

Технічні науки

УДК 58.084.1

Мельник Вікторія Миколаївна

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри біотехніки та інженерії

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Мельник Виктория Николаевна

доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой биотехники и инженерии

Национальный технический университет Украины

"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

Mel'nick Victoria

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Head of the Department of Bioengineering and Biotechnics

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Ружинська Людмила Іванівна

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри біотехніки та інженерії

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Ружинская Людмила Ивановна

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры биотехники и инженерии

Национальный технический университет Украины

"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

Ruzhinskaya Lyudmyla

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

*Associate Professor of the Department of Bioengineering and Biotechnics
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Фесенко Сергій Вікторович

*кандидат технічних наук, асистент кафедри біотехніки та інженерії
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"*

Фесенко Сергей Викторович

*кандидат технических наук, ассистент кафедры биотехники и инженерии
Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"*

Fesenko Sergiy

*Candidate of Technical Sciences,
Assistant of the Department of Bioengineering and Biotechnics
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Ільєнко Віталій Володимирович

*магістр
Національного технічного університету України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"*

Ильенко Виталий Владимирович

*магистр
Национального технического университета Украины
"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"*

Il'enko Vitaliy

*Master of the
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА РІСТ
ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР
ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РОСТ
ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
EFFECT OF ULTRASOUND RADIATION ON GROWTH OF GRAIN
CROPS**

***Анотація.** Наводяться результати лабораторних експериментів по виявленню дії звукового опромінення певної частоти на ріст та розвиток зерен пшениці та ячменю. Розглянуто можливість прискорення пророщування зерен пшениці та ячменю за допомогою звукового опромінення. Показано, що найбільші якісні і кількісні показники спостерігаються при опроміненні ультразвуком потужністю 300 Вт, частотою 36 кГц протягом 20 хвилин; потужністю 700 Вт, частотою 36 кГц протягом 10 хвилин.*

***Ключові слова:** зерно, пшениця, ячмінь опромінення звуковими частотами, ультразвук.*

***Аннотация.** Рассмотрена возможность ускорения проращивания зерен пшеницы и ячменя с помощью звукового излучения. Показано, что наибольшие качественные и количественные показатели наблюдаются при облучении ультразвуком мощностью 300 Вт, частотой 36 кГц в течение 20 минут; мощностью 700 Вт, частотой 36 кГц в течении 10 минут.*

***Ключевые слова:** зерно, пшеница, ячмень облучение звуковыми частотами, ультразвук.*

***Summary.** The results of laboratory experiments on the detection of the effect of sound irradiation of a certain frequency on the growth and development of wheat and barley grains are presented. The possibility of accelerating germination of wheat and barley grains by means of sound irradiation is*

considered. It is shown that the highest qualitative and quantitative indices are observed with ultrasound irradiation with a power of 300 W, a frequency of 36 kHz for 20 minutes; a power of 700 W, a frequency of 36 kHz for 10 minutes.

Key words: *grain, wheat, barley sound frequency irradiation, ultrasound.*

Вступ. Одним із шляхів підвищення ефективності процесу вирощування сільськогосподарських культур є попередня обробка насіння в ультразвуковому полі.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що швидкість проростання насіння обробленого ультразвуком зростає. Останнім часом проводились дослідження обробки насіння в рідкій фазі, воді, розчинах мікроелементів у воді.

Вплив ультразвуку залежить від частоти, інтенсивності і часу обробки.

Наразі в світі існує тенденція до зменшення посівної площі в багатьох країнах світу, пов'язаних з низкою причин. Україна входить до числа країн, посівна площа яких складає більше 70% від загальної площі країни, натомість по всьому світу тенденція складає від 0,56% до 83% [1]. Виробництво зернових культур у світі коливається в діапазоні 16 – 560 000 000 метричних тон. Кожна країна намагається зібрати максимальну кількість врожаю, для продуктового забезпечення свого населення та для експорту, в іншому випадку країни стають залежними, і мусять забезпечувати населення шляхом імпорту залучуючи кошти отримані з інших секторів економіки. За даними міністерства Агрополітики Україна експортувала рекордні 39,4 млн тонн зернових в маркетинговому сезоні 2015-2016 років (рис. 1). Це на 4,6 млн тонн більше, ніж в ході попереднього 2014-2015 маркетингового року [2].

