

# СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-5-93-35>

УДК 631.147(075)

Шатова К.П., Корнієнко І.М.  
Національний авіаційний університет

## ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

**Анотація.** Мета роботи полягала у вивченні впливу імітованої мікрогравітації та ультразвукових коливань на інтенсивність росту наземної частини зернових культур. Експериментами доведено позитивний вплив фізичних факторів впливу, котрі сприяли активізації біоактивних процесів у насінні перед висаджуванням їх у ґрунт. Встановлено, що завдяки стимулюючим факторам – мікрогравітації та ультразвуку вдалося інтенсифікувати ріст наземної частини дослідних зразків озимої пшениці на 50-55% порівняно із контролем. Завдяки використанню імітованої мікрогравітації та ультразвукових коливань зернові культури краще вкорінюються, та швидше колосяться.

**Ключові слова:** мікрогравітація, ультразвук, озима пшениця, сільськогосподарські культури, інтенсивність росту.

Shatova Kateryna, Korniienko Iryna  
National Aviation University

## INFLUENCE OF PHYSICAL FACTORS ON THE SURVIVAL OF AGRICULTURAL CROPS

**Summary.** The aim of the study was to study the effect of simulated microgravity and ultrasonic vibrations on the growth rate of the terrestrial part of cereals. Microgravity is one of the most promising areas in space agrobiotechnology. The main study of the influence of real and simulated microgravity on the growth and development of plants with the determination of their adaptation to certain cosmic conditions is carried out to determine the degree of gravity of plants at different phases of ontogenesis – vegetative and generative. Methods of cultivating plants under simulated microgravity can later be used in terrestrial life. Because plants that are grown under microgravity differ from the usual more stable stability, productivity and reliability. Analyzing the results of research, it can be argued that the practice of growing plants under microgravity is possible and necessary not only for the needs of astronauts, but also on earth. The data presented in the paper show that the microgravity of the seeds before planting in the soil promotes faster germination compared to the control sample, which germinated on day 5. The microgravity of the seed reveals its potential for growth, accelerating the growth of plants, earing. When processing grain, it is necessary to set the optimal modes of influence to maximize the germination process without destroying the structural components of the grain. As a result, there is an intensification of the germination process, which is confirmed by experimental data. The duration of the traditional method of germination of the control sample in the soil was about 5 days, and the sound of the experimental samples – 3 days. It was found that due to the stimulating factors – microgravity and ultrasound it was possible to intensify the growth of the terrestrial part of the experimental samples of winter wheat by 50-55% compared to the control. Thanks to the use of simulated microgravity and ultrasonic germination, grain crops take root better and sprout faster. A promising area of further research is the use of bioorganic fertilizers in integrated approaches to the use of physical growth stimulants for agricultural purposes.

**Keywords:** Microgravity, ultrasound, winter wheat, growth intensity.

**Постановка проблеми.** Передпосівна обробка насіння спрямована на поліпшення біологічних властивостей, стимуляцію розвитку, захист від хвороб і шкідників, підвищення стійкості рослин до стресових умов. Поліпшення посівних якостей насіння можливо різними прийомами, зокрема це можуть бути фізичні, біологічні, хімічні методи обробки, що сприяють поліпшенню якості насіння, але найнебезпечнішими та ефективнішими серед запропонованих вважаються – фізичні методи стимуляції. На даний час необхідно розробляти спеціальні прийоми та маніпуляції з методів культивування рослин на борту космічних кораблів, а також покращувати агротехнології в звичайних умовах

шляхом застосування різноманітних фізичних чинників впливу, які володіють стимуляційною дією. Методи культивування рослин в космічних оранжереях в подальшому можуть знайти використання і в земному житті. Тому що рослини, які вирощуються в умовах мікрогравітації, відрізняються від звичайних більш підвищеною стійкістю, продуктивністю та надійністю. Для оцінки адаптивного потенціалу рослин, як в природних умовах так і в довготривалих космічних польотах, актуальними є дослідження впливу мікрогравітації відносно інтенсивності росту наземної частини рослин, родючості та змін, які відбуваються на клітинному та молекулярному рівні. На сьогоднішній день не до кінця вирішені питання

щодо вивчення адаптаційних властивостей зернових культур щодо впливу фізичних факторів, а саме – імітованих умов мікрогравітації та ультразвукових коливань [1]. Ультразвук підсилює в тканинах проникність клітинних мембран і дифузні процеси, змінює концентрацію водневих іонів, викликає розщеплення високомолекулярних сполук, прискорює обмін речовин. Відбувається іонізація молекул, і як наслідок, насіння швидше пускає паростки.

