у 2,5 раза перевищувало відповідний показник контрольного варіанту (1,90 см). Отримані результати свідчать про високу ефективність високочастотної акустичної стимуляції для інтенсифікації росту кореневої системи *Pisum sativum* L. на ранніх етапах онтогенезу.

З практичної точки зору *Pisum sativum* L. може розглядатися як перспективний модельний об'єкт для подальших досліджень оптимізації параметрів акустичного впливу, зокрема тривалості експозиції, інтенсивності сигналу та комбінування частот. Висока чутливість даної культури до звукових коливань забезпечує чітко виражену ростову відповідь, що створює передумови для отримання відтворюваного біологічного ефекту.

Ріст кореневої системи *Phaseolus vulgaris* L. сорту «Сідерал» характеризувався відмінною динамікою реакції на акустичний вплив порівняно з *Cucumis sativus* L. та *Pisum sativum* L. На початкових етапах експерименту у варіантах із застосуванням звукових частот 1 і 10 кГц спостерігалось уповільнення росту коренів відносно контрольного варіанта, що може свідчити про первинну стресову реакцію рослин на акустичний стимул.

Починаючи з третього етапу спостережень, характер ростової відповіді змінювався: у варіантах зі звуковим впливом фіксувався перехід від інгібування до стимуляції росту кореневої системи. За частоти 1 кГц середні значення довжини коренів перевищували контрольні показники, тоді як у варіанті з частотою 10 кГц стимулюючий ефект був більш вираженим. На фінальному етапі обліку середня довжина коренів у варіанті 10 кГц досягла 1,23 см, що суттєво перевищувало контрольне значення (0,72 см). Виявлена фазова динаміка ростової відповіді свідчить про зміну характеру дії акустичного чинника після періоду адаптації рослин і вказує на потенційну стимулюючу роль звукових коливань за умов пролонгованого або відтермінованого впливу (рис. 3).

Таким чином, отримані результати дозволяють припустити, що на ранніх етапах проростання акустичний чинник для *Phaseolus vulgaris* L. може виконувати роль стресового впливу, що зумовлює тимчасове пригнічення росту кореневої системи. У подальшому відбувається адаптація рослин до акустичного сигналу, після чого дія звукових коливань трансформується у стимулюючу. Виявлена динаміка вказує на залежність біологічного ефекту акустичного впливу від стадії розвитку рослин і тривалості експозиції. Отримані дані мають потенційне прикладне значення, оскільки свідчать про доцільність відтермінованого засто-

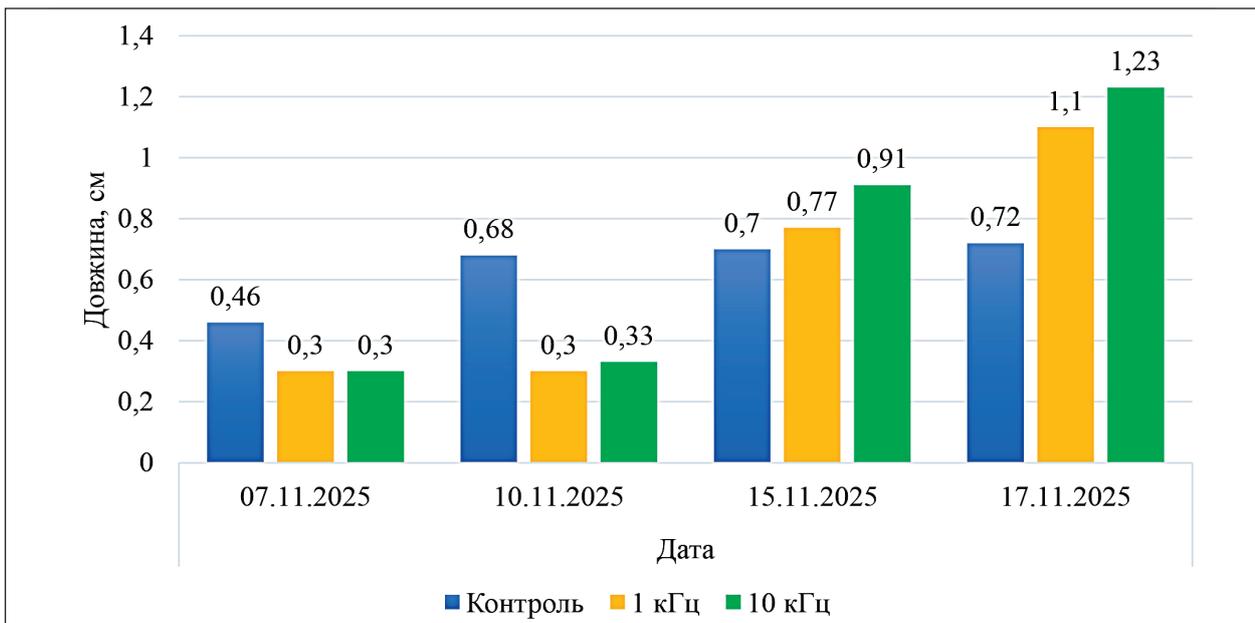


Рис. 3. Динаміка росту коренів проростків *Phaseolus vulgaris* L. сорту «Сідерал».