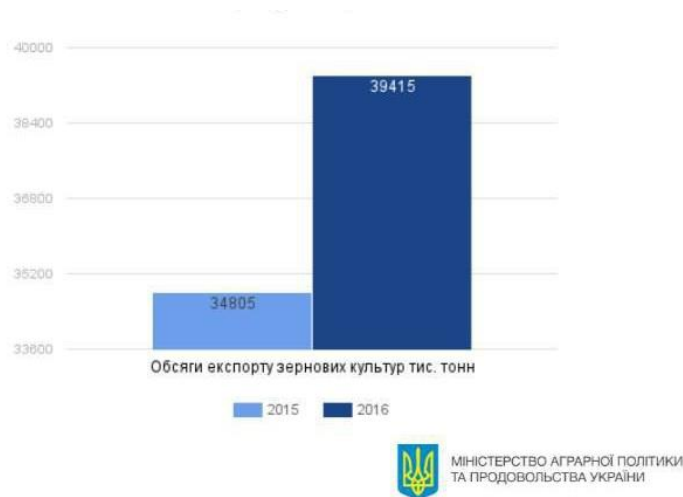


Рис. 1. Гістограма обсягу експорту зернових культур 2015-2016 року

Протягом року Україна продала 17,35 млн тон пшениці, 17,40 млн тон кукурудзи, 4,41 млн тон ячменю і 256 тис. тон інших зернових. Де експорт пшениці склав 44% від загального експорту зернових культур. Це робить данні дослідження по прискоренню пророщування, кількості пророщених зерен та подальшого росту актуальними для аграрного сектору нашої країни.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є визначення впливу ультразвукового опромінення на ріст зерен пшениці та ячменю.

Для досягнення поставленої мети вирішували такі задачі:

- експериментально, в лабораторних умовах, підтвердити дію ультразвукового опромінення певної частоти на ріст та розвиток зерен пшениці та ячменю.
- дослідити вплив тривалості обробки, частоти ультразвуку та потужності випромінювача на ріст та розвиток зерен пшениці та ячменю.

Літературний огляд. В роботі [3] автори аналізуючи прискорення процесу проростання насіння *Arabidopsis thaliana* L дійшли до висновку, що посилення пророщуваності зерна, обробленого ультразвуком, пов'язане з прямими змінами в мікроструктурі насіння, такими як збільшення

пористості, що сприяє покращенню подачі води та кисню, а також поліпшенню масопередачі в тканині насіння. Іншим можливим поясненням може бути зменшення мікробного навантаження, поліпшення фізіологічного потенціалу. У дослідженні [4] показано, що ультразвук може викликати стимуляцію або руйнування в залежності від генотипів рослин та параметрів ультразвуку, тобто інтенсивності, частоти та тривалості. Ефективність ультразвукової обробки для стимуляції насіння соняшнику було продемонстровано при рівнях інтенсивності від 40 до 60% від вихідної потужності з експозицією від 5 до 20 хвилин. Відсоткові значення проростання насіння соняшнику становили 95 і 99% при обробці ультразвуком при 40 і 60% інтенсивності на 5-20 хвилини порівняно з контрольним зразком, який становив лише 68%. Подібні результати були отримані в насінні орхідеї з ультразвуковою попередньо-посівною обробкою. Проте результати в цьому дослідженні були на 44-48% нижчими, ніж у контрольного зразка при обробці ультразвуком при 80-100%. Тривалість обробки ультразвуком при підвищеній інтенсивності може нанести пошкодження ембріону. Результати цього дослідження показали, що ультразвукова обробка (5-20 хвилин) призвела до більшого проростання, порівняно з контрольними зразками. У праці [5] автори 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. В роботі [6] досліджувався ефект ультразвукових хвиль на горох (*Pisum sativum*), застосування обробки насіння ультразвуком призвело до зростання в 13,1% проростання насіння в порівнянні з контрольним зразком. У дослідженні [7] встановлено, що відсотковий час проростання баранячого нуту, пшениці та кавуна збільшився на 36%, 2% та 2%, відповідно, у порівнянні з контрольними зразками, але насіння перцю і фенхелю реагувало на обробку ультразвуком

