

植物の成長に及ぼす直流電界の影響

村 本 裕 二^{*1}, 清 水 教 之*

(2008年1月8日受付; 2008年3月26日受理)

Effect of D.C. Electric Field on Growth of a Plant

Yuji MURAMOTO,^{*1} and Noriyuki SHIMIZU*

(Received January 8, 2008; Accepted March 26, 2008)

In this study we investigate the effect of D.C. electric field on the growth of a plant. The specimens are the white radish sprouts. The statistical test shows that the D.C. electric field accelerates the rate of growth of the white radish sprouts. It is also revealed that the effect of D.C. field on the growth is influence by the time when the D.C. electric field is applied in a day.

1. はじめに

近年、地球の総人口は60億人を超え、2050年には約90億人に達すると予測されている。ところが現在の食糧生産方法では農薬による害虫の減少、施肥による土壌改良などが図られてもなお90億人の食糧を確保することは困難である。農地の拡大や人口増加の抑制も容易ではない¹⁾。著者らは、収穫量の増加及び収穫に要する時間の短縮が可能な生産方法を検討するため植物の成長に与える電界の影響に注目した。電気と植物との関係は、「稻妻」という言葉が「雷が落ちたところの稻はよく実る。雷は稻の実りを助ける稻の妻である」と言うことから生まれたという説もあり、昔から何らかの関係があると言われてきた²⁾。電気と植物に関する研究は古くから行われており、電界が農作物の成長を促進させるという実験報告³⁻⁶⁾がある。白氏ら⁴⁾は、外部静電界とイオンが光リン酸化反応を強め、ATPの合成効果を高め、農産物の生長速度を促進させている。また電界・空気イオン・放電が植物成長に何らかの影響⁵⁾をすることも示されている。さらに植物の種子に電界処理を施し、生育への影響⁷⁾も検討されている。

本報告ではカイワレ大根を用い、植物成長に及ぼす電界の

影響について検討を行った。その結果、カイワレ大根の成長は、電界の有無に対して統計的検定にて評価したところ明確な差を示すことが明らかとなった。また電界を印加する時間帯によって植物成長の度合いが変化することも示された。

2. 実験方法

プラスチックバット(外寸法: 300×230×45 mm)に水道水を含ませた脱脂綿をおき、それを苗床とした。カイワレ大根の種子(株トーホク オーストラリア産)を、脱脂綿上に縦横共に30 mmの間隔にて縦8個、横6列の計48個配置した。図1に苗床に電界印加する装置の回路図を示す。上部電極を+とし、下部電極を接地とした。苗床は、直流電界にさらされるようにアルミ板(400×350×1 mm)の平行平板電極内に設置した。直流電源は、TAKASAGO社製GP0110-5Rを用い、抵抗Rは200 kΩとした。直流電界は、1 kV/mとし、1日(24時間)あたり3時間印加した。電界を印加する時間帯は、9:30~12:30(朝)又は13:00~16:00(昼)とした。さらに別にもう一つ電界を印加しない苗床を用意し、温度・湿度・照度が同じ環境においていた。1回の実験に1週間(168時間)をかけ、1週間後成長したカイワレ大根の長さ(根から葉まで)を計測した。図2に一週間後のカイワレ大根の写真を示す。

本実験においては、実験実施毎に周囲条件(温度、湿度、照度等)が若干異なる。データに及ぼす周囲条件の小さな変動がカイワレ大根の成長に及ぼす影響を除外するため、以下のように規格化を施した。

①同一周囲条件下で直流電界を印加した種による成長の長さ(a_{an})の48個の種子の総和と印加していない種(a_{bn})に

キーワード: 植物成長、直流電界、統計検定、カイワレ大根

* 名城大学理工学部電気電子工学科(468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)

Department of Electrical & Electronic Engineering, Faculty of Science & Technology, Meijo University, 1-501, Shiogamaguchi, Tenpaku-ku, Nagoya 468-8502, Japan

¹ muramoto@ccmfs.meiji-u.ac.jp

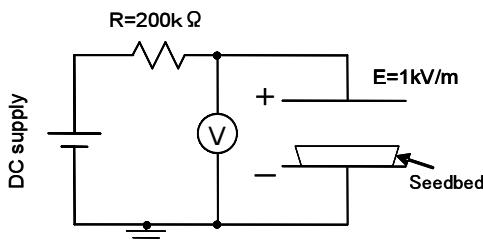


図1 電界印加装置の回路図

Fig.1 Schematic of the experimental set-up.

