

ВПЛИВ ЗВУКОВИХ ХВИЛЬ РІЗНОЇ ЧАСТОТИ НА РІСТ І ВРОЖАЙНІСТЬ ТОМАТІВ РІЗНИХ СОРТІВ

МАРТИНОВА О.Б. – кандидат технічних наук, доцент

orcid.org/0000-0001-7324-2543

Одеський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Акустичне сприйняття входить у сферу нових рубежів вивчення особливостей зростання та врожайності рослин. На сьогоднішній день проведено доволі мало практичних досліджень впливу звуку, що диференціюється за інтенсивністю та частотою, на ріст рослин.

Звук, власне, це хвиля тиску, яка створюється вібруючим об'єктом, що передається через гази, рідини та тверді тіла. Частота (Гц), інтенсивність (дБ) та тембр – це характеристики, за якими ідентифікуються звукові хвилі. Зокрема, одне повне коливання звукової хвилі називається циклом.

Рослини є першочерговим джерелом сировини та харчових ресурсів і необхідного для життя будь-яких організмів елемента – кисню, без якого не можуть існувати тварини та людина. Не секрет, що рослини реагують на світло, температуру, вологість, механічні та хімічні подразники. Проте, в той же час підтверджено, що музичні звуки та ритми володіють деякою силою впливу живі організми, виступаючи в той же час як певні подразники. Актуальність теми дослідження полягає у важливості ретельного вивчення характеру впливу звукових хвиль різної частоти на процеси росту та врожайності рослин, зокрема, томатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретико-методологічне підґрунтя у досліджуваній сфері сформоване науковими дослідженнями О. Altuntas, Н. Ozkurt [1], R. Hassanien [2], J. Y. Kim [3], J. Y. Kim [4] та інших. У публікаціях М. Pagano, S. Prete [5], Т. Mohanta [6] піднімаються актуальні питання трансформації підходів та оновлення методик підтримки врожайності та оптимізації параметрів зростання цінних сільськогосподарських рослин. Особливої уваги потребують дослідження з питань теоретичних основ впливу звукових хвиль на живі організми (А. Fernandez-Jaramillo [7]), попередження деструктивного впливу звуку як подразника (М. Е. К. Chowdhury [8]), використання звукових хвиль різної частоти на біосинтез (А. Chowdhury, А. Gupta [9], J. Jung [10]), оцінки параметрів якості плодів під дією звуку (R. Mishra та ін. [11], T. Hou [12] та ін.).

На даний момент проведено багато досліджень аспектів впливу музики на зростання та розвиток рослин [13; 14], та на їх підставі складено рекомендації, як за допомогою музики стимулювати зростання рослин та проростання насіння. Водночас, механізми, відповідальні за вплив звуку на рослини, у багатьох випадках залишаються нерозкритими.

Мета статті. У даному дослідженні акцент зроблено на специфіку динаміки росту та врожайності різних сортів томатів під впливом звукових хвиль.

Результати досліджень. Можна стверджувати, що інтуїтивно підозрювана дія звуку на рослини сьогодні науково доведена. Більше того, у сучасній агрономії присутні пристрої, що сприяють підвищенню врожаю та покращенню стану рослин. Так, у Франції відомі «суперврожайні» CD-диски із записами спеціально відібраних творів класичної музики, а у Сполучених Штатах Америки застосовуються тематичні аудіозаписи для цілеспрямованого впливу на рослини (підвищення розмірів, збільшення числа зав'язей і т.д.). У той же час в Китаї у теплицях розміщують «звукочастотні генератори», що транспортують різні звукові хвилі, сприяючи активізації процесів фотосинтезу та стимулюючи зростання рослин, при цьому беручи до уваги «смаки» певного виду рослини.

Стресовий вплив провокує стимулювання механізмів акліматизації та адаптації, залучаючи обмін речовин за допомогою особливих активних білків-ферментів. Загалом, фахівці дійшли таких висновків: зростання рослин залежить, насамперед, від звукових частот, а саме: хвилі частотою 6 кГц позитивно впливають на розвиток і цвітіння рослин, проростання насіння; звукові хвилі 7-9 кГц уповільнюють зростання та розвиток; звукові хвилі понад 10 кГц здатні вбити рослину.

