Wpływ kliku częstotliwości słyszalnych dźwięków ciągłych na wzrost siewek pszenicy (*Triticum aestivum* L.) odmiany Urbanka

ELŻBIETA WERYSZKO - CHMIELEWSKA

Zakład Botaniki, Instytut Przyrodniczych Podstaw Produkcji Roślinnej, Akademia Rolnicza,
ul. Akademicka 15, 20-954 Lublin

Elżbieta Weryszko-Chmielewska (*Department of Botany, Institute of Natural Principles of Plant Production, Agricultural Academy, Akademicka 15, 20-934 Lublin, Poland*). Acta Agrobotanica 43 (1, 2): 37-51, 1990. *The effect of some frequencies of audible continuous sounds on the growth of seedlings of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Urbanka.*

(Otrzymano dn. 12.04.1989)

A b s t r a c t

The effect of eight frequencies of audible continuous sounds (100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz) on the growth of seedlings of spring wheat cv. Urbanka was investigated. Intensity of sounds was 90 dB. The experiment was carried out at 10°C and 15°C temperatures. Length of shoots and roots and their fresh and dry weights was measured. It was confirmed that the response of plants on sounds was dependent on their age and surroundings temperature. More strong positive reaction of shoots and roots step out at 10°C, particularly on lower frequencies: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz and 2500 Hz. At 15°C stimulated activity of sounds was stated only on weight of roots. It showed higher sound frequencies: 3000 Hz, 3500 Hz and 4000 Hz. At 4000 Hz the increase of roots length was also found. Some frequencies influenced in different way on shoots and roots of experimental plants, for example 4000 Hz at 15°C stimulated growth of roots and repressed growth of shoots. At 10°C by 4000 Hz the strongest inhibition of roots and shoots growth and decrease their fresh and dry weights was stated. The way of plants on definite sound frequencies may be the result of weaker or stronger resonans in cell structures of respective tissues in shoots and roots, different in their anatomy structure.

WSTĘP

Z wielu doniesień wynika, że dźwięki słyszalne, w tym oddziaływanie muzyki, wywołują stymulację różnych procesów życiowych u roślin (Singh i Ponniah, 1954; Hicks, 1963; Weinberger i Measures 1968, 1979; Measures i Weinberger, 1970; Weinberger i Graefe, 1973; Tomaszewski i Weryszko, 1976; Tomaszewski i in., 1986). W niewielu pracach stwierdzono, że określone częstotliwości dźwięków mogą hamować podziały komórkowe (Weinberger i Das, 1972) i wzrost roślin (Tomaszewski i Weryszko, 1976; Tomaszewski i in., 1986).

W wyniku wcześniejszych badań zaobserwowaliśmy, że reakcja pszenicy na stosowane częstotliwości dźwięków uzależniona jest od odmiany i temperatury, a w wielu przypadkach korzenie reagowały inaczej niż pędy eksperymentalnych roślin. Dotychczasowe próby określenia aktywnych w stosunku do pszenicy częstotliwości dźwięków nie przyniosły jednoznacznych wyników. Dlatego też prowadzono kontynuację badań rozszerzając je na kolejną odmianę pszenicy w celu poznania reakcji doświadczalnych roślin na 8 różnych częstotliwości dźwięków zastosowanych przy dwóch temperaturach (10°C i 15°C). Z wcześniej prowadzonych obserwacji wiadomo, że większa aktywność dźwięków w stosunku do badanych roślin przejawia się w niższych temperaturach: Weinberger i Measures (1986) — 2°C i 10°C, Tomaszewski i Weryszko (1976) — 10°C. Porównano wyniki pracy obecnej i badań poprzednich przeprowadzonych przez autorkę, dotyczących reakcji pszenicy na dźwięki słyszalne.

MATERIAŁ I METODY

Badano wpływ dźwięków ciągłych na wzrost siewek pszenicy (*Triticum aestivum* L.) odmiany Urbanka (jara). Działaniu dźwięków poddawano po 200 roślin przy każdej częstotliwości i dwóch różnych temperaturach: 10°C i 15°C. Rośliny kiełkowały i rosły w obecności dźwięków przez 14 dni. W serii kontrolnej nie wprowadzono emisji dźwięków.