**Аналіз сучасних досліджень та публікацій.** На сьогоднішній день високий інтерес учені проявляють до таких фізичних факторів як – мікрогравітація та ультразвук. Важливим науковим підходом в практиці вирощування зернових є вивчення впливу фізичних методів впливу на зерно з метою інтенсифікації його проростання (наприклад, дослідження впливу умов мікрогравітації та ультразвукових коливань на інтенсивність вирощування зернових). Через те що теоретичні поняття стосовно росту і розвитку рослин в умовах мікрогравітації є основою розробки та створення технологій (агротехніки) автотрофної ланки біорегенеративних структур життєзабезпечення та прогнозу надійності її функціонування, такі дослідження мають безпосереднє прикладне значення для реалізації тривалих польотів у далекому космосі. Досліджено, що під впливом мікрогравітації змінюється експресія значної кількості генів [2–4].

Деякі різновидностей досліджень показують суттєвий вплив мікрогравітації на основні процеси розвитку рослин [3–5], розкриваючи механізми, які лежать в основі реакцій рослин на дію мікрогравітації та забезпечують пристосування рослин до дії цього чинника.

На борту біосупутників, космічних кораблів та орбітальних станцій, починаючи з кінця 1960-х та по теперішній час було проведено багато космічних експериментів з вищими рослинами *in vivo* та *in vitro* (клітин та протопластів, тканин, культури органів) [6; 7]. Дослідниками було проведено дослідження росту та розвитку рослин в умовах реальної мікрогравітації в космічному плаванні та модельованої мікрогравітації в наземних експериментах. Було встановлено закономірності дії на різних клітинних рівнях та зроблено відкриття гравічутливості рослинних клітин. Доведено, що квіткові рослини мають гарний ріст на орбіті в космічних оранжереях у більш чи менш оптимальних умовах щодо температури, вологості, вмісту в повітрі CO<sub>2</sub>, інтенсивності та спрямованості світла, аерації субстрату тощо. Проведено аналіз літератури за останні роки, яка показує, що в центрі уваги дослідників в галузі космічної та гравітаційної біології перебувають фундаментальні питання ролі гравітації у функціонуванні біосфери Землі. В галузі біології рослин в космосі це, перш за все, дослідження молекулярних механізмів сприйняття та реалізації гравітаційного стимулу, тобто гравітаксису одноклітинних організмів і гравітропізму мохів і квіткових рослин, які ведуть нерухомий спосіб життя, що забезпечують їхню орієнтацію в просторі. Тому можна сказати, що космічний апарат в орбітальному польоті залишається унікальною експериментальною лабораторією для вирішення поставлених питань.

Умови невагомості в космічному польоті дозволяють створювати за допомогою бортових центрифуг різні величини гравітації, сила тяжіння менша за одиницю, що неможливо у полі сили тяжіння на Землі.

Автори [1–7] пропонують вважати, що стимулююча дія ультразвукового випромінювання на проростання насіння обумовлюється модифікаціями целюлозної мембрани, в результаті чого поліпшується транспортування живильних речовин і поглинання корисних елементів навколо насіння. Встановлено, що у опромінених зразках коренева система пророщених рослин краще розвинена, збільшується кількість пророщених зерен була, ростки пророщених зерен щільніші та вищі у порівнянні з контрольними зразками [5].

