

音の波長が植物の成長に及ぼす影響

3532 水島由貴 3607 梅村佑奈 3509 尾崎優菜 3529 松岡芙美

音の波長が植物の成長に与える影響を調べるため、0~2000Hz の環境下でイネ科のマカラスムギとアブラナ科のファストプランツを生育する実験を行った。その結果、人の声帯に近い周波数である 500Hz で茎の伸長と葉面積の増加がみられ、大きく成長することが分かった。また、エチレン量を測定したが、植物の成長との関連性は分らなかった。今後は、ファストプランツの開花日数や枯死までの日数について調べたい。

1. はじめに

人が植物に声をかけることによって元気になるという話に興味を持った。人それぞれで声の高さが違う。つまり、周波数が違うという点に着目し、音が植物に影響を与えるのか調べたいと考えた。

実験にはモデル植物であるマカラスムギとファストプランツを用いた。マカラスムギは空き地や路傍に帰化し、オーツ麦の名称でも知られており、食用、緑肥として利用されている。³⁾ファストプランツは、育種学、植物学、遺伝学などの研究教材として用いられるだけでなく、植物の成長、生殖、遺伝の教育用実験植物としても用いられている。⁸⁾

植物ホルモンは、植物は環境変化に応答するため、体内の植物ホルモン濃度を調節することが分かっている。²⁾またエチレンは植物ホルモンの中でも唯一の気体であり、外部からのストレスや障害により、伸長抑制や追熟を促す他、他の植物ホルモンと共同して外敵に抵抗する生体防御に大きく貢献することが分かっている。^{4) 5)}

2. 実験 1

(1) 目的

マカラスムギ (*Avena sativa*) は、初期の芽・根の伸びが 500Hz で促進し、2000Hz は抑制され、特に 500Hz と 2000Hz で顕著な結果となることが分かっている。¹⁾また、予備実験として行った実験では、音なしより 500Hz で 7 日目~21 日目までの伸長が促進することが分かった。

今回は、周波数 2000Hz の試験区も含め、植物の伸長が変化するかを確かめる。

(2) 仮説

マカラスムギは、2000Hz で初期の伸長と 7 日目~21 日目も抑制される。

音なしと 500Hz の伸長は促進される。

(3) 使用器具・装置

マカラスムギ 水 2L ペットボトルプランター
バーミキュライト ハサミ カッター テープ
ペン 千枚通し 定規またはメジャー タイム
ラプスカメラ スピーカー 低周波発信機



図 1 2L ペットボトルプランター



図 2 主な実験器具



図 3 タイムラプス画像(2022 13 日目 500Hz)

(4) 実験方法

①500Hz ②2000Hz ③音なしの 3 つの試験区を用意する。

実験 1 と同様に、2L ペットボトルプランターをバットの上に置き、バーミキュライトを入れ、エンバクの種を試験区ごとにそれぞれ 10 粒ずつ列にして均等にまく。その後、3cm 土をかぶせ、7 日ごとに発芽率と伸長を測定する。