сування акустичної стимуляції для *Phaseolus vulgaris* L., а не її використання безпосередньо з моменту замочування насіння.

*Triticum vulgare* Vill. сорту «Смуглянка» демонструвала стимуляцію ростових процесів у варіантах із частотами 1 і 10 кГц на всіх етапах обліку.

Водночас інтенсивність ефекту була менш вираженою порівняно з *Cucumis sativus* L. та *Pisum sativum* L., що свідчить про помірну чутливість даного виду до акустичних коливань. На фінальному етапі дослідження середня довжина коренів у дослідних варіантах становила 9,6 см (10 кГц) і 9,1 см (1 кГц) проти 7,45 см у контрольному варіанті, що вказує на стабільний стимулюючий вплив із перевагою височастотного режиму (рис. 4).

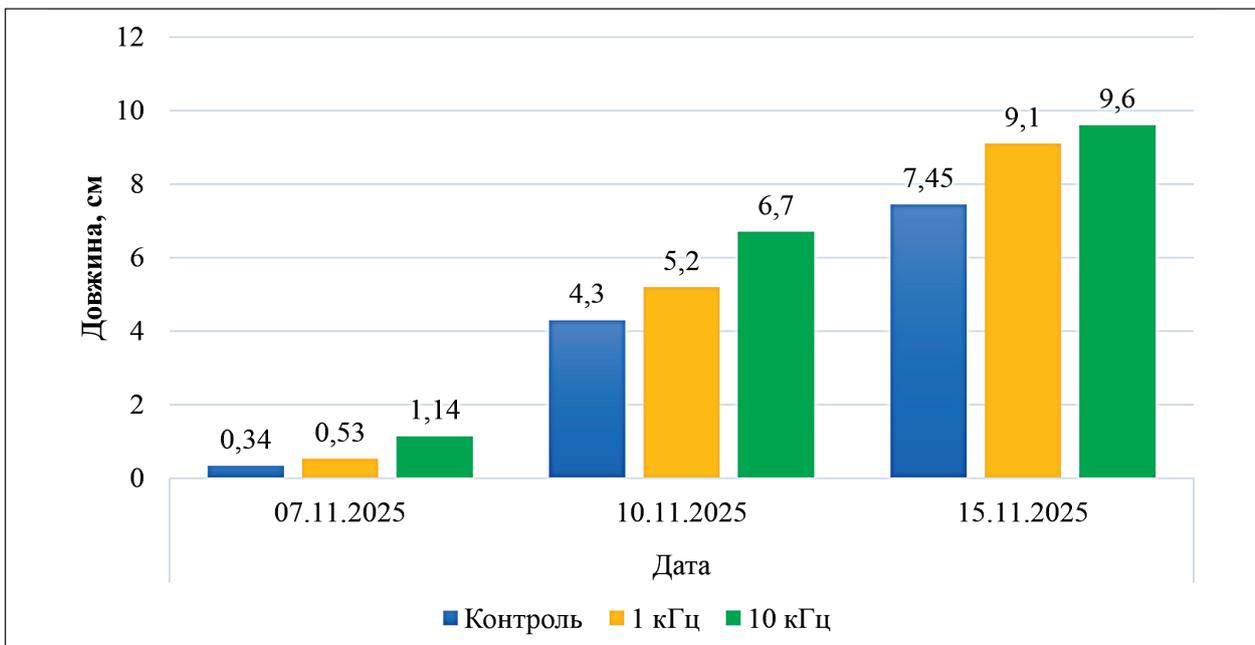


Рис. 4. Динаміка росту коренів проростків *Triticum vulgare* Vill. сорту «Смуглянка».

### Висновки.

Установлено, що звукові коливання фіксованої частоти в діапазоні 1–10 кГц здатні модифікувати перебіг ранніх етапів онтогенезу культурних рослин, зокрема впливати на інтенсивність росту кореневої системи проростків.

Виявлений ефект має чітко виражений частотно-залежний і видоспецифічний характер. Для більшості досліджуваних культур встановлено закономірність зростання інтенсивності росту коренів у ряду: 10 кГц > 1 кГц > контроль.

Найвищу чутливість до акустичної стимуляції продемонстрував *Pisum sativum* L. сорту «Шуга бон», у якого звуковий вплив сприяв ранньому формуванню кореневої системи та суттєвому зростанню її довжини порівняно з контрольним варіантом, особливо за частоти 10 кГц.