Zastosowano dźwięki o natężeniu 90 dB i następujących częstotliwościach: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz. Emiterem dźwięków był szerokopasmowy głośnik GDS 30/10, 15Ω, 10 W zasilany przez generator dźwięków Tesla BM 365 V, za pośrednictwem wzmacniacza typu Meloman-25. Poziom natężenia dźwięków kontrolowano przy zastosowaniu

mikrofonu piezoelektrycznego Tonsil sprzężonego z wzmacniaczem typu Meloman oraz miernikiem wielozakresowym. Układ kontrolujący wyskalowano przy użyciu precyzyjnego miernika poziomu ciśnienia akustycznego typu 2203 produkcji duńskiej wg norm IEC R 179, IEC R 123 z filtrami 1613, 1616 z mikrofonem pojemnościowym typu 4145. Zakres pomiaru 19-140 dB i 10 Hz -18 kHz.

Wykonano pomiary długości pędów i korzeni oraz badano świeżą i suchą masę tych organów w trzech terminach: po 6, 9 i 14 dniach doświadczenia. Do obliczeń statystycznych zastosowano metodę analizy wariancji dla potrójnej klasyfikacji krzyżowej. W przypadku istotnych różnic, średnie porównywano przy pomocy wielokrotnych przedziałów ufności Tukeya z 5-procentowym ryzykiem błędu.

WYNIKI

Długość pędów

W temperaturze 10°C większość zastosowanych częstotliwości dźwięków stymulowała wzrost pędów badanej pszenicy: 1500 Hz, 1000 Hz, 100 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz (rys. 1). Dźwięki o częstotliwości 1500 Hz, które oddziaływały najaktywniej, spowodowały po 14 dniach zwiększenie długości pędu o 23,7 % w stosunku do kontroli. Wyjątkowo silne działanie inhibicyjne wystąpiło przy częstotliwości 4000 Hz, przy której rośliny były niższe po 14 dniach o 67 %. Znacznie słabszą inhibicję wzrostu wywołały częstotliwości 3500 Hz i 2500 Hz. Mniejsze różnice między średnimi długości pędów zaobserwowano w temperaturze 15°C (rys. 2). Niewielkie zwiększenie długości pędów notowano tylko przy częstotliwościach: 2000 Hz i 100 Hz.

Z przeprowadzonych badań wynika, że większą podatność na działanie dźwięków wykazują rośliny rosnące przy temperaturze 10°C niż przy 15°C. Potwierdzeniem tego faktu są wyniki obliczeń statystycznych, które wskazują na interakcję między częstotliwością dźwięków a temperaturą. W wyniku analizy statystycznej stwierdzono również (z 0,01 ryzykiem błędu), że istotne są różnice między średnimi długości pędu, uzyskanymi przy poszczególnych częstotliwościach dźwięków (tab. 1).

Długość korzeni

Przy temperaturze 10°C notowano zmniejszenie długości korzeni przy wszystkich stosowanych częstotliwościach (rys. 3). Najaktywniej oddziaływały

dźwięki o częstotliwości 4000 Hz; w ich obecności długość korzeni uległa zmniejszeniu średnio o ok. 44 % w stosunku do kontroli.

Przy temperaturze 15°C częstotliwość 4000 Hz okazała się jedyną bardzo słabo stymulującą wzrost korzeni. Przy wszystkich pozostałych częstotliwościach nastąpiło hamowanie wzrostu tych organów (rys. 4).

Obliczenia statystyczne wykazały, że różnice między długością korzeni przy poszczególnych częstotliwościach są istotne (z 0,01 ryzykiem błędu). Średnie z uzyskanych wyników i półprzedziały ufności Tukeya zawiera tabela 1. W oparciu o obliczenia statystyczne stwierdzono również, że między temperaturą i częstotliwościami występuje istotna interakcja.

