

ADAM TOMASZEWSKI, ELŻBIETA WERYSZKO

## WPLYW RÓŻNYCH ZAKRESÓW SŁYSZALNYCH CZĘSTOTLIWOŚCI DŹWIĘKÓW CIĄGLYCH NA ORGANIZMY ROŚLINNE

Od początków naszego stulecia datują się badania dotyczące wrażliwości organizmów na słyszalne zakresy dźwięków (o częstotliwościach od 20 Hz do 20 kHz). Początkowo obiekt badań stanowiły organizmy zwierzęce, m. in. pierwotniaki, robaki, owady, (Romanow 1972), u których stwierdzono wyraźną reakcję, szczególnie na dozowane niższe zakresy częstotliwości słyszalnych. Do wyjaśnienia istoty tych zjawisk zmierzają prace prowadzone w radzieckich laboratoriach od 1947 roku. Mają one na celu określenie sposobu i stopnia reagowania różnych tkanek i struktur komórkowych na dobrane zakresy częstotliwości fal dźwiękowych.

Znacznie później rozpoczęto prowadzenie badań, dotyczących wrażliwości na dźwięki słyszalne, na materiale roślinnym. W Indiach, St. Zjednoczonych, Kanadzie i Związku Radzieckim prowadzone są badania nad wpływem dźwięków na wzrost, różne fazy rozwojowe i przebieg podstawowych procesów życiowych u roślin. Pierwsze obserwacje dotyczyły kiełkowania nasion, tempa wzrostu, kwitnienia i plonowania roślin w uprawach szklarniowych i polowych. Badania dalsze odnosiły się do produktywności fotosyntezy, intensywności oddychania i transpiracji a także zmian anatomicznych, cytologicznych i biochemicznych (Rangaswami 1960, Nagathna 1962). Stymulacyjne działanie dźwięków słyszalnych na rośliny stwierdził po raz pierwszy Singh (1953). Na podstawie obserwacji mikroskopowych podaje on, że w komórkach *Hydrilla verticillata* Presl. poddanych działaniu dźwięków następuje przyspieszenie ruchu cytoplazmy. Z innych eksperymentów tego autora wynika (Singh 1954), że dźwięki wywołane grą na skrzypcach, dozowane przez 25 min. dziennie powodują intensywniejszy wzrost *Mimosa pudica* L. przejawiający się zwiększeniem wysokości roślin o 50% i zwiększeniem liczby liści. W pracy tej autor podaje również, że doświadczenia rozszerzono na inne rośliny. Objęte nim obiekty należące do gatunków: *Desmodium gyrans* DC., *Impatiens balsamina* L. i *Tagetes erecta* L. wykazały również zwiększenie wzrostu i liczby liści. Singh i Ponniah (1962) otrzymali istotne zwiększenie wysokości roślin ozdobnych w przypadku, gdy wibracje przekazywane były przez podłoże. Źródłem wibracji był elektryczny motor, którego drgania