негативно, проростання насіння перцю зменшилось на 19%, а насіння фенхелю на 30,5%, отже ультразвук може зменшити процент проростання насіння деяких видів. В праці [8] наведені результати дослідження впливу, ультразвуку на проростання насіння (*Medicagoscutellata* (L.) Mill), (*Atriplexlentiformis*), (*Cuminumcuminum*), (*Zygophyllumeuryptherum*) експерименті було показано що проростання насіння важливих лікарських видів реагує на ультразвукове дослідження позитивно; проростання насіння збільшено на 63,3, 28%, 36% та 35,7%, відповідно, порівняно з контролем. В роботі [9] наведені результати дослідження впливу часу обробки зерна ультразвуком на характеристики зростання. Автори роблять висновок, що ультразвукова обробка зерна позитивно ефективна для стимуляції насіння, розростання рослин, однак час обробки слід розглядати як важливий чинник, який може викликають негативний і позитивний вплив на проростання насіння та зростання розсади. В роботі [10] наведені результати дослідження впливу дози ультразвукового випромінювання на ріст деяких органів рослини. Дослідження показали, що невеликі кількості ультразвуку можуть стимулювати клітинний поділ, середня доза може стримувати поділ клітин, смерть клітин може викликати велика кількість ультразвуку. Помірні дози можуть змусити клітини кореневої системи рослини енергійно ділитися, розширити здатність росту рослин, сприяти появі рослин до коренів; що може зменшити інтенсивність дихання однорічно рослини, при цьому збільшується інтенсивність дихання рослин протягом двох років. Дослідження показало, що великі дози ультразвуку можуть стримувати зростання рослини, Дослідження також виявило, оптимальний час та потужність – 65 Вт, 15 хвилин.

Матеріали, обладнання та методи дослідження впливу ультразвукового випромінювання в лабораторному експерименті. Перший експеримент проводився за допомогою установки УЗП-6-1 (погружний блок з ультразвуковим випромінювачем), напруга живлення

якої становить $220 \pm 10\%В$, 50 Гц, споживана потужність – макс. 300 Вт, частота ультразвуку – 36 кГц. Установка містить 6 ультразвукових випромінювачів [11]. Для встановлення впливу звукових коливань було обрано частоту 36 кГц. Контрольний зразок не опромінювався. Дослідження та спостереження проводились протягом 2х тижнів. Було відібрано 7 зразків зерен пшениці вагою по 3 грами (приблизно 60 одиниць). Обробці зерна піддавалися безпосередньо в водному середовищі при контакті з випромінювачами. Кожні 10 хвилин вилучався один з зразків протягом 60 хв. Температура водного середовища під час обробки ультразвуком змінювалась від початкової $15.6^{\circ}C$ до кінцевої $26.8^{\circ}C$, зміна температур склала $11.2^{\circ}C$.

Другий експеримент проводився за допомогою каскадного ультразвукового випромінювача. Напруга живлення якої становить $220 \pm 10\%В$, споживана потужність – макс.700 Вт, частота ультразвуку коливається в межах 25 – 40 кГц [12]. Для встановлення впливу звукових коливань було обрано частоту 40 кГц. Контрольний зразок не опромінювався. Дослідження та спостереження проводились протягом 8-ми тижнів. Було відібрано 5 зразків зерен ячменю, по 50 одиниць. Обробці зерна піддавалися безпосередньо в водному середовищі при контакті з випромінювачем. Кожні 5 хвилин вилучався один з зразків протягом 20 хв. Температури водного середовища під час обробки ультразвуком змінювалась від початкової $16.3^{\circ}C$ експерименту, до кінцевої $20.2^{\circ}C$, зміна температури склала $3.9^{\circ}C$

Результати дослідження впливу звукового опромінення на пророщування зерен пшениці. Після обробки ультразвуком зразки були поміщені в окремі посудини без ґрунту та добрив. Щодня відбувалося змочення зерен водою, щоб уникнути загнивання коренів та появи грибку полив було вирішено не використовувати. зразки отримували ту кількість води, яка втримувалась на поверхні коренів та зерен. Через 6 днів вже

можна було помітити певну різницю в зразках та зробити перші висновки. Зразок №3 (20 хвилин обробки) мав помітно сильніший ріст. Коренева система була найбільш розвинена, кількість пророщених зерен була більшою, ростки щільнішими, вищими. На момент завершення експерименту по дослідженню пророщення пшениці майже всі зразки показали приблизно однакові результати, але 3-ій зразок, на фоні інших, мав лідуючу позицію (рис. 2). Температура середовища, в якому відбувалося пророщення ~24 С.