Станом на сьогодні, багато робіт присвячено дослідженням впливу фізичних факторів впливу на енергію проростання сільськогосподарських культур, які реалізуються на основі електричних і електромагнітний полів – обробка в постійному або змінному магнітному полі, в електростатичному полі, в полі коронного розряду. Ефекти впливу електромагнітних і магнітних полів (постійних, змінних, комбінованих) на біологічні об'єкти досить добре описані в літературі, але не представлено порівняльної характеристики щодо ефективності використання імітованої мікрогравітації та ультразвуку на інтенсивності росту зернових культур.

**Головною метою** цієї роботи є вивчення впливу умов мікрогравітації та ультразвукової обробки насіння озимої пшениці з послідовною оцінкою інтенсивності росту наземної частини зернових.

Об'єктом дослідження обрано технологію вирощування озимої пшениці у горщиках в лабораторних умовах.

**Виклад основного матеріалу.** Мікрогравітація є одним з найбільш багатообіцяючих напрямків у космічній агробіотехнології. Основним дослідженням впливу реальної та модельованої мікрогравітації на ріст і розвиток рослин з визначенням їхньої адаптації до певних космічних умов проводяться з метою визначення ступеня гравічутливості рослин на різних фазах онтогенезу – вегетативній та генеративній. Оскільки теоретичні уявлення щодо росту і розвитку рослин в умовах мікрогравітації є основою розробки та створення технологій (агротехніки) автотрофної ланки біорегенеративних систем життєзабезпечення та прогнозу надійності її функціонування, такі дослідження мають безпосереднє прикладне значення для реалізації тривалих польотів у далекому космосі. Дані дослідження проведено в умовах модельованої мікрогравітації задля можливості розробки технології вирощування сільськогосподарських культур з можливістю вирощування в рослинних оранжереях в умовах космосу – у космічному кораблі при довготривалих польотах.

Методика експерименту складалася із двох етапів. Перший етап: попередня обробка зерна озимої пшениці на установці «Кліностант», яка імітує умови мікрогравітації на землі протягом 8 годин експерименту (рис. 1). Процеси, які відбуваються на даній установці, відповідають повільному обертанню біологічного об'єкта з частотою 4 оберт./хв. Вісь обертання в «Кліностанті»



Рис. 1. Загальний вигляд установки «Кліностат»



Рис. 2. Низькочастотний генератор ультразвукових коливань ГЗ-112

паралельна землі, що повністю відповідає технічним характеристикам та вимогам до типових приладів, сила тяжіння (g) не більше 0,1.

У процесі еволюційного розвитку біооб'єктів на формування їх біологічних властивостей впливали багато абіотичні фактори, в тому числі природні фонові випромінювання. В останні десятиліття через зростанням антропогенного і техногенного навантаження відбулося різке підвищення рівня абіотичних випромінювань і, відповідно, збільшився вплив цих факторів на біоклітини, що з великою ймовірністю може сприяти фенотипових змін біологічних властивостей та появи нових мутацій. Тому, в сучасній біотехнології актуальними є питання вивчення особливостей і механізмів впливу зовнішніх фізичних факторів на стан біооб'єктів, зокрема на рослин, для можливого використання цих впливів у вирішенні прикладних задач і впровадження нових технологій в сільськогосподарській галузі.

Одним з факторів, здатним впливати на функціональний стан рослин, є ультразвук (УЗ). Обурення від частинки, що коливається в кожному шарі біля положення рівноваги, передається від шару до шару у напрямку поширення хвилі. Таким чином в акустичній хвилі відбувається перенесення енергії без перенесення речовини. Хвилі бувають поздовжніми, якщо напрямом коливань частинок збігається з напрямком поширення хвиль, і поперечними, якщо ці напрямки взаємно перпендикулярні. Ультразвукові хвилі володіють великою механічною енергією і викликають ряд фізичних, хімічних і біологічних явищ. Тому не випадкова велика зацікавленість до вивчення впливу і механізмів дії цього фізичного чинника.

Також одна з основних особливостей впливу УЗ на мікроорганізми можна вважати його вплив на оболонку зерна. Дія УЗ може призводити до істотної зміни механічних, електричних та інших властивостей мембран, а також до порушення внутрішнього складу і зміни концентрацій речовин у зерні. При тривалому впливі УЗ

наслідки залишаються протягом деякого часу після припинення опромінення (від декілька годин до днів).