Звуковий стрес – це абіотичний стресовий фактор, при якому форма звукової хвилі впливає на ріст і розвиток рослин як альтернативний механічний стрес. Для дослідження цього ученими [1] в експерименті були використані 10-тижневі рослини томату (*Solanum lycopersicum*). Рослини томату послідовно піддавалися впливу трьох різних значень частоти: 600 Гц протягом першого тижня, 1240 Гц протягом другого тижня та 1600 Гц протягом третього тижня. Значення децибелів (дБ) було встановлено на 90 дБ за допомогою підсилювача звуку. У кінці експерименту в плодах томату було проаналізовано рівень лікопену, вітаміну С, загального цукру, загальної кислоти та загального фенолу, а також виміряно рН та ° за шкалою Брікса.

У результаті вченими було встановлено, що зі збільшенням рівня інтенсивності звукової частоти також збільшувалася концентрація параметрів плоду: лікопену, вітаміну С, загального цукру, загальної кислоти та загального фенолу. Загальний вміст фенолів, вміст лікопіну та аскорбінової кислоти в рослинах томатів, які зазнали впливу звукових хвиль різної частоти,



збільшився на 70%, 20% та 14% відповідно. Згідно з результатами всіх вимірних параметрів у плодах томатів, найкращим значенням частоти звукової хвилі було визначено частоту 1600 Гц [1].

Транскрипційні, епігенетичні та гормональні зміни сигналізації, які призводять до утворення та модуляції вторинних метаболітів або антиоксидантних речовин, зумовлені стимуляцією рослин звуковими хвилями. Крім того, при дуже високих рівнях інтенсивності звукової хвилі індукують біосинтез антиоксидантних речовин, що збільшує поглинання кисню в клітинах рослин, а також ріст рослин [7; 10]. Ці фізіологічні зміни можуть включати короткий період проростання насіння, швидшу диференціацію тканин, що загоюються, та кращий ріст розсади або зрілих рослин.

У органічній теплиці Casa Rural La Portellada, в Барбастро (Іспанія), під акомпанемент класичної музики вирощували рожеві сорти томатів. Таким чином ріст і розвиток культур вдалось збільшити на 25%. На плантаціях вмикали музику в ранковий час. В інший час акцент робився на спів птахів.

Варто зауважити, що крім збільшення показників врожайності томатів, основним завданням у агрономії є швидкість і якість проростання насіння. Цього можна досягнути за рахунок передпосівної стимуляції енергії зростання насіння. Так, у сучасному рослинництві особливої уваги потребують технологічні прийоми виведення насіння та посадкового матеріалу зі стану спокою для отримання більш ранніх дружних та вирівняних сходів, що закладають основу збільшення врожаю, отримання ранньої та високоякісної продукції [6]. Традиційними методами є обробка рослин хімічними препаратами та використання гідротермічної обробки, однак вони характеризуються значними ресурсними затратами та малою екологічністю.

Уданий час розробляються нові способи та технічні засоби для передпосівної стимуляції насіння з метою покращення їх ростових якостей, при цьому результати багаторічних наукових досліджень та виробничих випробувань показують, що для досягнення цієї мети можуть бути з успіхом використані фізичні фактори впливу: електричні та магнітні поля, а також плазма та струми різної частоти [2; 8]. Всі вони дають збільшення схожості насіння, але при цьому мають ряд недоліків: у більшості випадків установки стаціонарні, щодо громіздкості, або, наприклад, при передпосівній вплив електричним полем потрібна висока напруга, тобто пред'являються серйозні вимоги до електробезпеки.

Альтернативним рішенням виступає один із фізичних методів впливу – акустичний вплив, що відбувається за допомогою ультразвуку. Відомо, що ультразвук на рослині впливає таким чином: механічна дія ультразвуку призводить до подрібнення та розсіювання частинок. Доведено, що ультразвук посилює дифузю розчинників у біологічні тканини.

Також ультразвук має стерилізуючу дію. Стерилізуючий ефект обумовлений руйнівним впливом ультразвукових коливань на мікроорганізми, що дозволило використовувати ультразвук для стерилізації та дезінфекції. Таким чином, ця дія ультразвуку дозволяє

вирішити проблему дезінфекції насіння перед посівом, що також впливає на параметри росту та врожайності рослини [3; 9].