oddziaływały przez betonowe podłoże na uprawiane w doniczkach rośliny. Wzrost badanych roślin był znacznie intensywniejszy niż kontrolnych: *Petunia* o 33%, *Eupatorium* o 50%, *Aster* o 50%. W drugiej serii doświadczeń, badanym obiektem była *Tagetes erecta*. L. Oddziaływano na tę roślinę drganiem podłoża powstającymi w wyniku tańca wokół badanego obiektu. Autorzy tego doświadczenia podają, że eksperymentalne rośliny w porównaniu z materiałem kontrolnym wykazywały wzmożony wzrost o 64%. Ponadto wszystkie pobudzone w ten sposób rośliny rozpoczynały kwitnienie wcześniej o 14 dni. Hicks w publikacji z 1963 roku opisuje kilka eksperymentów przeprowadzanych przez Smith'a, który stosował nadźwiękawianie roślin (kukurydza, soja) uprawianych w szklarniach, a w innej serii doświadczeń nadźwiękawianie poletek kukurydzy. W szklarniach działano wzmocnioną muzyką z płyt gramofonowych. Jako wynik tego doświadczenia autor podaje wzrost ciężaru części nadziemnych roślin kukurydzy o ok. 43%, a soi o ok. 26,5%. Rośliny doświadczalne odróżniały się od kontrolnych lepszym rozkrzewieniem, intensywniejszą zieloną barwą, grubszymi i twardszymi łodygami. W następnej serii doświadczeń stosowano nadźwiękawianie poletek kukurydzy muzyką i dźwiękami ciągłymi o częstotliwości 1800 Hz i 450 Hz. Wszystkie doświadczalne poletka wykazały wyższą plonowość w porównaniu z kontrolą. Najintensywniejszy wzrost plonu (o 17,3%) zaznaczył się w wyniku stosowania dźwięków o częstotliwości 450 Hz. Znaczne zwiększenie plonów kilku odmian ryżu w wyniku oddziaływania muzyki opisuje szereg autorów hinduskich. Nadźwiękawianie stosowali oni codziennie rano przez 0,5 godz. Purushothaman (1960) uzyskał zwiększenie plonu trzech określonych odmian ryżu o 22—58%. Singh i Gnanam (1965) opisują wyższą plonowość, która stanowi wynik czteroletnich badań na trzech innych odmianach ryżu. Przeciętnie w poszczególnych latach wzrost ten kształtuje się następująco: o 52%, 60%, 42% i 36%. Analizując zmiany powstające pod wpływem muzyki w roślinach jeszcze innej odmiany ryżu, Singh (1965) stwierdził, że rośliny doświadczalne różnią się wysokością (o 32%) jak też intensywniejszym krzewieniem (o 40%). Wszyscy wymienieni autorzy, prowadzący badania na roślinach należących do różnych odmian ryżu, opisują też wcześniejsze zakwitanie roślin doświadczalnych.

Od szeregu lat prowadzone są badania nad wpływem ultradźwięków na nasiona i ich kiełkowanie, jak też na wzrost i rozwój roślin. Liczne prace dotyczą wpływu ultradźwięków na przyspieszenie kiełkowania nasion roślin drzewiastych (Kozubow i Ganiuszka 1964, Timonin 1966). Na uwagę zasługują badania Lisenkowa (1966). Podaje on w oparciu o wyniki własne i innych autorów, że pewne dawki ultradźwięków stosowane w przedsięwziętej obróbce nasion działają stymulująco na procesy kiełkowania. Niewielkie jednak ich przekroczenie wywołuje negatywne skutki, prowadzące do zmniejszenia siły kiełkowania. W związku z tym rozpoczął eksperymenty porównawcze, stosując ultradźwięki i dźwięki o niższych częstotliwościach (dźwięki słyszalne) w celu podwyższenia tempa kiełkowania. W badaniach swoich, których obiektem były nasiona modrzewia syberyjskiego i kłonu jesionolistnego, zastosował trzy warianty oddziaływania na suche i mokre nasiona przed kiełkowaniem:

a) ultradźwiękami o częstotliwości 1000 kHz

- b) dźwiękami słyszalnymi o częstotliwości 100 Hz  
 c) w drodze moczenia nasion w wodzie poddanej uprzednio nadźwiękowieniu wymienionymi częstotliwościami.