Задля надання порівняльної оцінки щодо ефективності використання 2 фізичних методів впливу на інтенсивність зростання озимої пшениці, наступним (другим) етапом дослідження є вплив ультразвукових коливань на насіння озимої пшениці з послідовним висаджуванням у ґрунт. Дослідження проводилися на низькочастотному генераторі ультразвукових коливань ГЗ-112 (рис. 2), насіння зернових було оброблене при частоті 1мГц (за допомогою спеціальних пластин, від товщини яких залежить інтенсивність та щільність ультразвуку), протягом 15 хв.

Загальний вигляд управління ультразвуковою установкою (перемикачі) наведено на рисунку 3.

На передній панелі електронного блоку розміщені:

- 1 – роз'єм «ВИХІД» для підключення кабелю випромінювача;
- 2 – світловий індикатор вихідної напруги апарату;
- 3 – світловий індикатор «МЕРЕЖА» включення апарату;
- 4 – кнопка «МЕРЕЖА»;
- 5 – перемикач «випромінювач»;
- 6 – перемикач «інтенсивності, Вт/см<sup>2</sup>»;
- 7 – перемикач «РЕЖИМ РОБОТИ»;
- 8 – процедурний годинник, за допомогою якого відбувається вмикання апарату в мережу.

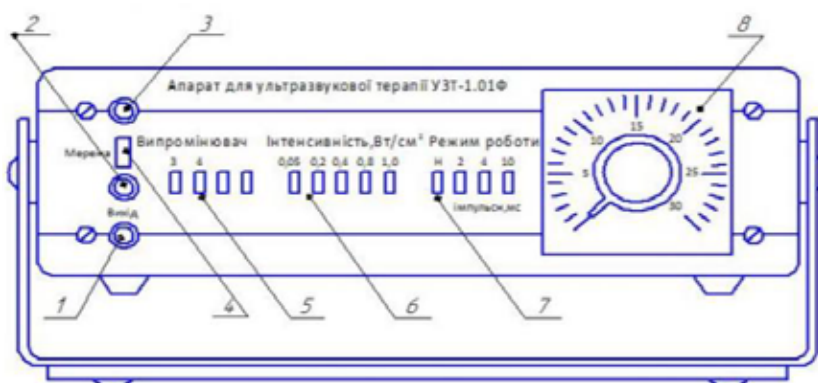


Рис. 3. Загальний вигляд генератору ультразвукових сигналів



Рис. 4. Озима пшениця, насіння якої було оброблено ультразвуковими частотами на 10 день після висаджування у ґрунт

Технічні характеристики приладу:

- Частота ультразвукового опромінення в межах 800 кГц – 860 кГц;
- Регулюючий період роботи від 0 до 30 хвилин з кроком 1 хвилини;
- Потужність ультразвукового опромінення встановлюється в межах від 0.1 Вт/см до 3 Вт/см з кроком 0.1 Вт/см.

Режим опромінення:

- неперервний (CONT);
- 2 мс опромінення, 9 мс пауза (IMPULS 1:6).

Після ультразвукової та мікрогравітаційної обробки зерна озимої пшениці, досліджувані зразки, в тому числі контрольні (без фізичних факторів впливу), були висаджені у горщики, котрі наповнені універсальним ґрунтом «Надія», рН якого 6,5-7. Усі дослідження були проведені у двократних повтореннях відносно кожного дослідного зразку, у тому числі і контрольного.

Експеримент тривав 30 днів, вирощування зернових відбувалося в лабораторних умовах, при температурі 20-22°C.

З інтервалом дві доби проводилися вимірювання наземної частини зернових культур, результати яких сформовано та представлено у вигляді графічної залежності (рис. 5).