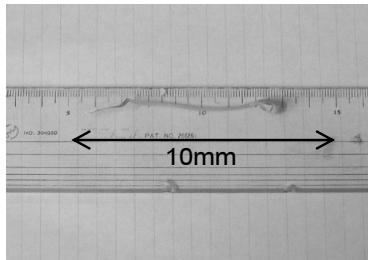


図2 カイワレ大根の長さ

Fig.2 Length of the white radish sprouts.

よるもののが48個の総和とを合わせたものに対して種の総数(N)96個による平均 X を式(1)により求める。

$$X = \frac{\sum a_{an} + \sum a_{bn}}{N} \quad (1)$$

②式(2)により各試料の長さを①で求めた平均 X で割り、規格化した長さ(X_n)とする。

$$x_n = \frac{a_n}{X} \quad (2)$$

3. 実験結果および考察

図3に第1回の実験実施結果(種子数合計96個)の例を示す。点(◆, ■)は規格化長さの平均値、エラーバーは標準偏差を示す。表1は図3における発芽率、規格化長さの平均値を示す。電圧印加時間帯は、9:30~12:30(朝)である。図3および表1は直流電界を印加した種の方が印加しなかったものよりも発芽率が高く、さらに規格化長さの平均値が大きいことを示している。

本研究では図3および表1と同様な実験を数多く行い、データの集積を行っている。その中には相異が小さく、必ずしも電界の影響が明確でない場合も含まれている。そこでカイ

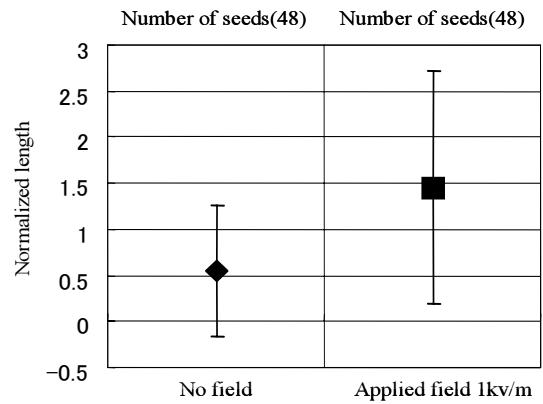


図3 実験実施結果の例

Fig.3 Example of the experimental results.

表1 図3における発芽率、規格化長さの平均値

Table 1 Average of germination rate and normalized length in Fig.3.

	No applied field	Applied field 1 kv/m
Average of germination rate (%)	0.52	0.79
Average of normalized length	0.55	1.45

ワレ大根の成長に及ぼす直流電界の影響をより明確に検討するため統計的検定⁸⁾を行った。

統計検定においては、データに関する仮説と優位水準を設定する。仮説には帰無仮説と対立仮説があり、帰無仮説は否定したい命題を、対立仮説は主張したいことを表す。本報告の場合は以下に示すものとなる。

$$\text{帰無仮説 } X_A = X_B$$

$$\text{対立仮説 } X_A > X_B$$

ここで、

X_A : 電界印加した種の規格化長さの平均

X_B : 電界印加なし種の規格化長さの平均

である。

次に有意水準 α (信頼度を定める数値)に対しての棄却域の範囲を決定する。本報告におけるデータにおける平均の差について片側検定を行うにあたり、t分布を用いる。t分布は試料数によって変化する分布であり、試料数が∞のときには正規分布となる。棄却域は、t分布の曲線とt軸によって囲まれる面積をあるt値を境界として2個に分割したときに、分割した $+\infty$ 側の面積が(全体の面積(=1)) × (有意水準)となるような範囲のことである。今回の実験で考えると棄却域は、 $\alpha=0.05$ のとき $t>1.64$ 、 $\alpha=0.01$ のとき $t>2.33$ とな