Наприклад, відомий спосіб впливу ультразвуку на передпосівну обробку насіння у поєднанні з одночасним впливом електромагнітного поля та обробкою їх розчином мікроелементів, що дозволяє знищувати поверхневу та внутрішню інфекції, завдяки акустичним хвилям озono-повітряного середовища сприяє глибшому проникненню мікроелементів у мікротріщини поверхні насіння [7]. Таким чином, ультразвуковий вплив у процесі замочування насіння томатів з великою часткою ймовірності здатне прискорити процеси їх проростання та зростання, збільшити врожайність і підвищити стійкість рослин до захворювань і шкідників. Крім того, ультразвуковий вплив на насіння томату є економічним, безпечним та екологічним.

Необхідно зауважити, що застосування ультразвуку для обробки насіння потребує дозування. При надто низькій інтенсивності і короткому часу впливу ультразвук може виявитися неефективним, а інтенсивний і тривалий вплив може зумовити дуже суттєві та не обов'язково бажані зміни.

Зусилля щодо покращення росту та врожайності рослин томатів можуть бути спрямовані на використання технології Sonic Bloom у поєднанні з відповідними видами музики. У цьому переконують учені А. Zahra та ін. [15]. Sonic Bloom – це технологія, яка поєднує відтворення високочастотної музики з позакореневим підживленням рослин. Результати показали, що тип музики суттєво впливає на кілька параметрів росту та врожайності рослин томатів. Було виявлено, що технологія Sonic Bloom з класичною музикою покращує як кількість, так і якість врожаю помідорів. Водночас, Sonic Bloom з музикою гамелан збільшив щільність продихів, ширину продихових отворів, об'єм коренів та масу свіжих коренів. Таким чином, технологію Sonic Bloom з класичною музикою автори рекомендують для вирощування помідорів з метою збільшення кількості та якості врожаю [15].

Загалом дослідження, що проводилися вченими з використанням звукових хвиль на різних фізіологічних стадіях рослин, таких як проростання насіння, механізм фотосинтезу та транскрипція генів, доводять, що різна енергія звукових хвиль поширюється у вигляді хвилі тиску. Коли ці звукові хвилі або ультразвукові хвилі застосовуються до рослини, вплив цих хвильових сигналів посилює біологічні процеси зі збільшенням частоти та має науково перевірений вплив на ріст та врожайність різних видів фруктів та овочів, що використовуються для споживання людиною.

У цілому, природні або штучно створені звукові хвилі викликають різні реакції у рослин, такі як ріст рослин, захисна реакція, стійкість до абіотичного стресу, фотосинтез та затримка дозрівання. Однак, точаться дискусії щодо того, чи штучно створена специфічна звукова вібрація викликає подібні фенотипічні зміни у рослин, як і природні звукові хвилі.

Більше того, немає жодних геномних або транскриптомічних даних про вплив звукової обробки на рослини. Нещодавно аналіз RNA-Seq, однієї з новітніх технологій

високопродуктивного секвенування, використовував дослідження транскриптомних змін у томатах (*Solanum lycopersicum*), пов'язаних зі звуковою вібрацією. Обробка звуковими хвилями (1 кГц) затримувала дозрівання томатів, що збіглося зі зниженням регуляції біосинтезу етилену та цитокінінів і сигнальних генів, а також підвищенням регуляції генів, задіяних у біосинтезі флавоноїдів, фенілпропаноїдів та глюкозів [16].

Однак, незважаючи на досягнення в технологіях секвенування, існують критичні обмеження, які необхідно вирішити, щоб забезпечити практичне застосування звукової обробки в сільськогосподарських полях. Наприклад, низька цілісність послідовності референтного геному, недостатня кількість інформативних даних про міжгенні взаємодії між різними видами рослин та недостатня кількість звітів про епігенетичні зміни, пов'язані зі звуковою обробкою.

Антропогенний шум – це маловивчений тип забруднення, який негативно впливає на фізіологію, нервову функцію та розвиток комах, тим самим він може порушити навіть ключові екологічні процеси, такі як запилення. Антропогенний шум може спричинити зміни фізіологічних реакцій, такі як підвищений рівень стресу, посилення болю або підвищене вироблення гормонів стресу. Ці фізіологічні ефекти часто призводять до збільшення витрат на фізичну форму, що потенційно знижує репродуктивний успіх і виживання.

З 1980-х років промислові джмелі (наприклад, *Bombus terrestris audax* у Європі) широко використовуються як у теплицях, так і у відкритому просторі, оскільки вони є одними з найефективніших запилювачів для широкого спектру популярних культур, таких як томати [17]. Тому ці культури, ймовірно, непропорційно постраждають від зниження активності запилення, спричиненого шумом. Також вплив антропогенного шуму призводить до зменшення кількості насінин томатів, що є надійним показником успішності запилення та важливим показником репродуктивного успіху рослини.