Для *Phaseolus vulgaris* L. встановлено фазову динаміку ростової відповіді на акустичний вплив: на початкових етапах проростання звукові коливання можуть виконувати роль стресового чинника, що зумовлює тимчасове пригнічення росту коренів, тоді як на пізніших етапах спостерігається перехід до стимуляції ростових процесів.

*Triticum vulgare* Vill. характеризувалася стабільною, але помірною ростовою відповіддю на звукові коливання обох досліджуваних частот, із незначною перевагою режиму 10 кГц, що свідчить про відносно нижчу чутливість даного виду до акустичної стимуляції порівняно з іншими тест-об'єктами.

Отримані результати вказують на залежність біологічного ефекту акустичних коливань не лише від їх частоти, але й від виду рослин і стадії розвитку, що необхідно враховувати при подальшій оптимізації режимів звукової стимуляції для практичного застосування.

**Перспективи подальших досліджень.** Отримані результати розширюють уявлення про роль акустичних факторів як потенційних регуляторів росту рослин на ранніх етапах онтогенезу та підтверджують доцільність подальшого пошуку оптимальних частотних режимів звукової стимуляції для різних видів культурних рослин. Звукові коливання фіксованої частоти можуть розглядатися як перспективний фізичний чинник регуляції ростових процесів проростків, ефективність якого визначається як параметрами акустичного впливу, так і біологічними особливостями виду.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Довідник по овочівництву закритого ґрунту / Л. М. Шульгіна, Г. Л. Бондаренко, М. О. Складаревський та ін; за ред. Л. М. Шульгіної. Київ : Урожай. 1989. 246 с.
- Камінський В. Органічне землеробство – шлях до продовольчої безпеки. *Віче*. 2014. № 9. С. 58–61. URL: <https://veche.kiev.ua/journal/4161/>
- Ласло О. О. Органічне землеробство – шлях до екологічно безпечної продукції. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 1. С. 137–139. URL: [https://www.pdau.edu.ua/visnykpdau/2009/1\\_2009/pdf/r4\\_storinka\\_1\\_2009.pdf#page=19](https://www.pdau.edu.ua/visnykpdau/2009/1_2009/pdf/r4_storinka_1_2009.pdf#page=19)
- Мельник В. М., Ружинська Л. І., Фесенко С. В., Ільєнко В. В. Вплив ультразвукового випромінювання на ріст зернових культур. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2018. № 20. С. 69–74. URL: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2018-20-4423>
- Chowdhury M, Lim H, Bae H. Update on the Effects of Sound Wave on Plants. *Research in Plant Disease*. 2014. Vol. 20 (1). P. 1–7. URL: [https://www.researchgate.net/publication/272661579\\_Update\\_on\\_the\\_Effects\\_of\\_Sound\\_Wave\\_on\\_Plants](https://www.researchgate.net/publication/272661579_Update_on_the_Effects_of_Sound_Wave_on_Plants)
- Creath K, Schwartz G. Measuring effects of music, noise, and healing energy using a seed germination bioassay. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2004. № 10 (1). P. 113–122. URL: [https://www.researchgate.net/publication/8675023\\_Measuring\\_Effects\\_of\\_Music\\_Noise\\_and\\_Healing\\_Energy\\_Using\\_a\\_Seed\\_Germination\\_Bioassay](https://www.researchgate.net/publication/8675023_Measuring_Effects_of_Music_Noise_and_Healing_Energy_Using_a_Seed_Germination_Bioassay)
- Gagliano M, Mancuso S, Robert D. Towards understanding plant bioacoustics. *Trends in Plant Science*. 2012. № 17 (6). P. 323–325. URL: [https://www.researchgate.net/publication/221973850\\_Towards\\_understanding\\_plant\\_bioacoustics](https://www.researchgate.net/publication/221973850_Towards_understanding_plant_bioacoustics)
- Uchida A, Yamamoto K. Effects of mechanical vibration on seed germination of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Plant and Cell Physiology*. 2002. № 43 (6). P. 647–651. URL: [https://www.academia.edu/25891688/Effects\\_of\\_Mechanical\\_Vibration\\_on\\_Seed\\_Germination\\_of\\_Arabidopsis\\_thaliana\\_L\\_Heynh](https://www.academia.edu/25891688/Effects_of_Mechanical_Vibration_on_Seed_Germination_of_Arabidopsis_thaliana_L_Heynh)

## THE EFFECT OF SOUND VIBRATIONS OF DIFFERENT FREQUENCIES ON THE EARLY STAGES OF CULTIVATED PLANT ONTOGENESIS

Sahaidak V., Homlia L., Pererva V., Kononenko D. Herus O.

Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

*The article presents the results of an experimental study of the effect of fixed-frequency sound vibrations on the early stages of cultivated plant seedling development. The aim of the study was to determine whether the acoustic factor has a frequency-dependent effect and whether different species/varieties react differently to sound stimulation. The test objects were seeds of *Phaseolus vulgaris* L. of*

the “Sideral” variety, *Cucumis sativus* L. of the “Konkurent” variety, *Pisum sativum* L. of the “Shuha Bon” variety, and *Triticum vulgare* Vill. of the “Smuhlianka” variety. The experiment included a control group (without additional sound exposure) and two test groups with exposed to 1 kHz and 10 kHz. Sound vibrations were applied daily for 3 hours a day, starting from seed soaking; the sound intensity in the exposure zone was 82 dB, and the background noise level was 36 dB. All variants were kept under the same lighting conditions and at a temperature of 19 °C in sealed containers on filter paper. The main quantitative indicator of the early development intensity was the length of the sprout roots, which was measured from the third day of the experiment.

The results obtained confirmed the presence of a frequency-dependent effect: for cucumbers, peas, and wheat, a frequency of 10 kHz demonstrated a more pronounced stimulating effect compared to 1 kHz and the control. Pea seeds proved to be the most sensitive test object: at the final stage, the average root length in the 10 kHz variant was 5.25 cm, while in the control variant it was 1.9 cm. A phase response was established for beans: in the initial stages, the acoustic effect was accompanied by growth inhibition compared to the control, but in the later stages, a transition to stimulation was observed. The data obtained confirm the promise of acoustic stimulation as a potential ecological tool for regulating the early growth of cultivated plants and indicate the need for further refinement of the optimal frequency and exposure parameters for different species.

**Key words:** acoustic stimulation, sound frequency, seedlings, root length, *Phaseolus vulgaris* L., *Cucumis sativus* L., *Pisum sativum* L., *Triticum vulgare* Vill.

#### REFERENCES

- Chowdhury, M, Lim, H, & Bae, H. (2014). Update on the Effects of Sound Wave on Plants. *Research in Plant Disease*, 20 (1), 1-7. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/272661579\\_Update\\_on\\_the\\_Effects\\_of\\_Sound\\_Wave\\_on\\_Plants](https://www.researchgate.net/publication/272661579_Update_on_the_Effects_of_Sound_Wave_on_Plants)
- Creath, K, & Schwartz, G. (2004). Measuring effects of music, noise, and healing energy using a seed germination bioassay. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 10 (1), 113-122. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/8675023\\_Measuring\\_Effects\\_of\\_Music\\_Noise\\_and\\_Healing\\_Energy\\_Using\\_a\\_Seed\\_Germination\\_Bioassay](https://www.researchgate.net/publication/8675023_Measuring_Effects_of_Music_Noise_and_Healing_Energy_Using_a_Seed_Germination_Bioassay)
- Gagliano, M, Mancuso, S, & Robert, D. (2012). Towards understanding plant bioacoustics. *Trends in Plant Science*, 17 (6), 323-325. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/221973850\\_Towards\\_understanding\\_plant\\_bioacoustics](https://www.researchgate.net/publication/221973850_Towards_understanding_plant_bioacoustics)
- Kaminskyi, V. (2014). Orhanichne zemlerobstvo – shliakh do prodovolchoi bezpeky [Organic farming – the path to food security]. *Viche* [Viche], 9, 58-61. Retrieved from <https://veche.kiev.ua/journal/4161/> [in Ukrainian].
- Laslo, O. O. (2009). Orhanichne zemlerobstvo – shliakh do ekolohichno bezpechnoi produktsii [Organic farming – the path to environmentally safe products]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy], 1, 137-139. Retrieved from [in Ukrainian].
- Melnyk, V. M., Ruzhynska, L. I., Fesenko, S. V., & Iliencko, V. V. Vplyv ultrazvukovoho vpyrominiuvannia na rist zernovykh kultur [The effect of ultrasonic radiation on the growth of grain crops]. *Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal “Internauka”* [International scientific journal “Internauka”], 1 (20), 69-74. Retrieved from <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2018-20-4423> [in Ukrainian].
- Shulhina, L. M. (Ed.). (1989). *Dovidnyk po ovochivnytstvu zakrytoho gruntu* [Reference book on greenhouse vegetable growing]. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
- Uchida, A, Yamamoto, K. (2002). Effects of mechanical vibration on seed germination of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Plant and Cell Physiology*, 43 (6), 647-651. Retrieved from [https://www.academia.edu/25891688/Effects\\_of\\_Mechanical\\_Vibration\\_on\\_Seed\\_Germination\\_of\\_Arabidopsis\\_thaliana\\_L\\_Heynh](https://www.academia.edu/25891688/Effects_of_Mechanical_Vibration_on_Seed_Germination_of_Arabidopsis_thaliana_L_Heynh)

Одержано 25.12.2025 р.

Прийнято до друку 26.01.2026 р.