

〈一般研究課題〉 電界による植物成長の促進

助成研究者 名城大学 村本 裕二



電界による植物成長の促進

村本 裕二
(名城大学)

Acceleration of plant growth under electric field

Yuji Muramoto
(Meijo University)

Abstract

This paper reports the acceleration of plant growth under electric field. We used the white radish sprout as the sample. The seeds of white radish sprout are grown under two circumstances; one is under D.C. electric fields, and the other is without D.C. electric fields. We have confirmed the following things : 1. The application of D.C. electric field rises the germination rate. 2. The D.C. electric field increases the length and weight of the white radish sprout. 3. The D.C. electric field encourages the consumption of substances stored in the seed. 4. The D.C. electric field probably activates the work of phytohormone (Gibberellin) which is reported to induce germination, and to encourage the stem elongation by absorbing water. These results show that the plant growth is accelerated by the application of D.C. electric field.

1. はじめに(研究目的)

近年、世界の総人口は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[1]。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。本研究では、収穫量の増加およ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ついて注目した。電気と植物との関係は、「稲妻」という言葉が「雷が落ちたところの稲はよく実る。雷は稲の実りを助

ける稲の妻である。」とい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がある[3-6]。

本研究室では、カイワレ大根を用い、電界が植物成長を促進させることについて検討を行ってきた。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[7]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。さらに電界は、植物ホルモンの一種であるジベレリンの働きを活性化することにより成長が促進されることが示唆された。

2. 実験方法

実験試料には、カイワレ大根を用いた。砂を敷いたプラスチック容器を種床とし、カイワレ大根の種子を蒔いた。以下これを種床とよぶ。二つの種床を準備し、一方の種床だけに直流電界を印加して栽培し、電界が植物成長に及ぼす影響を検討した。実験は、二つの環境で行った。一つは室内環境下、もう一方は人工気象槽を用いた人工気象環境下である。

2.1 室内環境下における実験

室内環境下における実験では、図1に示す実験装置を用いた。図に示すように、二つの種床を平行平板電極間に設置した。電極間距離は、10cmとした。室内環境下における実験では、一方の種床に直流電圧250V(電界2.5kV/m)を、1日のうち3時間(13:00~16:00)印加した。試料Aは、印加されなかった試料、試料Bは、直流電界が印加されたものとした。種床には、毎日、水を与えた。試料には、発芽して新芽に成長するものと、発芽しないものがあった。試料を7日後に収穫し、発芽率、重量及び成長長さを測定した。重量測定は以下のStage.1及びStage.2で行った。