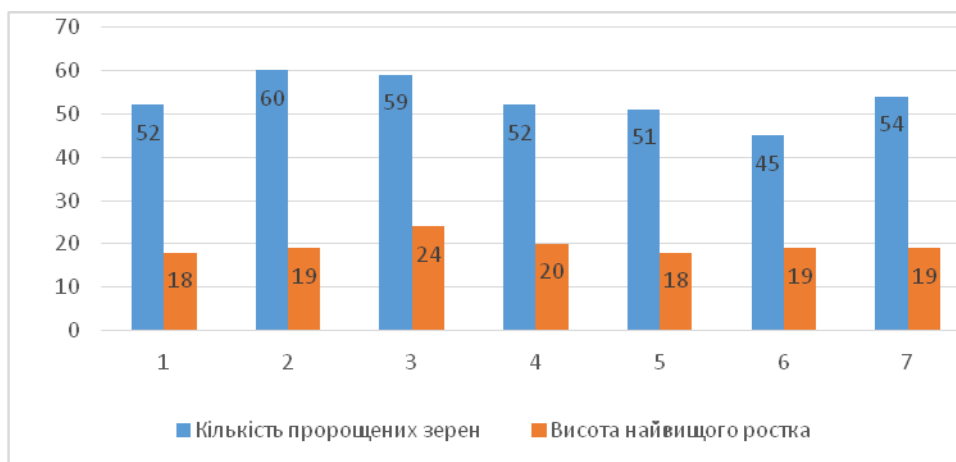


Рис. 2. Результати лабораторних експериментів по пророщуванню пшениці

Результати дослідження впливу звукового опромінення на пророщування зерен ячменю. Для опромінення зерен ячменю була використана установка потужністю 700 Вт. По завершенню опромінення, приблизно через 6-7 годин у деяких зразків вже пробілися ростки, але через декілька днів тенденція росту вирівнялась. Як і в експериментах з пшеницею після обробки ультразвуком зразки були поміщені в окремі посудини без ґрунту та добрив. Щодня відбувалося змочення зерен водою, щоб уникнути загнивання коренів та появи грибку полив було вирішено не використовувати. зразки отримували ту кількість води, яка втримувалась на поверхні коренів та зерен. Через 6 днів вже можна було помітити певну різницю в зразках та зробити перші висновки. Контрольний зразок, при достатній кількості сонячного світла, мав достатньо сильну кореневу

систему та високу кількість пророщених зерен. В умовах недостатньої кількості сонячного світла контрольний зразок показав результати пророщення – 30-38% (рис. 3).

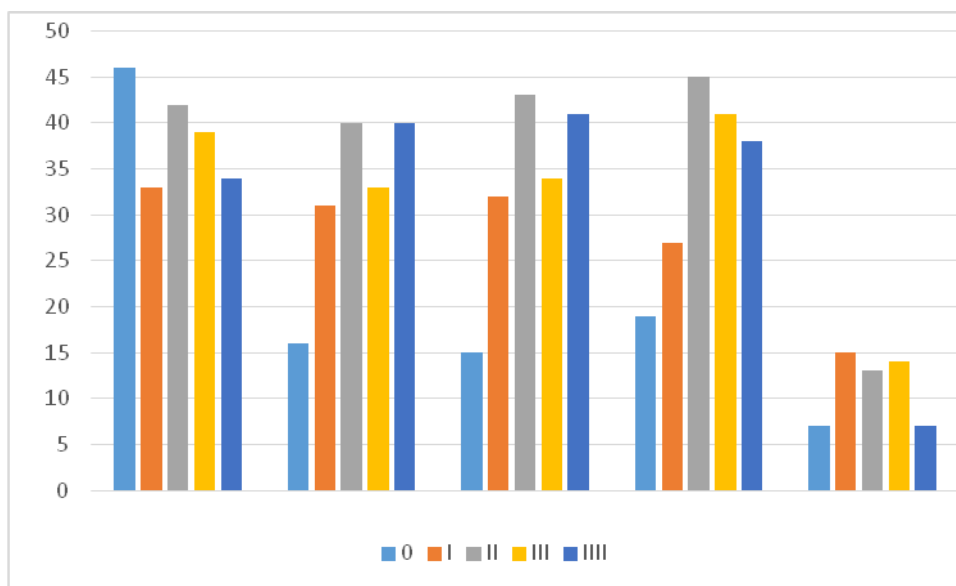


Рис. 3. Гістограма результатів лабораторних експериментів по пророщуванню ячменю

На момент завершення експерименту по дослідженню пророщення ячменю зразки показали різні результати, але зразок з обробкою в 10 хвилин, на фоні інших, мав лідуючу позицію. Далі наведена табл. 1 з результатами експериментів по виявленню закономірності в пророщуванні оброблених зерен.

Таблиця 1

Загальні результати лабораторних експериментів по пророщуванню ячменю

	Кількість пророщених зерен				
0	46	16	15	19	7
I	33	31	32	27	15
II	42	40	43	45	13
III	39	33	34	41	14
IV	34	40	41	38	7

Найбільші показники пророщування зерен показала обробка в 10 хвилин – 80-90%, що представлено в табл. 2.