Świeża masa roślin

Zmiany w świeżej masie pędów i korzeni siewek pszenicy po oddziaływaniu dźwięków były w dużej mierze uzależnione od wieku roślin (rys. 5 i 6). W poszczególnych terminach pobierania materiału większość emitowanych częstotliwości dźwięków wywoływała słabszy lub mocniejszy efekt inhibicji (z wyjątkiem korzeni po 14 dniach, przy 10°C). Tylko niektóre częstotliwości wywoływały zmienność oddziaływania powodując, np. w przypadku 1000 Hz i 1500 Hz przy 10°C początkowo przyrost ich świeżej masy (6 dni), następnie obniżenie (9 dni) i ponowne zwiększenie (14 dni).

W temperaturze 10°C zwiększenie świeżej masy pędów wystąpiło przy częstotliwościach 1000 Hz (9 dni) oraz 1500 Hz (9 i 14 dni). Natomiast najwyraźniejsze zwiększenie suchej masy korzeni obserwowano po 14 dniach przy częstotliwościach 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz i 2500 Hz (rys. 5).

We wszystkich terminach badań przy 10°C częstotliwość 4000 Hz oddziaływała najsilniej w kierunku zmniejszania świeżej masy korzeni i pędów.

W temperaturze 15°C przy kilku częstotliwościach nastąpił niewielki wzrost świeżej masy korzeni: 2500 Hz, 3000 Hz i 3500 Hz (6 dni) oraz 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz (14 dni). Również przy 2500 Hz miała miejsce lekka stymulacja masy pędu (6 dni) (rys. 6).

Najbardziej hamująco na tworzenie świeżej masy korzeni pędów (przy 15°C) oddziaływały częstotliwości: 1000 Hz, 1500 Hz i 2000 Hz (po 6 i 9 dniach) oraz 100 Hz (po 6 dniach).

Istotne różnice między wartościami świeżej masy stwierdzono tylko w odniesieniu do pędu (tab. 1). Dotyczą one masy pędu roślin kontrolnych i uzyskanych przy 4000 Hz.

Sucha masa roślin

Z porównania uzyskanych danych wynika (rys. 5 i 6), że większe zmiany suchej masy roślin wystąpiły przy temperaturze 10°C niż 15°C . Po 14 dniach badań stwierdzono, że większość częstotliwości spowodowała wyraźne obniżenie wartości suchej masy pędów pszenicy badanej odmiany: 4000 Hz o 80,4 %, 2000 Hz o 62,7 %, 1000 Hz o 58,6 %, 3500 Hz o 53,8 %, 100 Hz o 51,8 % i 2500 Hz o 37,6 %. Jedynie przy częstotliwościach 1500 Hz i 3000 Hz zanotowano niewielkie zwiększenie suchej masy pędów (o 15 % i 13 %).

Największy wzrost suchej masy korzeni, po 14 dniach przy 10°C , obserwowano po emisji dźwięków o częstotliwościach: 3500 Hz o 56 %, 2500 Hz o 54 % i 3000 Hz o 51 %. Natomiast przy 4000 Hz nastąpiło wyraźne zmniejszenie masy korzeni we wszystkich badanych terminach.

Różnice statystycznie istotne wystąpiły tylko między wynikami dotyczącymi suchej masy korzeni (z 0,01 ryzykiem błędu), (tab. 1). W tym przypadku istotna okazała się również interakcja między częstotliwością i temperaturą.

Porównano wyniki dotyczące wpływu dźwięków na długość i masę korzeni oraz pędów po 14 dniach trwania doświadczenia (tab. 2).

Stwierdzono, że w temperaturze 10°C przy wszystkich częstotliwościach nastąpiło hamowanie wzrostu elongacyjnego korzeni przy równoczesnym zwiększeniu ich masy po emisji niektórych częstotliwości: 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz oraz 2500 Hz. Częstotliwość 1500 Hz spowodowała również wyraźny przyrost długości pędu oraz jego świeżej i suchej masy.