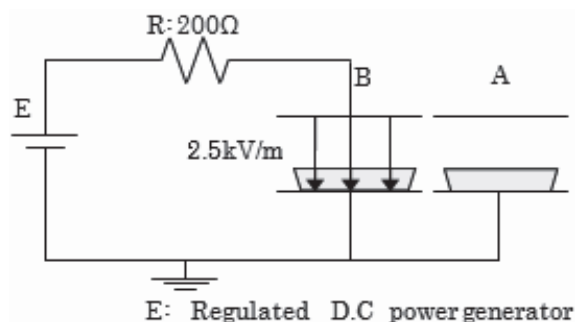


図1:室内環境下における実験装置

Stage.1 ; 蒔く前の種子の状態

Stage.2 ; 収穫後の新芽の状態

なお、室内環境下における実験では、一つの種床に48個の種子を蒔いた。つまり一回の実験で96個の種子を使用した。

2.2 人工気象環境下における実験

使用した装置の概略図を図2に示す。実験方法は、以下に示す事柄以外は、(1)室内環境下における手順と同じである。

- ①試料を、人工気象槽(BIOTRON社製, NC-220)内にて栽培した。人工気象槽の環境は、温度18℃, 湿度70%, 照度0.5klxとした。

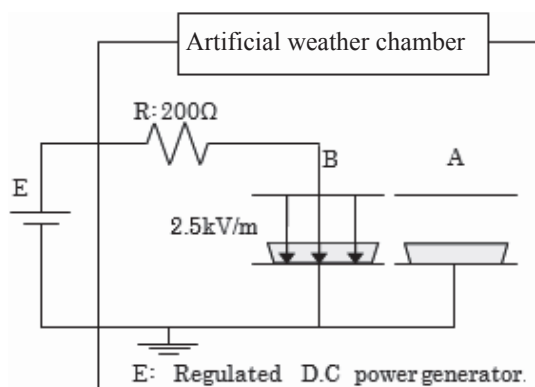


図2:人工気象環境下における実験装置

②試料Bには、直流電界を栽培期間中、常時印加した。

③一つの種床に蒔く種子の数を20個とし、一回の実験で40個の種子を使用した。

本実験では、Stage2の重量測定に加え、試料を真空ポンプで3日間脱気乾燥し、これをStage3として重量を測定した。

2.3 真空乾燥期間

図3は、7日間栽培されたカイワレ大根の重量が真空乾燥によってどのように変化するかを、1日毎に示したものである。図の値は、乾燥前の重量で除して規格化してある。図3より真空乾燥を開始してから2日間のうちに試料の重量は減少し、それ以降は重量の変化は認められない。よって真空乾燥期間を3日とすることとした。

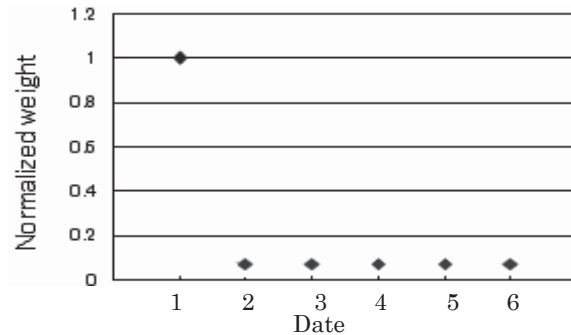


図3: 真空乾燥によるカイワレ大根(収穫後)の規格化重量の変化

2.4 測定結果の評価(規格化及び統計的検定)

各試料は、植物であることから成長度合いは、試料ごと、実験ごとに異なっている。そのばらつきを除くために、規格化を行った。以下に、規格化重量の求め方を示す。

まず、全試料の平均重量 \bar{X} を以下に示す式(1)から求めた。

$$\bar{X} = \frac{\sum A_m + \sum B_n}{N} \quad (m = 1 \dots N_A, n = 1 \dots N_B) \dots (1)$$

ここで、 $A_m (m=1 \dots N_A)$ は、試料Aの重量を、また $B_n (n=1 \dots N_B)$ は、試料Bの重量を示している。また、 $N (=N_A+N_B)$ は全試料の総数である。規格化重量は、各試料の重量を上で求めた全試料の平均重量 \bar{x} で除することで求めた。なお、試料の成長長さに対する規格化も、同様な方法で行った。

また、電界によるカイワレ大根の成長の促進を明確に検討するために統計的検定[7](t検定(片側検定))によって評価した。

3. 実験結果

3.1 室内環境下における実験

(1) 発芽率

図4と表1は、カイワレ大根の発芽率に及ぼす電界の影響を示す。図中のマークは、平均値、エラーバーは、標準偏差をそれぞれ示している。実験は6回実施した。

表1:カイワレ大根の発芽率に及ぼす電界の影響(室内環境下)

Sample	A	B
Number of experiments	6	6
Average germination rate	76%	90%
Standard deviation	0.250	0.148

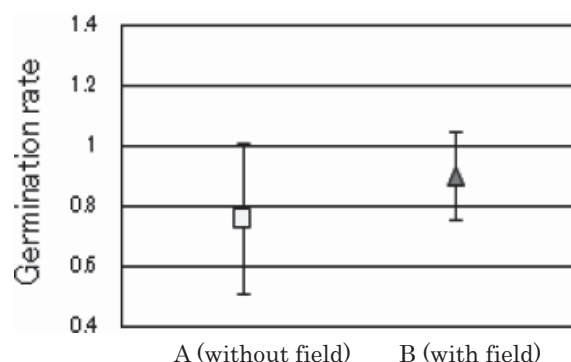


図4:カイワレ大根の発芽率に及ぼす電界の影響(室内環境下)

電界を印加された試料Bの発芽率が、電界を印加されなかった試料Aの発芽率よりも上昇していることが示された。

(2) 成長長さ

図5と表2は、カイワレ大根の成長長さに及ぼす電界の影響を示し、表3は、統計的検定の結果を示す。

表2:カイワレ大根の成長長さに及ぼす電界の影響(室内環境下)