Znacznie lepsze rezultaty, przy użyciu nasion suchych, dało stosowanie dźwięków słyszalnych oraz nadźwiękowanej wody niż w tej serii doświadczeń, w której stosowano wyłącznie ultradźwięki. Gdy ultradźwięki podwyższały liczbę kiełkujących nasion o ok. 50% w porównaniu z kontrolą, dźwięki ciągłe podnosiły tę liczbę o ok. 105%. Specjalnie interesujące wyniki uzyskano przez stosowanie wyłącznie nadźwiękowania wody, w której następnie moczone były nasiona przed późniejszym kiełkowaniem w naturalnych warunkach gruntowych. Woda nadźwiękowiona częstotliwością 100 Hz spowodowała wzrost liczby kiełkujących nasion o 118%. Jednakże efekt ten występował tylko wtedy, gdy użyta w doświadczeniu woda przechowywana była nie dłużej niż 0,5—1 godz. od momentu nadźwiękowania. Ponadto Lisenkow podaje, że siewki, które wyrosły z nasion poddanych działaniu dźwięków, ultradźwięków i nadźwiękowanej wody, w ciągu pierwszych trzech lat odznaczały się zwiększoną mrozoodpornością i szybszym wzrostem. Weinberger i Measures (1968) badali wpływ dwu częstotliwości dźwięków (12 kHz i 5 kHz) na kiełkowanie i wzrost siewek pszenicy jarej (po 1 tygodniu jarowizacji w temp. 2°C) i ozimej (po 4 tygodniach jarowizacji w temp. 2°C). Okazało się, że stymulacyjne działanie dźwięków zaznaczyło się w niższych temp. 2° i 10°C. Wyraźne zwiększenie tempa kiełkowania wystąpiło u pszenicy jarej przy obu stosowanych częstotliwościach. U pszenicy ozimej wystąpiły minimalne, w porównaniu z kontrolą, różnice pod względem tempa kiełkowania. Zaznaczył się tu natomiast wzmoczony wzrost roślin w następnych etapach rozwoju (do 8 tyg.). Aktywniej działała częstotliwość 5 kHz powodując przeciętnie ponad trzykrotne zwiększenie świeżej i suchej masy roślin po 4 tygodniach wzrostu. Po 8 tygodniach natomiast zaznaczyło się już tylko dwukrotne zwiększenie masy roślin. W pracy tej autorzy stosowali działanie dźwięków w trojaki sposób: tylko w okresie ochłodzenia (jarowizacja); w okresie ochłodzenia, kiełkowania i wzrostu; i tylko w okresie kiełkowania i wzrostu, po jarowizacji.

Kontynuacja badań nad tą samą odmianą pszenicy jarej (Measures i Weinberger 1970) przy przedłużeniu okresu ochłodzenia (2°C) do 4 tygodni, dała podobne wyniki przy działaniu dźwiękami o częstotliwości 5 kHz jak w pracy poprzedniej u pszenicy ozimej (po 8 tyg. ponad dwukrotny wzrost masy roślin). Przy następnej stosowanej częstotliwości 300 Hz wystąpiła pewna intensyfikacja wzrostu, natomiast pod działaniem częstotliwości 12 kHz i 1250 Hz, wyniki nie różniły się w sposób istotny od kontroli. W tej serii badań nadźwiękawiano nasiona tylko w okresie jarowizacji. Rangaswami (1960) stwierdził, że dźwięki pobudzają cytoplazmę komórek roślinnych do większej aktywności, której rezultatem mogą być częstsze i szybsze podziały jąder. Przy działaniu na rośliny dźwiękami o częstotliwości 100 Hz zaobserwował w stożkach wzrostu korzeni *Ipomea batatas* (L.) Poir. zwiększenie liczby dzielących się komórek z 5% do 43%, a u *Urginea indica* Kunth. z 12% do 31%. Ten sam autor podaje, że u badanych roślin z rodzajów *Mimosa*, *Impatiens*, *Desmodium* i *Ipomea* zauważono pewne zmiany histologiczne. W epidermie i miększym palisadowym tych roślin stwierdzono występowanie komórek o większych roz-

miarach niż w obiektach kontrolnych. W przypadku *Ipomea batatas* określono, że liczba i światło naczyń ksylemu w korzeniach roślin poddawanych działaniu dźwięków były większe w porównaniu z kontrolą.