Отримані результати досліджень свідчать, що фізичні методи впливу (ультразвукові частоти та імітована мікрогравітація) в практиці вирощування озимої пшениці дають позитивний результат. Якщо порівнювати зразки, які було оброблено ультразвуком та мікрогравітацією, видно, що ультразвук має більший інтенсивний вплив на швидкість проростання та ріст зернових (наземна частина озимої пшениці під впливом ультразвуку на 15 % вища ніж при використанні стимульованої мікрогравітації). При порівнян-

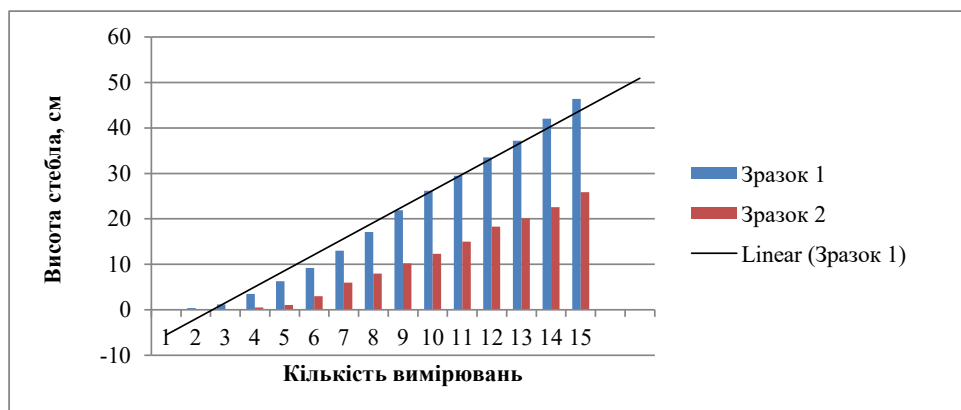


Рис. 5. Динаміка зростання наземної частини озимої пшениці під впливом мікрогравітації: зразок 1 – зерно озимої пшениці з попередньою обробкою в умовах мікрогравітації; зразок 2 – контрольний без використання стимуляторів росту

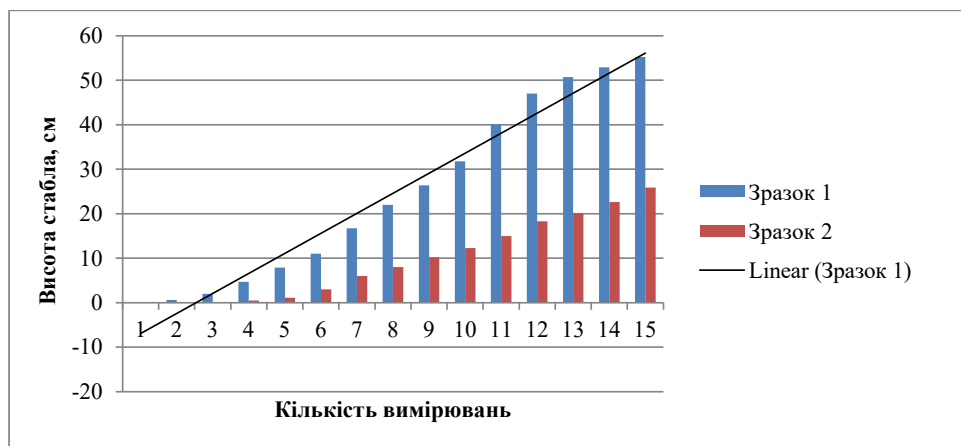


Рис. 6. Динаміка зростання наземної частини озимої пшениці під впливом ультразвуку: зразок 1 – зерно озимої пшениці з попередньою обробкою ультразвуковими хвилями; зразок 2 – контрольний без використання стимуляторів росту

ні контрольного зразку з дослідним (в межах кожної досліджуваної групи фізичних факторів впливу) встановлено, що зразки зерна, на які було спрямовано фізичні фактори впливу мають на 50-55% вищий потенціал енергії проростання порівняно із контрольною групою. Завдяки такій методиці вирощування зернових культур, аграрії матимуть можливість покращити процеси росту і розвитку рослин, регулювати та керувати строками їх колосіння, і крім того на найрізноманітніших стадіях вегетації. Фізичні стимулятори росту надають змогу відновити ослаблені й хворі паростки, здійснити реабілітацію тих рослин, які постраждали через інфекції та шкідників, також підвищують опірність сходів, нормалізуючи всі життєво важливі обмінні процеси та покращуючи внутрішню структуру клітин рослин. Ці показники дозволяють аграріям реалізувати потенційні можливості земельних угідь у найкращому руслі, що в результаті позитивно позначається на кінцевому прибутку.