る。このときの信頼度は、 $1 - \alpha$ で示されるので $\alpha = 0.01$ のときは 0.99 となる。今回得られたデータから統計量の実現値 t を計算して棄却域の範囲に入るかを評価する（式(3))。

$$t = \frac{X_A - X_B}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{N_A} + \frac{\sigma_B^2}{N_B}}} \quad (3)$$

X_A : 電界印加した種の規格化長さ平均

X_B : 電界印加なし種の規格化長さ平均

σ_A : 電界印加した種の規格化長さの標準偏差

σ_B : 電界印加なし種の規格化長さの標準偏差

N_A : 電界印加した種数

N_B : 電界印加なし種数

図 3 のデータを用いて式(3)に従い統計量の実現値 t を算出したところ $t=4.36$ となった。この値は $t > 2.39$ の条件を満たすので、99%より高い信頼度をもって「直流電界を印加した方が長さが大きい」と言える。

図4および表2に実験を10回実施したときのカイワレ大根の成長に及ぼす直流電界の影響を示す。この結果は、電界を印加する時間帯が9:30～12:30（朝）と13:00～16:00（昼）の二つの場合の合計を示したものであり、先に例示した図3および表1のデータも含んだものである。10回の実験実施においては、それぞれ周囲環境の条件が少しずつ異なるが、全てのデータを規格化して加えたものを示している。表2より発芽率、規格化長さの平均がともに電界を印加した方が大きい値を示している。図4より式(3)を用いて統計量の実現値 t を算出したところ $t=6.32$ と算出され、 $t > 2.33$ の条件を満たすこととなった。よって信頼度99%以上で直流電界によりカイワレ大根の成長が促進されると言える。

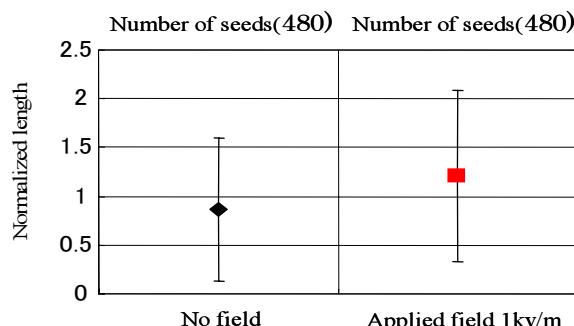


図4 カイワレ大根の成長に及ぼす直流電界の影響
Fig.4 Effect of D.C. electric field on length of white radish sprouts.

表2 図4における発芽率、規格化長さの平均値

Table 2 Average of germination rate and normalized length in Fig.4.

	No applied field	Applied field 1 kv/m
Average of germination rate (%)	0.82	0.92
Average of normalized length	0.86	1.20

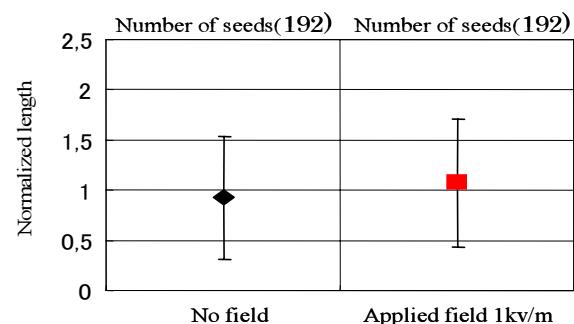


図5 カイワレ大根の成長に及ぼす直流電界の影響
(9:30～12:30の時間帯において直流電界を印加)

Fig.5 Effect of D.C. electric field on length of white radish sprouts. (The D.C. electric field is applied during time period (9:30~12:30)).