実験時期：2022/10/18 ~2022/11/7

※生活音は考慮せず、「音なし」とする。また、芽が目視できた日を発芽日とする。また、「初期の伸長」は 7 日目までの伸長とする。

(5) 結果

発芽日が 500Hz と 2000Hz のときは 6 日目、音なしは 5 日目となった。

初期の伸長は、音なし、500Hz、2000Hz の順で大きかった。その後の伸長は、21 日目時点で 500Hz、音なし、2000Hz の順で大きかった。

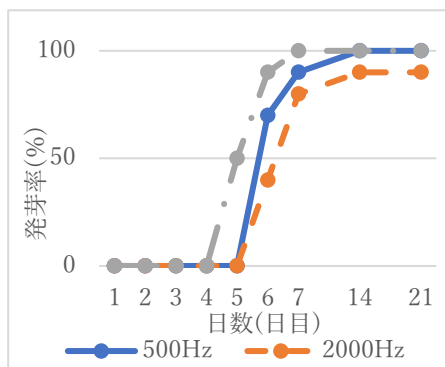


図 4 試験区ごとの 21 日間の発芽率の変化

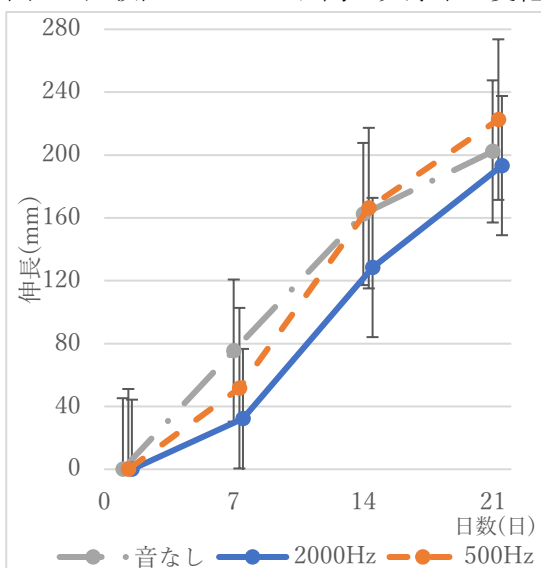


図 5 試験区ごとの初期伸長の平均値

表 1 実験 1 の伸長、発芽率

	伸長 (mm)	発芽率 (%)
500Hz	222.5*	100
2000Hz	198.3	90
音なし	202.3	100

*は t 検定により、音なしより 5%水準で有意であることを示す。

(6) 考察

音なしが 500Hz、2000Hz と比べ、発芽した日が早かったことから、予備実験と同様に音ありは発芽を抑制していると考えられる。初期の芽・根の伸びが 500Hz、2000Hz 共に抑制に働き、その後、500Hz で大きく伸長し、予備実験と同じ結果となった。植物の成長段階で音を与える植物への影響は異なっていると考えられる。

有意差検定を行ったが、2000Hz で有意差が出ず、促進されるか、抑制されるか判断できなかったため、疑問が残った。

また、人の声帯の周波数は 100Hz~300Hz が基本周波数であることが分かっている。⁶⁾

基本周波数より少し高めの声で植物に声をかければより植物の伸長の促進につながる可能性がある。

3. 実験 2

(1) 目的

500Hz と 2000Hz と音なしを比較して実験を行ったが、人の声帯の周波数は 100~300Hz であるため、実際に人の声で伸長が促進されるかは不明である。人の声により近い周波数で伸長が促進されるのか確かめる。

(2) 仮説

200Hz は 500Hz より伸長が促進される。

(3) 使用器具・装置

マカラスムギ 水 バーミキュライト ハサミ 定規またはメジャースピーカー 低周波発信機 人工気象器 ポット 鉢底ネット

(4) 実験方法

①500Hz ②200Hz の2つの試験区を用意した。

1 試験区 9 個体 (1 ポットに 3 個体) とし、播種から 6 日目時点で人工気象器内に入れた。その後、①②の周波数をそれぞれ流し、7 日間地上部の伸長を測定した。

※人工気象機内の温度を 20℃、湿度 50% とした。



図 6 人工気象器内の様子 (実験 3)

(5) 結果

伸長は 500Hz、200Hz の順に大きくなった。

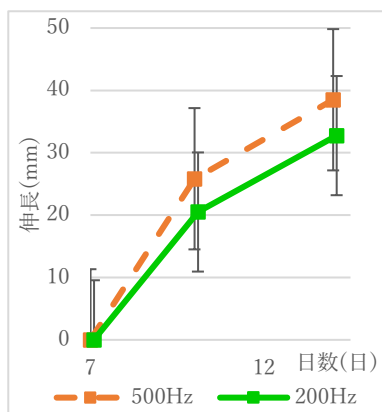


図 7 試験区ごとの伸長の平均値

表 2 実験 2 の伸長、発芽率

	伸長 (mm)	発芽率 (%)
500Hz	103.5	100
200Hz	113.3	100

(6) 考察

500Hz の伸長が大きかったことから、500Hz が実験を行ってきた中で最も伸長を促進させることが分かった。また、仮説と異なる結果となったことから人の声で伸長が促進されるとは限らないと考えられる。

4. 実験 3

(1) 目的

実験を行うなかで植物はどこで音を感じ取っているのか疑問に思った。そこで、植物ホルモンを調べることで、どの器官に影響を及ぼしているのか解明できると考えた。実験 1 での 2000Hz が抑制に働くのかという疑問を解決するために、植物の伸長の抑制に働くエチレンの量を調べた。