Przy temperaturze 15°C u roślin wystąpiło słabe działanie hamujące większości stosowanych częstotliwości dźwięków zarówno na wzrost pędu jak i korzeni. Jedynie przy częstotliwości 4000 Hz wystąpiła lekka stymulacja wzrostu korzeni, a przy 2000 Hz i 100 Hz niewielka stymulacja wzrostu pędu.

Znaczne zwiększenie świeżej i suchej masy korzeni zaznaczyło się przy 3000 Hz.

Z zestawionych danych wynika, że w temperaturze 10°C na wzrost roślin (korzenia i pędu) intensywniej oddziałują niższe częstotliwości dźwięków (1000, 1500, 2000 i 2500 Hz), a szczególnie zaznaczył się dodatni wpływ 1500 Hz.

Natomiast w temperaturze 15°C w pędach nie obserwowano wyraźnej reakcji, a korzenie okazały się bardziej podatne na wyższe częstotliwości (3000 Hz oraz 4000 Hz).

Tabela 1-Table 1

Średnie wartości badanych cech pszenicy odmiany Urbanka dla poszczególnych częstotliwości dźwięków i półprzedziały ufności Tukeya
 Average value of investigated features of wheat Urbanka variety for respectives sound frequencies and Tukey intervals of confidence

Częstotliwość Sound frequency (Hz)	Długość – Longht (mm)		Świeża masa pędu Fresh weight of shoots (g)	Sucha masa korzeni Dry weight of roots (g)
	korzeni – roots	pędów – shoots		
Kontrola	235,68 a *	53,17 a	0,05818 a	0,00502 a b c
100	202,01 b c d e	46,08 b c	0,04892 a b	0,00420 c
1000	213,28 b c	46,19 b c	0,04757 a b	0,00452 b c
1500	206,63 b c d	49,41 a b	0,05223 a b	0,00456 b c
2000	198,67 c d e	45,57 b c	0,04700 a b	0,00412 c
2500	190,30 e	43,32 c	0,03857 a b	0,00509 a b c
3000	215,41 b	43,14 c	0,04838 a b	0,00607 a
3500	234,96 a	43,88 c	0,04860 a b	0,00540 a b
4000	193,01 d e	30,95 d	0,03295 b	0,00439 b c
NRU $\alpha = 0,05$ P = 0,05	14,75	4,18	0,02198	0,00105

* - Wartości w poszczególnych kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się w sposób istotny

The dates in respectives columns denoted witch the same letter don't differ significantly

Tabela 2 – Table 2

Wpływ badanych częstotliwości dźwięków na wzrost elongacyjny oraz masę korzeni i pędów pszenicy odmiany Urbanka (po 14 dniach)

Influence of the investigated sound frequencies of the elongated growth and weight of roots and shoots of wheat Urbanka variety (after 14 days)

Badane cechy Investigated features	Temp.	Częstotliwość – Frequency							
		100	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
		(Hz)							
Długość korzeni Longht of roots	10°C	-	-	-	-	-	-	-	-
	15°C	-	-	-	-	-	-	-	+
Świeża masa korzeni Fresh weight of roots	10°C	+	+	+	+	+	-	-	-
	15°C	-	-	-	-	-	+	+	+
Sucha masa korzeni Dry weight of roots	10°C	-	+	+	+	+	+	+	-
	15°C	-	-	-	-	+	+	-	-
Długość pędu Lenght of shoot	10°C	+	+	+	+	-	+	-	-
	15°C	+	+	-	+	-	-	-	-
Świeża masa pędu Fresh weight of shoot	10°C	-	-	+	-	-	-	-	-
	15°C	-	-	-	-	-	-	-	-
Sucha masa pędu Dry weight of shoot	10°C	-	-	+	-	-	+	-	-
	15°C	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 3 – Table 3

Porównanie wyników badań nad oddziaływaniem częstotliwości 100 Hz i 1000 Hz na wzrost pędów i korzeni różnych odmian pszenicy (po 14 dniach)

The comparison of the studied results to the influence of the frequencies 100 Hz and 1000 Hz on the growth of shoots and roots various varieties of wheat (after 14 days)