Szereg autorów podaje wyniki badań nad wpływem dźwięków słyszalnych na produktywność fotosyntezy. Singh (1959) doświadczalnie stwierdził, że dźwięk elektrycznego dzwonka powoduje zwiększenie ilości wydzielanego tlenu u *Hydrilla verticillata* o 60%. Następne eksperymenty przy zastosowaniu tego samego źródła dźwięków prowadziły do równie interesujących wyników. Gnanam (1959) otrzymał zwiększenie ilości wydzielonego tlenu u *Spirogyra* o 60%, Panniselvam (1960) u *Chara* również o 60%. Na szczególną uwagę zasługują dane zawarte w pracy Raghavan'a (1961). Przy działaniu dźwiękami ciągłymi na *Lagarosiphon roxburgii* uzyskał on zwiększenie ilości wydzielającego się w czasie fotosyntezy tlenu o 76%, a przy zastosowaniu dźwięków przerywanych aż o 233%. Nagarathna (1962) podjął badania zmierzające do wykazania wpływu dźwięków na przebieg fotosyntezy u trzech gatunków wodnych roślin wyższych. Wszystkie poddane eksperymentom rośliny zareagowały zwiększeniem ilości wydzielanego tlenu. U *Ceratophyllum demersum* L. wzrost ten osiągnął wartość 47%, u *Najas indica* Cham. 65%, a u *Vallisneria* 85%. Generator dźwięków emitował w tym przypadku fale o częstotliwości 92 Hz przez 0,5 godziny dziennie. Rajaraman (1965) stosując dźwięki o częstotliwości 100 Hz otrzymał u zielenicy *Pithophora* przeciętny wzrost ilości wydzielanego tlenu w czasie fotosyntezy o 71%, a maksymalny o 138%.

Powyższe wyniki nasuwają wniosek, że fale dźwiękowe mogą aktywizować procesy metabolizmu u roślin. Na podstawie omówionych badań można też przypuszczać, że wyniki prac dotychczasowych i następnych znajdą zastosowanie praktyczne w prowadzeniu upraw szklarniowych czy też polowych w miarę bliższego poznawania podatności określonych grup roślin w różnych stadiach rozwojowych na dobrane aktywne zakresy częstotliwości dźwięków. Większe zróżnicowanie zaznacza się przy rozpatrywaniu wyników badań dokonanych na organizmach zwierzęcych. Eksperymentem objęto większy zakres częstotliwości dźwięków słyszalnych. Umożliwiło to określenie częstotliwości działających stymulująco, jak też wywierających ujemny wpływ na badane obiekty. Badania te dotyczyły m. in. wpływu dźwięków na kurczliwość i barwliwość mięśni (Nasonow i Rawdonik 1947), barwliwość komórek różnych tkanek zwierzęcych (Nasonow i Rozenal 1950, Nasonow 1959) oraz różne procesy biochemiczne (Romanow i Arciszewskaja 1968; Romanow, Arciszewskaja i Mużejew 1969, Romanow 1972). W przytoczonych badaniach maksymalny efekt uzyskiwano stosując dźwięki o częstotliwości 2000—3000 Hz. Wnosić należy, że dalsze badania wyjaśnią mechanizm działania dźwięków na tkanki i struktury komórkowe organizmów roślinnych i zwierzęcych, czego nie zdołano dotychczas dokonać, mimo licznych prób. Znamienne są wypowiedzi Romanowa (1972), wg których biologiczny efekt działania dźwięków o niskich częstotliwościach jest wynikiem mechanicznego rezonansu w strukturach żywych komórek, który powstaje tylko przy ściśle określonych częstotliwościach dla danej struktury. Rysują się w związku z tym perspektywy interesujących badań, m. in.

cytologicznych, które być może umożliwią wybiórcze działanie określonymi dźwiękami na komórkę, prowadzące do zmian aktywności mitotycznej, zmian w aparacie genetycznym czy też w odporności tkanek.