Температура середовища, в якому відбувалося пророщення ~24 С.

Результати лабораторних експериментів по пророщуванню ячменю, які проводились в термін із 11.12.17 по 25.12.17 наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати лабораторних експериментів по пророщуванню ячменю

Відсоткове відношення пророщуванності зерен ячменю (11.12.17-25.12.17)			
Контрольний зразок (0)	0,3	0,38	0,32
I	0,65	0,54	0,62
II	0,86	0,9	0,8
III	0,68	0,82	0,66
III	0,82	0,77	0,8

Обговорення результатів впливу звукового випромінювання на пророщення зерен пшениці та ячменю. Проведені експериментальні дослідження обробки зерна пшениці та ячменю ультразвуковим випромінюванням з подальшим пророщуванням.

Експерименти показали можливість прискорення пророщування зерен пшениці та ячменю в разі ультразвукового опромінення. 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. Найбільші якісні і кількісні показники спостерігаються при опроміненні ультразвуком потужністю 300 Вт, частотою 36 кГц протягом 20 хвилин; потужністю 700 Вт, частотою 36 кГц протягом 10 хвилин.

Висновки

- експериментально, підтверджено позитивну дію ультразвукового опромінення певної частоти на ріст та розвиток зерен пшениці та ячменю.

- в результаті експериментів встановлено, що для досягнення позитивного впливу ультразвуковим опроміненням на ріст та розвиток зерен пшениці та ячменю тривалість обробки зерна, необхідно вибирати в залежності від частоти ультразвуку та потужності випромінювача.

Література

1. AgriSurvey. Агропродовольчий спектр України – 2014: Персональний зріз. – 2014 р. – 118 с.
2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ucab.ua/files/Survey/Largest_Agriholdings/Holdings_2016%20_demo.pdf
3. Alberto Claudio Miano Pastor, Victor Augusto Forti, Haynna Fernandes Abud, Francisco Guilhien Gomes-Junior, Silvio Moure Cicero, Pedro E. D. Augusto. Effect of ultrasound technology on barley seed germination and vigour. June 2015. Seed Science and Technology 43(2). DOI: 10.15258/sst.2015.43.2.10.
4. Thitiporn Machikowa, Thanawit Kulrattanak, Sodchol Wonprasaid. Effects of Ultrasonic Treatment on Germination of Synthetic Sunflower Seeds. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering. - Vol. 7. - No. 1. - 2013. - P. 1-3.
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. Kai Ying Chiu, Jih Min Sung. . Use of ultrasonication to enhance pea seed germination and microbial quality of pea sprouts. International Journal of Food Science & Technology 49(7). December 2013. DOI: 10.1111/ijfs.12476. - P. 1699-1706.

7. Nazari M, Sharififar A, Asghari HR. Medicago scutellata seed dormancy breaking by ultrasonic waves. *Plant Breeding and Seed Science* 69(1). - 2015. - P. 15-24. DOI: <https://doi.org/10.1515/plass-2015-0002>.
8. Sharififar A, Nazari M, Asghari HR (2015) Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Atriplex lentiformis*, *Cuminum cyminum*, and *Zygophyllum eurypterum*. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 2(3). - 2015. - P. 102-104. doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.05.003
9. Meisam Nazari, Amin Sharififar, Hamid Reza Asghari. *Medicago Scutellata Seed Dormancy Breaking by Ultrasonic Waves* (December 2014). Volume 69: Issue 1. 03 Mar 2015. Page Count: 15–24. DOI: <https://doi.org/10.1515/plass-2015-0002>.
10. Haiyan Ran, Liyan Yang, Yanling Cao. Ultrasound on Seedling Growth of Wheat under Drought Stress Effects. *Agricultural Sciences*. Vol. 06, No.07(2015), Article ID: 57917, 5 pages [10.4236/as.2015.67064](https://doi.org/10.4236/as.2015.67064).
11. Мельник В.М., Карачун В.В., Форостянко В.С. Дистанційне управління тепломасообміном в біореакторах на резонансому рівні / *Multidisciplinary International scientific journal "Internauka"*. - 2016. - № 6. - Т.1. - С. 56-61.
12. Мельник В.М., Ружинська Л.І., Андрук М.М. Ультразвукова дезінтеграція рослинної сировини в технології отримання каротиноїдів / *Multidisciplinary International scientific journal "Internauka"*. - 2017. - №18. - С. 89-94.