Odmiana Variety	Publikacja wyników Publications	100 Hz				1000 Hz			
		pęd – shood		korzeń – root		pęd – shood		korzeń – root	
		10°C	15°C	10°C	15°C	10°C	15°C	10°C	15°C
Opolska	Tomaszewski A., Weryszko., 1976	-	+	-	+	-	-	-	-
Dańkowska	Tomaszewski A., Weryszko E., 1976	-	+	-	-	-	-	-	+
Biała	Tomaszewski A. i in., 1986	+	+	+	+	+	+	+	+
Dana	obecna – present	+	+	-	-	+	+	-	-
Urbanka		-	-	-	-	-	-	-	-

DYSKUSJA

W wyniku przeprowadzonego eksperymentu stwierdzono niejednakową reakcję wzrostową korzeni i pędów pszenicy odmiany Urbanka na poszczególne częstotliwości dźwięków. Wzrost pędu stymulowały po 14 dniach tylko niektóre z emitowanych częstotliwości (rys. 1, 2), natomiast na wzrost korzeni wszystkie oddziaływały inhibicyjnie, z wyjątkiem częstotliwości 4000 Hz w temperaturze 15°C (rys. 3, 4). W obu temperaturach (10°C i 15°C) wzrost pędu stymulowały częstotliwości 100 Hz, 1000 Hz i 2000 Hz, a w temperaturze 10°C oprócz wymienionych także 1500 Hz i 3000 Hz. Najsilniejszą stymulację wzrostu pędu obserwowano przy częstotliwości 1500 Hz (rys. 1). W obydwu temperaturach najbardziej hamowały wzrost pędu częstotliwości 4000 Hz oraz 2500 Hz (rys. 1, 2), a wzrost korzeni — 4000 Hz w temperaturze 10°C i 2500 Hz w temperaturze 15°C (rys. 4).

Rys. 1. Długość pędów pszenicy odmiany Urbanka poddanej działaniu dźwięków ciągłych o częstotliwościach: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz w temperaturze 10°C

Length of wheat shoots of Urbanka variety subject to the action of continuous sounds of the following frequencies: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz in 10°C of temperature

Rys. 2. Długość pędów pszenicy odmiany Urbanka poddanej działaniu dźwięków ciągłych o częstotliwościach: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz w temperaturze 15°C
Length of wheat shoots of Urbanka variety subject to the action of continuous sounds of the following frequencies: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz in 15°C of temperature

Rys. 3. Długość korzeni pszenicy odmiany Urbanka poddanej działaniu dźwięków ciągłych o częstotliwościach: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz w temperaturze 10°C
Length of wheat roots of Urbanka variety subject to the action of continuous sounds of the following frequencies: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz in 10°C of temperature

Rys. 4. Długość korzeni pszenicy odmiany Urbanka poddanej działaniu dźwięków ciągłych o częstotliwościach:

100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz w temperaturze 15°C

Length of wheat roots of Urbanka variety subject to the action of continuous sounds of the following frequencies: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz in 15°C of temperature

Rys. 5. Świeża i sucha masa korzeni i pędów pszenicy odmiany Urbanka traktowanej dźwiękami ciągłymi o częstotliwościach: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz w temperaturze 10°C

Fresh and dry weights of roots and shoots of wheat Urbanka variety treated with continuous sounds of the following frequencies: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz in 10°C of temperature.

Rys. 6. Świeża i sucha masa korzeni i pędów pszenicy odmiany Urbanka traktowanej dźwiękami ciągłymi o częstotliwościach: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz w temperaturze 15°C

Fresh and dry weights of roots and shoots of wheat Urbanka variety treated with continuous sounds of the following frequencies: 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz i 4000 Hz in 15°C of temperature.

Rośliny poddane działaniu dźwięków odznaczały się w większości przypadków mniejszą świeżą i suchą masą korzeni oraz pędów niż rośliny kontrolne. W temperaturze 10°C rośliny o większej świeżej masie pędu niż kontrolne uzyskano tylko przy 1500 Hz (po 9 i 14 dniach) oraz przy 1000 Hz (po 9 dniach).