(2) 使用器具・装置

マカラスムギ 水 バーミキュライト ハサミ 定規またはメジャー スピーカー 低周波発信機 人工気象器 ポット 鉢底ネット ジップロック (27cm×28cm) 北川式ガス検知管 気体採取器 セット



図 8 気体採取器セット



図 9 北川式ガス検知管



図 10 人工気象器内の様子 (エチレン測定)

(3) 仮説

予備実験を行い、ガス検知管がエチレンを感知したときにどのように色が変化するか調べた。その結果、薄い黄色から青色に変化することが分かった。

実験1より、伸長抑制に働くほうがよりエチレンを生成すると考えられるので、2000Hzは抑制に働くと仮定し、2000Hz、音なし、500Hzの順にエチレンの量が多くなる。



図11 検知前(左)検知後(右)

(4) 実験方法

①音なし ②2000Hz ③500Hzの3つの試験区を設ける。

1試験区9個体(1ポットに3個体)とし、播種から7日目時点で人工気象器内に入れた。その後、①～③の周波数をそれぞれ流し、7日間地上部の伸長を測定した。また、播種から14日目時点で、エチレンの測定を行った。

(5) 結果

音なしでは30ppm、2000Hzでは50ppmまで薄い黄色から白色に変化した。



図12 音なし(左)測定前(右)の検知管比較と2000Hz 検知管

表3 エチレンの測定結果

	測定値(ppm)	色の変化
音なし	30	薄い黄→白
2000Hz	50	薄い黄→白
500Hz	0	なし

(6) 考察

干渉ガス	ガス名	共存濃度	干渉	単独の場合
	アンモニア、シアン化水素、ブタジエン		＋誤差	白色に変色
	一酸化炭素、水素、ブタン、ペンタン		＋誤差	全層青色に変色
	塩化水素		＋誤差	桃色に変色
	ブチレン、プロピレン	1/4倍以上	＋誤差	青色に変色
	硫化水素		＋誤差	黒色に変色

図13 干渉ガスの種類と検知時の色の変化



図14 音なし(左)2000Hz(右)の検知管比較

予測と異なり、青色に変化せず、図14のようにどちらも白色に変化した。図13より、検知管が白色に変化する場合、アンモニア、シアン化水素、ブタジエンのいずれかである。バーミキュライトを再利用していたため、バーミキュライトにたまっていた窒素がアンモニアとなり、気体として検知されたと考えられる。また、エチレンが検知されなかった原因として、ジップロックに個体を入れていた日数が短く、測定に十分な量のエチレンが集まらなかったと考えられる。これらのことから、植物の伸長に関わる植物ホルモンとしてエチレンが関与していると考えていたが、今回の実験で関与することは確認できなかった。

5. 実験4

(1) 目的

実験4ではエチレンを測定することができなかった。今回は実験する期間を延ばし、さらに、植物の成長について多角的に評価するため、葉面積について調べ、マカラスムギ以外の植物でも伸長が音によって変化するか確かめる。

(2) 使用器具・装置

ファストプランツ (*Barassica rapa*) 水バーミキュライト ハサミ 定規またはメジャー スピーカー 低周波発信機 人工気象器 ポット 鉢底ネット ジップロック (27cm×28cm) 北川式ガス検知管 気体採取器セット PC (ImageJ)

(3) 仮説

伸長については実験1と同様に500Hz、音なし、2000Hzの順に大きくなる。また、葉の面積の大きさについても同様となる。

(4) 実験方法

実験区を3つ用意する。

①500Hz ②音なし ③2000Hz

1 試験区 18 個体 (1 ポットに 3 個体) のファストプランツの種を用い、播種から7日目でジップロックの中に入れ、21日目にエチレンの測定を行う。また、7日ごとに伸長を測り、葉を21日目に採取し、葉面積を ImageJ を用いて解析する。また、植物が成長したか考察する