Sample	A	B
Number of samples	288	288
Average normalized length	0.813	1.305
Standard deviation	0.189	0.289

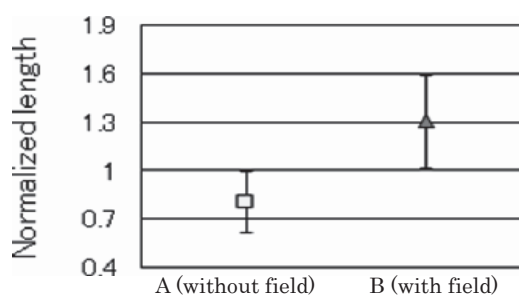


図5:カイワレ大根の成長長さに及ぼす電界の影響(室内環境下)

表3:図5および表2の統計的検定結果

Hypothesis	A (without field) < B (with field)
Reliability	99.95%

電界を印加された試料Bの成長長さが、電界を印加されなかった試料Aの長さよりも上昇していることが示され、この結果が、信頼度99.95%で与えられた。よって電界がカイワレ大根の成長長さを促進させることが示された。

(3) 重量

図6と表4は、カイワレ大根の重量に及ぼす電界の影響を示し、表5は、統計的検定の結果を示す。

表4: Stage2におけるカイワレ大根の重量に及ぼす電界の影響(室内環境下)

Sample	A	B
Number of samples	96	96
Average normalized weight	0.888	1.098
Standard deviation	0.259	0.24

表5: 図6および表4の統計的検定結果

Hypothesis	A (without field) < B (with field)
Reliability	99.99%

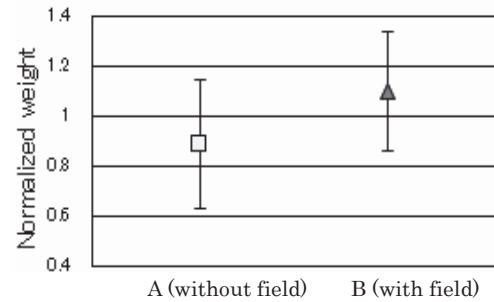


図6: Stage.2におけるカイワレ大根の重量に及ぼす電界の影響(室内環境下)

電界を印加された試料Bの重量が、電界を印加されなかった試料Aの重量よりも増加していることが示され、この結果が、信頼度99.99%で与えられた。よって電界がカイワレ大根の重量増加を促進させることが示された。

3.2 人工気象環境下における実験

(1) 発芽率

図7と表6は、電界の有無がカイワレ大根の発芽率に及ぼす影響を示す。

表6: カイワレ大根の発芽率に及ぼす電界の影響(人工気象環境下)

Sample	A	B
Number of experiments	4	4
Average germination rate	42%	63%
Standard deviation	0.258	0.245

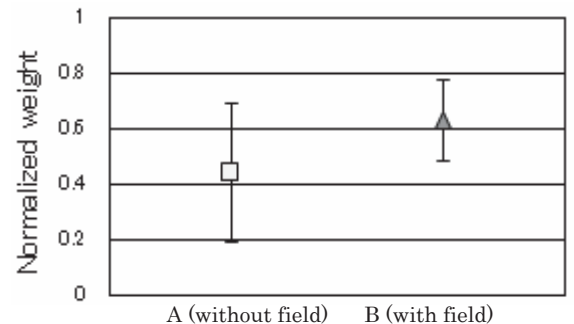


図7: カイワレ大根の発芽率に及ぼす電界の影響(人工気象環境下)

電界を印加された試料Bの発芽率が、電界を印加されなかった試料Aの発芽率よりも上昇していることが示された。この結果は、3.1項での室内環境下における実験と同様であった。

(2) 重量

①Stage.2 (収穫後)

図8および表7は、収穫後、水分を含んでいるカイワレ大根の重量に及ぼす電界の影響を示す。表8は、その結果の統計的検定結果を示す。

表7: Stage.2におけるカイワレ大根の重量に及ぼす電界の影響(人工気象環境下)

Sample	A	B
Number of samples	52	78
Average normalized weight	0.775	1.225
Standard deviation	0.070	0.778