Zwiększenie świeżej masy korzeni nastąpiło przy kilku częstotliwościach po 14 dniach: 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz i 2500 Hz (rys. 5). W temperaturze 15°C świeża masa pędu była przy wszystkich częstotliwościach niższa lub zbliżona do kontroli, a świeża masa korzeni osiągnęła nieco większe wartości niż u roślin kontrolnych przy 3000 Hz i 3500 Hz (po 6 i 14 dniach) oraz przy 2500 Hz (po 6 dniach) i przy 4000 Hz (po 14 dniach) (rys. 6).

Na uwagę zasługuje fakt zróżnicowanego oddziaływania częstotliwości 4000 Hz w temperaturze 15°C. Przy inhibicji wzrostu pędu następowała stymulacja wzrostu i zwiększenie świeżej masy korzeni pszenicy odmiany Urbanka. Podobną reakcję obserwowaliśmy w poprzednich pracach w odniesieniu do pszenicy odmiany Dana, również przy 4000 Hz i temperaturze 15°C (T o m a s z e w s k i i in., 1986) oraz przy częstotliwości 1000 Hz także przy 15°C w przypadku odmiany Dańkowska Biała (T o m a s z e w s k i i W e r y s z k o, 1976).

Przy porównaniu wyników badań nad dwiema różnymi odmianami pszenicy, poddanymi emisji dźwięków o takich samych częstotliwościach, zaobserwowaliśmy niejednakową podatność tych odmian na stosowane częstotliwości dźwięków. U odmiany Dana (T o m a s z e w s k i i in., 1986) wystąpiła reakcja dodatnia na większość częstotliwości, wyrażająca się znacznie intensywniejszą elongacją pędów i korzeni (w temp. 10°C i 15°C) oraz zwiększeniem ich świeżej masy (zwłaszcza przy 10°C). Natomiast u roślin odmiany Urbanka tylko niektóre częstotliwości wywołały stymulację wzrostu pędu, znacznie słabszą jednak niż u odmiany Dana, a wzrost korzeni był wyraźnie hamowany przy wszystkich częstotliwościach z wyjątkiem 4000 Hz, w temperaturze 15°C.

Na podstawie wyników z pracy obecnej i poprzedniej (T o m a s z e w s k i i in., 1986) częstotliwości 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz oraz 2000 Hz można określić jako oddziałujące (w większości przypadków) najbardziej stymulacyjnie: w temperaturze 10°C i 15°C — pędy odmian Dana i Urbanka, w temperaturze 10°C — korzenie odmiany Dana, a częstotliwość 4000 Hz jako działającą najbardziej inhibicyjnie: w temperaturze 10°C i 15°C — pędy odmian Dana i Urbanka, w temperaturze 10°C — korzenie odmian Dana i Urbanka. Hamujące działanie częstotliwości 4000 Hz obserwowali także W e i n b e r g e r i D a s (1972) przy badaniach tempa podziałów komórek glonów z rodzaju *Scenedesmus*.

Wpływ częstotliwości 100 Hz i 1000 Hz na inne odmiany pszenicy badaliśmy w poprzednich pracach. Wyniki tych prac i obecnej zestawiono w tabeli 3.

Z danych w niniejszym opracowaniu wynika, że po emisji dźwięków o częstotliwościach 100 Hz i 1000 Hz w temperaturze 10°C i 15°C nastąpiła stymulacja wzrostu pędu odmiany Urbanka z równoczesną inhibicją wzrostu korzeni. Jest to wynik zbliżony do uzyskanego przy częstotliwości 100 Hz w temperaturze 15°C w odniesieniu do odmiany Dańkowska Biała. Przeciwną reakcję pędu i korzeni tej odmiany stwierdzono przy temperaturze 15°C i częstotliwości 1000 Hz — w jej obecności pędy wykazały osłabiony wzrost, natomiast korzenie odznaczały się zwiększoną długością.

Odmiana Opolska wykazała zahamowanie wzrostu pędów i korzeni przy 100 Hz i temperaturze 10°C oraz przy 1000 Hz w obu temperaturach. Wzmożony wzrost tych organów nastąpił tylko przy częstotliwości 100 Hz w temperaturze 15°C.