У межах дослідження проведено експеримент, що був спрямований на практичне визначення впливу звукових хвиль різної частоти на ріст і врожайність томатів різних сортів. Для експерименту були використані три популярні гібриди томату:

– Органза F1 – ранньостиглий індетермінантний гібрид томата (De Ruiters Seeds, Нідерланди), що відрізняється гарною зав'язуваністю плодів в стресових умовах, відмінною кореневою системою і однорідністю плодів протягом усього періоду вирощування;

– Мучо F1 (Tomimaru Muchoo F1) – індетермінантний середньоранній гібрид, стійкий до вірусів, бурої плямистості, фузаріозного в'янення, фузаріозної гнилі коренів;

– Прунус F1 (Prunus) – універсальний гібрид з дуже високим потенціалом урожайності, що відрізняється потужним потенціалом росту, що веде до високих результатів урожайності.

У рамках експерименту було проаналізовано можливий корисний вплив трьох різних звукових частот (100, 500 та 1000 Гц) з постійною амплітудою (90 дБ) на фізіологічні показники трьох сортів томатів. Використовувалися 10-тижневі рослини томатів за

рандомізованим повним блочним емпіричним дизайном з трьома повторностями, по 10 рослин у кожній.

Рослини томатів у кожній камері піддавалися звуковому стресу зі звуковими хвилями 90 децибелів та різних звукових частот (100, 500 та 1000 Гц). Звуковий стрес застосовувався до рослин поступово зростаючим чином, а плоди, зібрані після третього періоду обробки, були піддані попереднім обробкам 600 герц та 1240 герц.

Дослідження показали, що рослини найкраще реагують на частоти в діапазоні 125–250 Гц. Це низькі, м'які звуки, які нагадують гудіння бджіл чи шелест листя. Зокрема, помідори, які «слухали» звуки на частоті 200 Гц, у результаті дали на 15% більше плодів. При цьому ефективність була відзначена для томатів усіх трьох сортів, найбільше – для гібриду Органза F1. Водночас, високі частоти (понад 1000 Гц) можуть мати зворотний ефект, викликаючи в'янення чи пожовтіння листя. Зокрема, таке явище було характерне для томатів сорту Прунус F1.

Результати експерименту корелюють з висновками низки дослідників. Зокрема, напрацювання О. Altuntas, Н. Ozkurt [18] показують, що зі збільшенням частоти звуку рівень вмісту загальної кількості розчинних речовин, фенолу, аскорбінової кислоти та лікопену був вищим при 600 Гц порівняно з рослинами контрольної групи (орієнтовно на 20%).

Інше польове дослідження, розроблене на кафедрі сільського господарства та біотехнології Національної академії сільськогосподарських наук Південної Кореї, було проведено з використанням плодів томатів, зразки яких були відібрані на стадії зрілого зеленого розвитку (середня вага плодів 172,9 г) та піддані впливу звукової хвилі 1 кГц протягом 6 годин того ж дня збору врожаю, потім плоди поміщали в сховище при температурі 23,4 °C та контролювали зміни якості після обробки звуковими хвилями. Після 14 днів зберігання плоди томатів, оброблені звуковими хвилями 1 кГц, демонстрували уповільнене дозрівання порівняно з необробленими плодами через 5 або 7 днів після обробки. Лабораторний аналіз показує, що вироблення етилену було нижчим у плодів томатів, оброблених звуковими хвилями 1 кГц, ніж у необробленому контролі, і вказує на те, що вплив звукової хвилі обробки суттєво впливає на біологічний процес вироблення етилену, що призводить до затримки дозрівання плодів [19].

Так само, система сільськогосподарської радіохвильової технології Kuminasi Plant Booster, встановлена на посівах томатів у долині Каука, Колумбія (січень 2020 року), позитивно вплинула на розвиток плодів томатів, збільшивши врожайність, прискоривши час збору врожаю та зменшивши потребу в пестицидах [17].

Зрештою, проаналізовані експерименти дослідників підсилюють підтримку розробок технології ефективного впливу звукових хвиль Agri-Wave на розвиток плодів томатів. Можна стверджувати, що акустична біологія має значні перспективи застосування в сільському господарстві та може сприяти підвищенню врожайності томатів різних сортів, оптимізації параметрів їх зростання.