表8: 図8および表7の統計的検定結果

Hypothesis	A (without field) < B (with field)
Reliability	99.62%

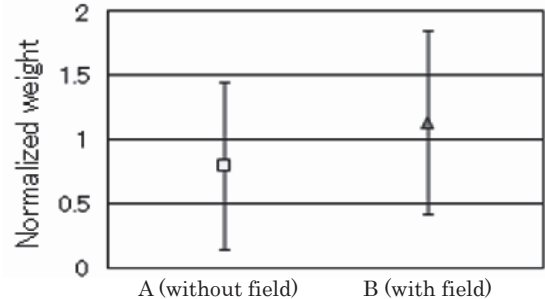


図8: Stage.2におけるカイワレ大根の重量に及ぼす電界の影響(人工気象環境下)

電界を印加された試料Bの重量が、電界を印加されなかった試料Aの重量よりも増加していることが示され、この結果が、99.62%の信頼度で与えられた。さらにこの結果は、図6および表4の傾向と一致している。

②Stage.3 (真空乾燥後)

真空乾燥後、試料の水分は、ほとんど取り除かれている。この測定は、水分を除いたカイワレ大根の物質的な重量変化を観測するために行った。図9と表9は、測定結果を、表10は、図9および表9の統計的検定結果を示す。

表9: Stage.3におけるカイワレ大根の重量(真空乾燥後)に及ぼす電界の影響(人工気象環境下)

Sample	A	B
Number of samples	52	78
Average normalized weight	1.017	0.996
Standard deviation	0.191	0.200

表10: 図9および表9の統計的検定結果

Hypothesis	A (without field) < B (with field)
Reliability	-91.27%

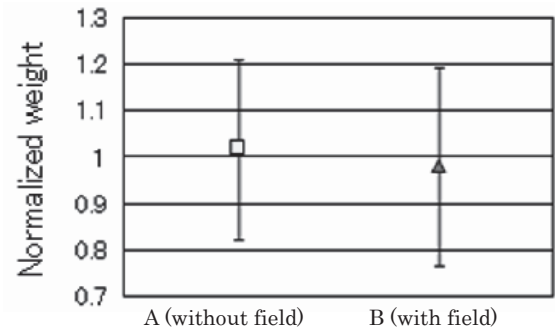


図9: Stage.3におけるカイワレ大根の重量(真空乾燥後)に及ぼす電界の影響(人工気象環境下)

電界を印加された試料Bの重量が、電界を印加されなかった試料Aの重量よりも大きいという仮定の信頼度は、-91.27%となった。これは、試料Aの重量が、試料Bよりも大きいことが、91.27%の信頼度でいえることを示している。この結果は図6と図8の傾向と一致しない。このことについては次の考察にて述べる。

4. 考察

室内環境下と人工気象環境下での両実験においてカイワレ大根の発芽率は、直流電界によって上昇することが示された。また室内環境下での実験から、カイワレ大根の成長長さは、直流電界印加

によって伸長することが示された。さらに両実験から、収穫後の水分を含んでいるカイワレ大根 (Stage.2) の重量は、直流電界によって増加することが示された。

一方、図9および表9における真空乾燥後のカイワレ大根において、電界が印加されなかった試料Aの重量が、電界が印加された試料Bの重量を上回る結果となった。一見Stage.2における重量測定結果(図6及び図8)と矛盾している。

これらの結果を検討するために、ある植物ホルモンに注目した。本研究では、電界がジベレリン(植物ホルモン)の働きを活性化することを考えている。ジベレリンは、一般的な植物ホルモンである。ジベレリンの働きとして、発芽の誘導、吸水による伸長(吸水成長)などが報告[8]されている。故に、電界がジベレリンの働きを促進すると考えると、本実験にて得られた結果のうち、発芽率の上昇(図4及び図7)、成長長さの伸長(図5)及びStage.2における重量増加(図6及び図8)が説明できる。

真空乾燥後において、電界が印加されなかった試料Aの重量が、電界が印加された試料Bの重量を上回る、という結果は、種子内の貯蔵物質の消費によって説明できる。貯蔵物質とは、種子に貯蔵されている物質のことである。貯蔵物質には、タンパク質やデンプン、脂質などがあり、成長するためにこれらを消費している。本研究では、消費された貯蔵物質による重量変化に注目した。本実験では、種子を蒔いて7日後に収穫している。そのため、光合成は、ほとんど開始されておらず、カイワレ大根の試料は、種子内貯蔵物質の消費のみによって成長したものと考えられる。