*Instytut Przyrodniczych Podstaw Produkcji Roślinnej Akademii Rolniczej, Lublin*

#### LITERATURA

- Gnanam A., 1959. *On the Activation of Photosynthesis in Spirogyra by Sound Waves of Electric Bell*. Proc. Intern. Symp. Algology: 144—146.
- Hicks., 1963. *Growing Corn to Music*. Popular Mechanics 119: 118—121, 183.
- Kozubow G. M., Ganiuszka L. G., 1964. *Wlijanie ultrazwuka na siemena drewnianych i kustarnikowych porod*. Bot. Żurn. 49/7—12/: 957—965.
- Lisenkow A. F., 1966. *Effect of Sound-treated Water on Seeds of Woody Plants*. Fizjol. rastenij 13/4/: 728—729.
- Measures M., Weinberger P., 1970. *The Effect of Four Audible Sound Frequencies on the Growth of Marquis Spring Wheat*. Can. J. Bot. 48/3/: 659—662.
- Nagarathna K. H., 1962. *Studies on the Effect of Sound Waves on the Carbon Assimilation of Certain Hydrophytic Angiospermic Plants*. J. Annamalai Univ. 24: 52—85.
- Nasonow D. N., 1959. *Miestnaja reakcija protoplazmy i rasprostranajajuszczesja wozbuźdzenie*. Izd. Akad. Nauk SSSR. Moskwa—Leningrad, 32—41.
- Nasonow D. N., Rawdonik K. S., 1947. *Reakcija izolirovannyh popiereczno polosatych myszc ljaszki na slyszimye zwuki*: Fizjol. Żurn. SSSR 33/5/: 569—580.
- Nasonow D. N., Rozenal D., 1950. *Prjamoje wlijanie slyszimych zwukow na epitelii pociecznych kanalczew ljaszki*. Dokl. A. N. SSSR. 71/6/: 1163—1167.
- Panniselvam S., 1960. *On the Effect of Sound Waves on Carbon Assimilation of Chara*. Proc. Ind. Sci. Cong. p. 392.
- Purushothaman G., 1960. *Experiments on Paddy in Relation to Musical Sounds*. Department of Agriculture, Pondicherry p. 36.
- Raghavan R., 1961. *On the Activation of Intermittent Sound on Carbon Assimilation of Lagarosiphon roxburgii Benth*. Proc. Ind. Sci. Cong. p. 339.
- Rajaraman R., 1965. *Studies on the Effect of Sound Waves on the Carbon Assimilation of Certain Algae*. J. Annamalai. Univ. 26: 32—55.
- Rangaswami Ayyangar K., 1960. *A Note on the Effect of Sound Vibrations of Tuning Fork on the Mitosis in Ipomea batatas and Urginea indica*. Kunth. J. Annamalai Univ. 22: 83—86.
- Romanow S. N., 1972. *Niekotoryje perspektiwy issledowanij biologičeskogo diejstwija nizekczastotnych mechaniczskich kolebanij (wibracii)*. Citologija, 14 (2): 150—157.
- Romanow S. N., Arciszewska R. A., 1968. *Zawisimost' efekta biologičeskogo diejstwija wibracii ot czastoty i uskorenija*. Biofizika 13 (6): 1054—1057.
- Romanow S. N., Arciszewska R. A., Mużejew W. A., 1969. *Izmenienie fermentatiwnoj aktiwnosti miozina pod wlijanie nizekczastnoj mechaniczskoj wibracii*. Biofizika 14 (2): 233—239.
- Singh T. C. N., 1959. *On the Activation of Photosynthesis in Hydrilla verticillata Presl. By Sound Waves of an Electric Bell*. Proc. IX. International Bot. Cong. (Montreal): 363—364.
- Singh T. C. N., 1965. *On the Growth and Tillering in Paddy Variety Patambi under the Irradiation of Musical Sound*. J. Annamalai Univ. 26: 100—103.
- Singh T. C. N., Gnanam S. A., 1965. *Studies on the Effect of Sound Waves of Nadeshwaram on the Growth and Yield of Paddy*. J. Annamalai Univ. 16: 78—99.

- Singh T. C. N., Ponniah S., 1953. *On the Effect of Sound on Protoplasmic Streaming in the Cells of Hydrilla verticillata* Presl. Proc. Ind. Sci. Cong. 119—121.
- Singh T. C. N., Ponniah S., 1954. *On the Effect of Musical Sound of Violin on the Growth of Mimosa pudica L.* Rappt. Commun. VIII-e Cong. Intern. Botan. Paris, Sect. II, 195—196.
- Singh T. C. N., Ponniah S., 1962. *On the Effect of Sound Percussions Transmitted through the Earth on the Growth and Reproductive Phases of Certain Ornamental Flowering Plants.* Advances in Horticult. Sci., 2: 429—439.
- Timonin M. I., 1966. *Effect of Ultrasound on the Germination of White Spruce and Jack Pine Seeds.* Can. J. Bot. 44: 113—115.
- Weinberger P., Measures M., 1968. *The Effect of Two Audible Sound Frequencies on the Germination and Growth of a Spring and Winter Wheat.* Can. J. Bot., 46: 1151—1158.