Висновки. У дослідженні висвітлено основні механізми впливу звуку на рослини на клітинному рівні, аспекти впливу на фізіологічні показники зростання томатів. Огляд, реалізований у статті, надає вичерпний огляд частот звукових хвиль, які можна використовувати для нових сільськогосподарських практик та біотехнологічних обробок рослин.

Ультразвукова обробка насіння перед посадкою посилює процес проростання, підвищує врожайність культур. Комплексне застосування добрив з ультразвуковою дією так само стимулює життєві процеси та розвиток рослин, що відбивається на врожайності сільськогосподарських рослин, зокрема, томатів. Ці фактори впливу продемонстрували позитивний вплив у підвищенні врожайності даних культур.

Комплексний огляд актуалізує необхідність подальших досліджень. Зокрема, на сьогодні практичні дослідження демонструють позитивний ефект впливу звукових хвиль на томати рожевих сортів, водночас аспекти впливу на інші сорти залишаються малодослідженими. Майбутні дослідження мають бути спрямовані на формування нових стратегій оптимізації сільськогосподарських практик.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Altuntas O., Ozkurt H. The assessment of tomato fruit quality parameters under different sound waves. *Journal of food science and technology*. 2019. Vol. 56(4). Pp. 2186-2194. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03701-0>
- Hassanien R. Advances in effects of sound waves on plants. *Journal of integrative Agriculture*. 2014. Vol. 13(2). Pp. 335-348. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60492-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60492-X)
- Kim J. Y. Sound waves delay tomato fruit ripening by negatively regulating ethylene biosynthesis and signaling genes. *Postharvest Biology and Technology*. 2015. Vol. 110. Pp. 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.015>
- Kim J. Y., Lee H.-L., Jeong M.-J. Epigenetic regulation for delaying tomato fruit ripening through histone modification by specific sound wave treatment. *Postharvest Biology and Technology*. 2023. Vol. 197. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112211>
- Pagano M., Prete S. Symphonies of growth: Unveiling the impact of sound waves on plant physiology and productivity. *Biology*. 2024. Vol. 13(5). № 326. <https://doi.org/10.3390/biology13050326>
- Mohanta T. Sound wave in plant growth regulation: a review of potential biotechnological applications. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*. 2018. Vol. 28(2). <https://thejaps.org.pk/docs/v-28-01/01.pdf>
- Fernandez-Jaramillo A. Effects of acoustic waves on plants: an agricultural, ecological, molecular and biochemical perspective. *Scientia Horticulturae*. 2018. Vol. 235. Pp. 340-348. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.060>
- Chowdhury M. E. K., Lim H., Bae H. Update on the effects of sound wave on plants. *Research in Plant Disease*. 2014. Vol. 20(1). Pp. 1-7. <https://doi.org/10.5423/RPD.2014.20.1.001>
- Chowdhury A. R., Gupta A. Effect of music on plants—an overview. *International journal of integrative sciences, innovation and technology*. 2015. Vol. 4(6). Pp. 30-34.
- Jung J. Beyond chemical triggers: evidence for sound-evoked physiological reactions in plants. *Frontiers in plant science*. 2018. Vol. 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00025>
- Mishra R. C., Ghosh R., Bae H. Plant acoustics: in the search of a sound mechanism for sound signaling in plants. *Journal of experimental botany*. 2016. Vol. 67(15). Pp. 4483-4494. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw235>
- Hou T. Application of acoustic frequency technology to protected vegetable production. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2009. Vol. 25(2). Pp. 156-160.
- Lu Ch. High intensity ultrasound as a physical elicitor affects secondary metabolites and antioxidant capacity of tomato fruits. *Food Control*. 2020. Vol. 113. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107176>
- Pinheiro J. Influence of postharvest ultrasounds treatments on tomato (*Solanum lycopersicum*, cv. Zinac) quality and microbial load during storage. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2015. Vol. 27. Pp. 552-559. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.04.009>
- Zahra A. Effect of Music Types on Growth and Yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) using Sonic Bloom Technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2025. Vol. 1572(1). DOI 10.1088/1755-1315/1572/1/012021
- Kim S. K., Jeong M. J., Ryu C. M. How do we know that plants listen: Advancements and limitations of transcriptomic profiling for the identification of sound-specific biomarkers in tomato. *Plant Signaling & Behavior*. 2018. Vol. 13(12). <https://doi.org/10.1080/15592324.2018.1547576>
- Varga-Szilay Z., Szövényi G., Pozsgai G. Anthropogenic noise can decrease tomato reproductive success by hindering bumblebee-mediated pollination. *Basic and Applied Ecology*. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2025.05.008>
- Altuntas O., Ozkurt H. The assessment of tomato fruit quality parameters under different sound waves. *Journal of food science and technology*. 2019. Vol. 56(4). Pp. 2186-2194. DOI:10.1007/s13197-019-03701-0
- Kesanakurti D., Kolattukudy P.E., Kirti P.B. Fruit-specific overexpression of wound-induced tap1 under E8 promoter in tomato confers resistance to fungal pathogens at ripening stage. *Physiol Plant*. 2012. Vol. 146(2). Pp. 136-48. doi: 10.1111/j.1399-3054.2012.01626.x.