以下では、消費された種子内貯蔵物質の重量を求めた。

消費された種子内貯蔵物質の重量を求めるために、まず種子が含んでいる平均的な水分の重量の割合を求めた。種子20個を真空乾燥し、その乾燥前後の重量の測定から、種子内の水分の重量は、全体の2.7%であることが求められた。

次に、消費された種子内貯蔵物質の規格化重量Dを式(2)によって求めた。

$$D = \frac{(\text{水分を除いた種子の重量}) - (\text{水分を除いた新芽の重量})}{(\text{水分を除いた種子の重量})}$$

$$D = \frac{\{\text{Stage1での重量} \times (1 - 0.027)\} - (\text{Stage3での重量})}{\{\text{Stage1での重量} \times (1 - 0.027)\}} \dots (2)$$

図10と表11は、カイワレ大根の種子内貯蔵物質重量(D値)に及ぼす電界の影響を示す。その結果の統計的検定結果は、表12に示す。

表11: 消費された種子内貯蔵物質重量(D値)に及ぼす電界の影響

Sample	A	B
Number of samples	115	98
Average D	0.029	0.038
Standard deviation	0.021	0.057

表12: 図10および表11の統計的検定結果

Hypothesis	A (without field) < B (with field)
Reliability	95.10%

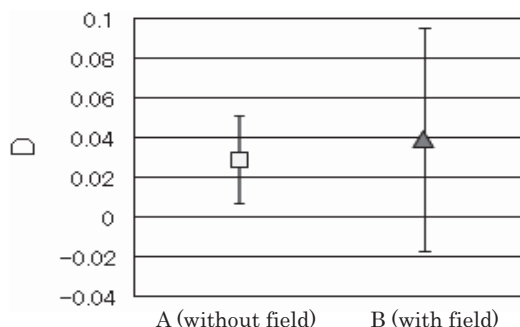


図10: 消費された種子内貯蔵物質重量(D値)に及ぼす電界の影響

電界が印加された試料BのD(消費された種子内貯蔵物質の規格化重量)は、電界が印加されなかった試料AのDを上回っていることが示され、その結果は、信頼度95.10%で示された。これは、試料Bが、試料Aよりも、種子内貯蔵物質を多く消費していたことを示している。よって電界印加によってカイワレ大根の種子内における貯蔵物質の消費が促進されたと考えられる。ジベレリンはまた、貯蔵デンプンの分解に作用することが報告[9]されており、このことは、直流電界がジベレリンを活性化しているという考えを支持する。

5. まとめ

直流電界がカイワレ大根の成長に及ぼす影響を検証した。以下に結論を述べる。

1. 電界印加によってカイワレ大根の種子の発芽率、成長長さ、重量が無印加のものに比べて上昇した。
2. 収穫後のカイワレ大根を真空乾燥して水分を除くと、電界が印加された試料の重量が、電界が印加されなかったものの重量を下回った。つまり電界の印加は、吸水成長を促進し、種子内貯蔵物質の消費を促進すると考える。これらの結果は、直流電界が植物の成長を加速したことを示唆している。
3. 直流電界は、植物ホルモンの一種であるジベレリンの働きを活性化することが示唆された。

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] United Nations, “Revision of the World Population Estimates and Projections”,
<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/>
- [3] 藤村哲夫：「電気発見物語」, pp.35, 講談社, 2002
- [4] 澁澤元治, 柴田桂太：「植物の生長に對する電氣の影響に關する研究」, 電氣学会雑誌, Vol.47, pp.1259-1300,1927
- [5] 村本裕二, 清水教之：「植物の成長に及ぼす直流電界の影響」, 静電氣学会, Vol.32, No.3, pp.118-121, 2008
- [6] T Okumura, Y Muramoto, N Shimizu, “Influence of Electric Field on Plant Weight” 2009 IEEE annual report of CEIDP (CD-ROM), Virginia Beach, USA, 2009
- [7] 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」, pp.120, 森北出版, 1979
- [8] 増田芳雄, 勝見允行, 今関英雅, 「植物ホルモン」, 朝倉書店, 1971
- [9] 福田裕穂 他, 「成長と文化」, 朝倉書店, 2001