Jeszcze inny efekt oddziaływania częstotliwości 100 Hz i 1000 Hz obserwowano u odmiany Dana. Przy tych częstotliwościach w obu temperaturach (10°C i 15°C) zaznaczyła się stymulacja wzrostu pędów i korzeni.

Podsumowując przedstawione w tabeli 3 wyniki można stwierdzić, że częstotliwości dźwięków 100 Hz i 1000 Hz oddziaływały niejednakowo na różne odmiany pszenicy, a także na poszczególne organy roślin (pęd i korzenie), powodując niekiedy stymulację wzrostu jednego z nich przy równoczesnej inhibicji drugiego. Działanie tych częstotliwości uzależnione było również od temperatury. Można wnioskować, że określone częstotliwości oddziałują w swoisty sposób na organizmy należące do różnych odmian w obrębie gatunku, a nawet na różne ich organy.

Podobną zależność obserwowali także inni autorzy (Measures i Weinberger, 1970; Weinberger i Measures, 1979). Stwierdzili różne reakcje dwóch odmian pszenicy na częstotliwość 300 Hz. Tylko u jednej z nich zaznaczyła się wyraźna stymulacja wzrostu. Również przy innych częstotliwościach zauważono, że sposób ich oddziaływania uzależniony był od temperatury. W kilku przypadkach wystąpiły znaczne różnice we wzroście i wytwarzanej masie organów, wiążące się ściśle z temperaturą: w temperaturze 10°C przy 4000 Hz wzrost korzeni odmiany Urbanka ulegał inhibicji, natomiast w temperaturze 15°C był stymulowany; przy 1500 Hz i 10°C sucha i świeża masa korzeni i pędów tej samej odmiany wzrosła, a przy 15°C była obniżona.

Weinberger i Graefe (1973) badali wpływ dźwięków pochodzących z utworów muzycznych na wzrost i rozwój kilku gatunków roślin uprawnych. Stwierdzili, że określona melodia grana na flecie wywołała najwyraźniejszą reakcję badanych roślin. U ogórka wystąpiło aż dwukrotne zwiększenie wysokości i masy pędu, nieco słabsza reakcja wystąpiła u owsa i kukurydzy.

Autorzy sugerują, że w odniesieniu do roślin może powszechnie występować aktywne spektrum w zakresie dźwięków słyszalnych, które dotychczas nie zostało odkryte. Wydaje się możliwe również, że rośliny należące do różnych odmian w obrębie gatunku mogą mieć swoje indywidualne, aktywne spektrum słyszalne uzależnione od temperatury, stymulujące lub hamujące ich wzrost i rozwój. W przypadku odmian pszenicy Dana i Urbanka w temperaturze 10°C część spektrum oddziaływującego dodatnio stanowią być może częstotliwości 100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz i 2000 Hz oraz o przeciwnym działaniu 4000 Hz. Oddziaływanie dźwięków na organizmy zwierzęce i roślinne według autorów różnych prac (Romanow i Arciszewska, 1968; Weinberger i Measures, 1968; Romanow, 1972) polega na wytwarzaniu wibracji w pewnych strukturach organizmu w wyniku rezonansu z określoną częstotliwością dźwięków. Efektem wibracji mogą być odkształcenia drgającej struktury oraz zakłócenia w jej funkcji. Podobny pogląd wyrażany jest przy interpretacji oddziaływania ultradźwięków na rośliny (Miller, 1983). Cytowany autor uważa, że w wypełnionych powietrzem przestworach międzykomórkowych roślin wyższych powstaje rezonans z częstotliwością 0,5-10 MHz, który powoduje wytwarzanie poprzecznych fal w ścianach komórkowych, co może być przyczyną zaburzeń w funkcjonowaniu komórek. Efekt oddziaływania uzależniony jest w dużej mierze od budowy ściany komórkowej i ciśnienia turgorowego.