REFERENCES:

- Altuntas, O., & Ozkurt, H. (2019). The assessment of tomato fruit quality parameters under different sound waves. *Journal of food science and technology*, 56(4), 2186-2194. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03701-0>
- Hassanien, R. (2014). Advances in effects of sound waves on plants. *Journal of integrative Agriculture*, 13(2), 335-348. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60492-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60492-X)
- Kim, J.-Y. (2015). Sound waves delay tomato fruit ripening by negatively regulating ethylene biosynthesis and signaling genes. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.015>

4. Kim, J. Y., Lee, H.-L., & Jeong, M.-J. (2023). Epigenetic regulation for delaying tomato fruit ripening through histone modification by specific sound wave treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112211>
 5. Pagano, M., & Prete, S. (2024). Symphonies of growth: Unveiling the impact of sound waves on plant physiology and productivity. *Biology*, 13(5), 326. <https://doi.org/10.3390/biology13050326>
 6. Mohanta, T. (2018). Sound wave in plant growth regulation: a review of potential biotechnological applications. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 28(2). <https://thejaps.org.pk/docs/v-28-01/01.pdf>
 7. Fernandez-Jaramillo, A. (2018). Effects of acoustic waves on plants: an agricultural, ecological, molecular and biochemical perspective. *Scientia Horticulturae*, 235, 340-348. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.060>
 8. Chowdhury, M. E. K., Lim, H., & Bae, H. (2014). Update on the effects of sound wave on plants. *Research in Plant Disease*, 20(1), 1-7. <https://doi.org/10.5423/RPD.2014.20.1.001>
 9. Chowdhury, A. R., & Gupta, A. (2015). Effect of music on plants—an overview. *International journal of integrative sciences, innovation and technology*, 4(6), 30-34.
 10. Jung, J. (2018). Beyond chemical triggers: evidence for sound-evoked physiological reactions in plants. *Frontiers in plant science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00025>
 11. Mishra, R. C., Ghosh, R., & Bae, H. (2016). Plant acoustics: in the search of a sound mechanism for sound signaling in plants. *Journal of experimental botany*, 67(15), 4483-4494. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw235>
 12. Hou, T. (2009). Application of acoustic frequency technology to protected vegetable production. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 25(2), 156-160.
 13. Lu, Ch. (2020). High intensity ultrasound as a physical elicitor affects secondary metabolites and antioxidant capacity of tomato fruits. *Food Control*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107176>
 14. Pinheiro, J. (2015). Influence of postharvest ultrasounds treatments on tomato (*Solanum lycopersicum*, cv. Zinac) quality and microbial load during storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 552-559. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.04.009>
 15. Zahra, A. (2025). Effect of Music Types on Growth and Yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) using Sonic Bloom Technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1572(1). DOI 10.1088/1755-1315/1572/1/012021
 16. Kim, S. K., Jeong, M. J., & Ryu, C. M. (2018). How do we know that plants listen: Advancements and limitations of transcriptomic profiling for the identification of sound-specific biomarkers in tomato. *Plant Signaling & Behavior*, 13(12). <https://doi.org/10.1080/15592324.2018.1547576>
 17. Varga-Szilay, Z., Szövényi, G., & Pozsgai, G. (2025). Anthropogenic noise can decrease tomato reproductive success by hindering bumblebee-mediated pollination. *Basic and Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2025.05.008>
 18. Altuntas, O., & Ozkurt, H. (2019). The assessment of tomato fruit quality parameters under different sound waves. *Journal of food science and technology*, 56(4), 2186-2194. DOI:10.1007/s13197-019-03701-0
 19. Kesanakurti, D., Kolattukudy, P.E., & Kirti, P.B. (2012). Fruit-specific overexpression of wound-induced tap1 under E8 promoter in tomato confers resistance to fungal pathogens at ripening stage. *Physiol Plant*, 146(2), 136-48. doi: 10.1111/j.1399-3054.2012.01626.x.
- Мартінова О.Б. Вплив звукових хвиль різної частоти на ріст і врожайність томатів різних сортів**
- Мета.** Метою статті є розширений аналіз впливу звуку на окремі аспекти фізіологічного зростання томатів, які можна використовувати для нових сільськогосподарських практик та біотехнологічних обробок рослин.
- Методи.** Стаття являє собою тематичний огляд досліджень аспектів впливу звуків на зростання та розвиток рослин. Використано методи аналізу, синтезу, узагальнення та формалізації для складання рекомендацій, як за допомогою музики стимулювати зростання рослин та проростання насіння.
- Результати.** Як свідчать результати огляду, проведеного в даному дослідженні, вплив звукових хвиль різної частоти може реалізовувати потенціал у динаміці параметрів росту та врожайності томатів як репрезентативних сільськогосподарських культур, вирощуванню яких наразі приділяється значна увага. У статті акцентовано увагу на дуалістичному характері такого впливу, залежно від використовуваних частот: від стимулювання до деструкції. Очевидно, що науково обґрунтований вплив звукового сигналу на томати на різних фазах їх вирощування може пришвидшити ріст рослин, надати додаткової стійкості насінню, що безпосередньо впливає на показники врожайності. У дослідженні просувається пріоритетна наукова позиція щодо доцільності використання звукових хвиль різної частоти в якості стимуляторів чи регуляторів росту рослин у процесі вирощування томатів.
- Висновки.** У статті окреслено деякі основні концепції сучасного стану дослідження звукових хвиль та модуляції молекулярних реакцій у рослин на клітинному та субклітинному рівнях після обробки звуковими хвилями. Водночас, молекулярний рецептор, який сприймає звукову хвилю в рослинах, наразі ще не ідентифікований науковцями. У дослідженні обґрунтовано, що ультразвукова обробка насіння перед посадкою посилює процес проростання, підвищує врожайність культур, водночас комплексне застосування добрив з ультразвуковою дією стимулює життєві процеси та розвиток рослин, підвищує показники урожайності.
- Ключові слова:** акустична біологія, рослини, чутні звуки, ультразвук, наслідки, ефект, подразники.
- Martynova O.B. The effect of sound waves of different frequencies on the growth and yield of tomatoes of different varieties**
- Purpose.** The relevance of the study lies in the importance of a thorough study of the nature of the influence of sound waves of different frequencies on the growth processes and yield of plants, in particular, tomatoes. The purpose of the article is an extended analysis of the influence of sound on individual aspects of the physiological growth of tomatoes, which can be used for new agricultural practices and biotechnological treatments of plants.
- Methods.** The article is a thematic review of research on aspects of the influence of sounds on the growth and