**Висновки та пропозиції.** Сформульовано необхідність проведенн комплексних наукових досліджень у напрямку космічної агробіотехнології та можливості практичного використання мікрогравітації на землі, а також ультразвукових коливань для агротехнічних цілей, а саме – в практиці вирощування зернових культур.

Актуальність роботи полягає у вивченні впливу фізичних факторів, а саме: імітованих умов мікрогравітації на установці «Кліностант», а також – ультразвукових коливань на властивість зернових швидше проростати. Експериментами встановлено, що дані фізичні фактори позитивно впливають на зернові та час їх проростання.

Ступінь і якість біологічної дії ультразвукового опромінення на зернові визначається, головним чином, інтенсивністю фактора та тривалістю опромінення. Ультразвук, в даному випадку, підсилює проникність клітинних мембран і дифузні процеси, він прискорює обмін речовин зерна, внаслідок чого відбувається інтенсифікація росту наземної частини зернових.

Узагальнюючи результати дослідження можна зробити висновок про ефективність використання обох фізичних методів впливу. Але порівнюючи результати дослідження на прикладі мікрогравітації та ультразвукових коливань, можна стверджувати, що ефективніше є використання ультразвуку, про що свідчать показники росту наземної частини зразків озимої пшениці (46,4–52,5 см, відповідно). Рекомендовано в подальшому провести дослідження комплексного впливу фізичних факторів та біологічних на інтенсивність росту зернових культур, наприклад спельти.

### Список літератури:

1. Дегодюк Е.Г., Сайко В.Ф., Корнійчук М.С. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Урожай, 1992. 100 с.
2. Міхеєв О.М., Маджд С.М., Лапань О.В., Кулинич Я.І. Використання гідрофітних систем для відновлення якості забруднених вод. Центр учбової літератури, 2018. 171 с.
3. Mashinsky A.L., Nechitaylo G.S., Vaulina E.N. Космическая биология. Знание, 1988. 63 с.
4. Меркис А.И. Сила тяжести в процессах роста растений. Наука, 1990. 183 с.
5. Risca I.M., Fartais L., Stiuca P. Ultrasound effects contributions on the Norway spruce seeds germination (*Picea abies* (L.) Karsten). Gen. Biol.Molec., Tom VIII, pp. 87–88, 2007.
6. Chisti, Y. Biodiesel from microalgae / *Biotechnology Advances*. 2007. Vol. 25. P. 294–306.
7. Шевчук М.Й., Веремеєнко С.І., Лопушняк В.І. Агрохімія: Добрива та їх вплив на біопродуктивність ґрунту. Надстир'я, 2012. 439 с.

### References:

1. Degodyuk E.G., Saiko V.F., Korniyuchuk M.C. (1992) Growing environmentally friendly crop products. Harvest, 100 p.
2. Mikheev O.M., Majd S.M., Lapan O.V., Kulinich Y.I. (2018) Use of hydrophytic systems to restore the quality of polluted water. Center for Educational Literature, 171 p.
3. Mashinsky A.L., Nechitaylo G.S., Vaulina E.N. (1988) Space biology. Knowledge, 63 p.
4. Merkis A.I. (1990) Gravity in plant growth processes. Science, 183 p.
5. Risca I.M., Fartais L., Stiuca P. (2007) Ultrasound effects contributions on the Norway spruce seeds germination (*Picea abies* (L.) Karsten). Gen. Biol. Molec., volume VIII, pp. 87–88.
6. Chisti Y. (2007) Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, vol. 25, pp. 294–306.
7. Shevchuk M.Y., Veremeenko S.I., Lopushnyak V.I. (2012) Agrochemistry: Fertilizers and their impact on soil bioproductivity. Nadstyyria, 439 p.