Na podstawie wyników doświadczeń z pszenicą można wnosić, że sposób oddziaływania dźwięków o określonych częstotliwościach zależy od odmiany roślin, różnej reakcji ich organów (pęd, korzenie), wieku roślin i temperatury. Między odmianami, a także między budową korzeni i pędów tej samej rośliny występują różnice histologiczne i anatomiczne, od których może być uzależnione powstawanie rezonansu z określoną częstotliwością dźwięków lub jego brak.

Składam serdeczne podziękowanie Docentowi dr. Adamowi Tomaszewskiemu za wiele cennych wskazówek przekazanych w trakcie wykonywania niniejszej pracy.

Streszczenie

Badano wpływ ośmiu częstotliwości słyszalnych dźwięków ciągłych (100 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz) na wzrost siewek pszenicy jarej odmiany Urbanka. Natężenie dźwięków wynosiło 90 dB. Doświadczenie przeprowadzono przy 10°C i 15°C. Badano długość pędów i korzeni oraz świeżość i suchą masę tych organów. Stwierdzono, że reakcja roślin na dźwięki uzależniona jest od ich wieku i temperatury otoczenia. W temperaturze 10°C wystąpiła silniejsza reakcja dodatnia korzeni i pędów, zwłaszcza na niższe częstotliwości: 100 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz. Przy temperaturze 15°C stymulujące działanie,

tylko na masę korzeni, wykazywały dźwięki o wyższych częstotliwościach: 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz. Przy 4000 Hz nastąpiło również zwiększenie długości korzeni. Niektóre częstotliwości oddziaływały w różny sposób na pędy i korzenie badanych roślin, np. częstotliwość 4000 Hz przy 15°C stymulowała wzrost korzeni i hamowała wzrost pędu. W temperaturze 10°C przy 4000 Hz następowała najsilniejsza inhibicja wzrostu korzeni i pędów oraz zmniejszenie ich świeżej i suchej masy. Sposób reagowania roślin na określone częstotliwości dźwięków może być wynikiem słabszego lub silniejszego rezonansu powstającego w strukturach komórkowych poszczególnych tkanek korzeni i pędów, różniących się budową anatomiczną.

LITERATURA

- Hicks C. B., 1963. Growing Corn to Music. *Popular Mechanics* 119: 118-121, 183.
- 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.
- Miller D. L., 1983. The botanical effects of ultrasound: a review. *Environ. and Exp. Bot.* 23, 1: 1-27.
- Romanow S. N., 1972. Niektóre perspektywy issledowanij biologiczeskogo diejstwija nizkoczastotnyh mechanicznych kolebanij (wibracij). *Cytologija* 14 (2): 150-157.
- Romanow S. N., Arciszewska J. A., 1968. Zawisimost' effiektu biologiczeskogo diejstwija wibracij ot czastoty i uskorienija. *Biofizika* 13 (6): 1054-1057.
- 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. Internat. Botan. Paris, Sect. II*: 159-196.
- Tomaszewski A., Weryszko E., 1976. Badania nad wpływem niższych zakresów częstotliwości słyszalnych dźwięków ciągłych na wzrost siewek dwu odmian pszenicy: Opolska (jara) i Dańkowska Biała (ozima). *Annales UMCS, Lublin-Polonia, Sec. E* 31, 11: 157-174.
- Tomaszewski A., Weryszko-Chmielewska E., Krzanowska H., 1986. Badania nad wpływem kilku wybranych częstotliwości słyszalnych dźwięków ciągłych na wzrost siewek pszenicy ozimej odm. Dana. *Annales UMCS, Lublin-Polonia, Sec. E* 41 (w druku).
- Weinberger P., Das G., 1972. The effect of an audible and low ultrasound frequency on the growth of synchronized cultures of *Scenedesmus obtusiusculus*. *Can. J. Bot.* 50 (2): 361-365.
- Weinberger P., Graefe U., 1973. The effect of variable-frequency sounds on plant growth. *Can. J. Bot.* 51: 1851-1856.
- 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.
- Weinberger P., Measures M., 1979. Effects of the intensity of audible sound on the growth and development of Rideau winter wheat. *Can. J. Bot.* 57: 1036-1039.