※伸長と葉面積の両方の値が大きくなることを「成長」と評価する。

(5) 結果

伸長は音なしより2000Hzのほうが促進された。エチレンは今回、どちらも変化が見られなかった。葉の面積は、2000Hzが大きかった。

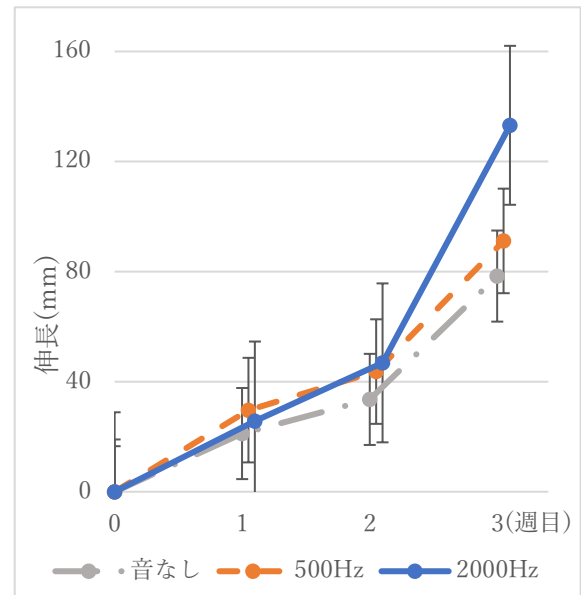


図15 試験区ごとでの21日間の伸長平均



図16 500Hz 区の葉のスキャン画像

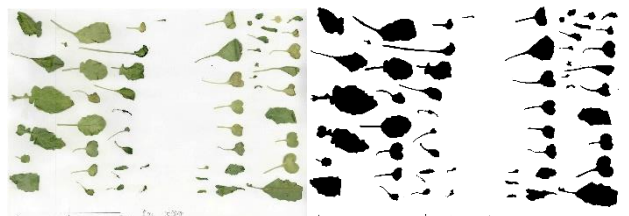


図17 音なし区の葉のスキャン画像



図18 2000Hz 区の葉のスキャン画像

表4 実験4の伸長、エチレン測定、葉面積、発芽率

	伸長(mm)	測定値 (ppm)	色の变化
500Hz	91.2	0	変化なし
2000Hz	133.2	0	変化なし
音なし	78.4	0	変化なし

	葉面積(mm ²)	平均葉面積	発芽率
	※	(mm ²)	(%)
500Hz	16701.8	1043.9	89
2000Hz	10568.9	1174.3	50
音なし	9873.5	987.3	56

※葉面積はすべての葉の合計。また、平均葉面積は1個体あたりの値。

(6) 考察

以前までの実験結果と異なり、2000Hz が最も伸長したこと、葉面積が大きくなったことから、マカラスムギとは違う科の植物では音の影響が異なることが考えられる。

音なしより 500Hz、2000Hz が伸長と葉面積が大きくなったことから音なしよりも音ありが成長したと考えられる。しかし、葉の枚数は 2000Hz がすべての試験区の中で最も少なく、音によるストレスによって伸長や葉面積は大きくなったが、葉の枚数は少なくなったと考えられる。

6. まとめ

音によるエチレン量への影響は見られなかった。しかし、音なしと音ありで伸長や葉面積の影響が異なり、植物の種類によっても成長への影響が異なることが分かった。葉の枚数や面積の合計と平均について測定を行い、植物への音の影響をさらに多角的に調べることができた。

7. 課題と今後の展望

実験後、実験 1, 3, 4 と比較し、エチレン量や伸長で変化がみられるか調べたい。また、開花日数や枯死までの日数などさらに測定項目を増やして植物の成長について調べていく。

音と植物の関係性についてより深く研究を進めるために、500Hz、2000Hz 以外の周波数についても調べたい。

8. 謝辞

科学部の先生方、丹羽先生に様々な助言をいただきました。ありがとうございました。

9. 参考文献

- 1) 「植物における音の影響」、佐野日本大学高等学校 佐藤優紀, 化学と生物 Vol. 51, No. 3, 2013
- 2) 図解 よくわかる 植物細胞工学 タンパク質操作で広がるバイオテクノロジー, 富永基樹, 2020
- 3) イネ科 ハンドブック, 木場英久 茨木靖 勝山輝男, 2011
- 4) 植物 奇跡の化学工場 光合成、菌との共生から有毒物質まで, 黒柳正典, 2018
- 5) 人の暮らしを変えた植物の化学戦略 香り・味・色・薬効, 黒柳正典, 2020
- 6) よくわかる最新音響の基本と応用, 岩宮眞一郎, 2011
- 7) 論文投稿に際しての統計学的記述の留意点, 荒瀬康司, 2018
- 8) PCR 法による DNA マーカーを用いたファストプランツの遺伝実験, 濱田 由鶴・日詰 雅博・向 平和・中村 依子, 2017