development of plants. Methods of analysis, synthesis, generalization and formalization were used to make recommendations on how to stimulate plant growth and seed germination with the help of music.

Results. As the results of the review conducted in this study show, the impact of sound waves of different frequencies can realize the potential in the dynamics of growth parameters and yield of tomatoes as representative agricultural crops, the cultivation of which is currently receiving significant attention. The article emphasizes the dual nature of such an impact, depending on the frequencies used: from stimulation to destruction. It is obvious that the scientifically substantiated impact of a sound signal on tomatoes at different phases of their cultivation can accelerate plant growth, provide additional resistance to seeds, which directly affects yield indicators. The study advances

a priority scientific position on the feasibility of using sound waves of different frequencies as stimulants or regulators of plant growth in the process of growing tomatoes.

Conclusions. The article outlines some of the main concepts of the current state of research on sound waves and the modulation of molecular reactions in plants at the cellular and subcellular levels after treatment with sound waves. At the same time, the molecular receptor that perceives sound waves in plants has not yet been identified by scientists. The study substantiates that ultrasonic treatment of seeds before planting enhances the germination process, increases crop yield, while the complex use of fertilizers with ultrasonic action stimulates life processes and plant development, and increases yield indicators.

Key words: acoustic biology, plants, audible sounds, ultrasound, consequences, effect, stimuli.

Дата першого надходження статті до видання: 03.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 06.05.2026