次に印加時間帯の効果を見るために、二つの時間帯に分けた場合の検討を行った。図4および表2の結果の中から、朝(9:30～12:30)に電界を印加した結果のみを分離してまとめたものが図5および表3である。図4および表2の結果の中から、昼(13:00～16:00)に電界を印加した結果のみを分離してまとめたものが図6および表4である。図5と図6、表3と表4を比較すると朝の時間帯に電界を印加した場合に比べて昼のものの方が規格化長さの平均はより大きく変化している。発芽率は朝に印加した方が昼のものよりも大きく変化している。朝に印加した場合、統計量の実現値 t は $t=2.36$ であり、昼の場合は、 $t=6.37$ となった。双方ともに $t > 1.64$ の領域（信頼度95%以上）であるので、どちらの場合も直流電界の影響があることがわかる。統計量の実現値 t を見ると統計学的には、昼に電界を印加した方が朝に電界を印加したものよりもカイワレ大根の成長に及ぼす直流電界の影響がより顕著に表れることが示された。ただし朝と昼の印加時間帯による植物成長の相異の理由については、周囲環境を含めてさらなる検討が必要である。

表3 図5における発芽率、規格化長さの平均値

Table 3 Average of germination rate and normalized length in Fig.5.

	No applied field	Applied field 1 kv/m
Average of germination rate (%)	0.77	0.92
Average of normalized length	0.92	1.08

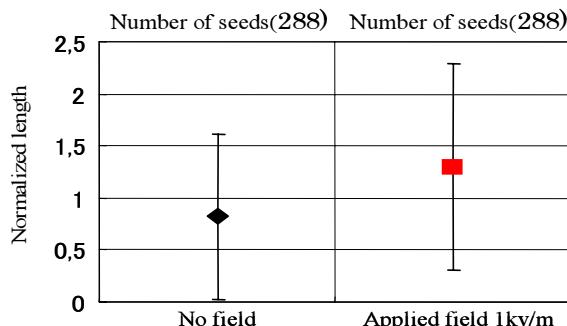


図6 カイワレ大根の成長に及ぼす直流電界の影響
(13:00～16:00の時間帯において直流電界を印加)

Fig.6 Effect of D.C. electric field on length of white radish sprouts. (The D.C. electric field is applied during time period (13:00～16:00)).

外部電界によって植物中の ATP (アデノシンIIIリン酸) の合成が著しく活性化し、有機物や鉱物の代謝が増強されることによって成長が促進されることなどが示唆されているが、本研究においてもさらに検討を進める必要がある。

表4 図6における発芽率、規格化長さの平均値

Table 4 Average of germination rate and normalized length in Fig.6.

	No applied field	Applied field 1 kv/m
Average of germination rate (%)	0.85	0.92
Average of normalized length	0.82	1.30

4.まとめ

本研究では、カイワレ大根の成長に及ぼす直流電界の影響について検討を行った。そこで得られた結果を以下に示す。

- (1) 直流電界がカイワレ大根の成長に影響し、統計的検定の結果からも成長を促進させる効果が示された。
- (2) 直流電界を印加している時間帯によって成長の度合いが異なることもわかった。

本研究の実施に協力して頂いた石田敦士氏(平成16年度本学卒研生)に感謝致します。

参考文献

- 1) 農林水産省：「平成15年度の食料自給率」<http://www.kanbou.maff.go.jp/www/jikyu/jikyu01.htm>
- 2) 藤村哲夫：電気発見物語, p35, 講談社, (2002)
- 3) 濵澤元治, 柴田桂太：電気学会雑誌, **47** (1927) 1259
- 4) 白希堯, 陳作礼, 馬文田, 姜兆仁, 劉慎言, 李成育, 李曉玲：静電気学会誌 **8** (1984) 339
- 5) 重光司：プラズマ・核融合学会誌 **75** (1999) 659
- 6) 村本裕二, 石田敦士, 吉田利夫, 清水教之：電情通技研報 **105** OME2005-102 (2006) 7
- 7) 松尾昌樹, 坂田智子：生物環境調整 **32** (1994) 107
- 8) 田代嘉宏, 脇本和昌, 大崎紘一：応用数学要論シリーズ2 確率と統計要論, p.120, 森北出版 (1979)