

電圧を加えることによる発芽や成長の変化

静岡県立静岡東高等学校
科学部 2年 瀧下 侑弥

1. 動機

私は、どのような研究をするか考えていた時に、顧問の先生に雷が落ちると植物の成長がよくなるという言い伝えがあることを伺った。もし本当に成長がより早くなったり、発芽するものが増えたりするのであれば、実際に農作物を育てる際に応用することで安定的な作物の収穫ができるようになると思う。このことに興味をもったため自分で検証し、さらに詳しく調べてみたいと思い、この研究を始めた。

2. 実験1 目的

- (1) 種子に電流を流すと流していないものに比べて、発芽や成長にどの程度の差があるのか。
- (2) 電圧によって発芽や成長の度合いに差はあるのか。

3. 実験1 実験方法

(1) 実験日

8月16日～8月23日

(2) 用意したもの

カイワレダイコンの種子、電源装置、12V 乾電池、脱脂綿、
シャーレ(脱脂綿とクリップを接続するため)、クリップ、電流計

(3) 実験装置

図1のようにカイワレダイコンの種子を両端にクリップを取り受けた脱脂綿の上に置き、電源装置と接続した。装置での電流の大きさを測るために電流計を装置につけ、計測した。

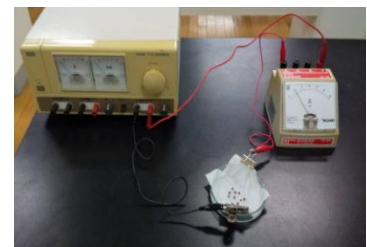


図1. 実験装置

(4) 条件

a. 加えた電圧及び加え方

- ・300V 脱脂綿下のみ (図2)
- ・300V 脱脂綿上下ではさむ (図3)
- ・12V 乾電池 脱脂綿下のみ
- ・電圧を加えない【対照】

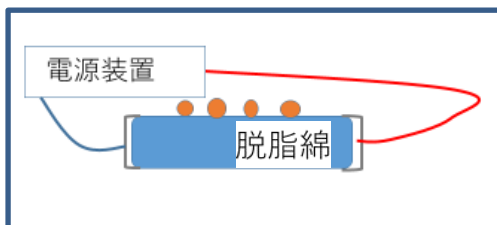


図2. 脱脂綿下のみ

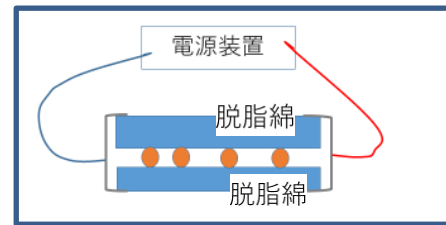


図3. 脱脂綿上下で挟む

b. 通電時間

・通電した時間

30 秒, 60 秒, 90 秒, 5 分の 4 パターンに加え、12V 乾電池のみ実験期間中通電し続けるものも用意した。(乾電池は5パターン準備した。)

・通電時間の設定の理由

30 秒間隔で時間を設定することで 30 秒ごとの時間の変化を調べた。また、さらに長い時間電圧を加えればどうなるのか、電圧をずっと加え続けるとどのような影響があるのか調べるため、5 分通電させるものと通電し続けるものを追加した。

c. 通電時の電流の大きさ

通電時の電流の大きさは表 1 のようになった。脱脂綿下のみ比べて上下ではさんだ種子にかかる電流の方が 2 倍近くなった。また、12V 乾電池による通電時の電流の大きさは、すべて 0.1mA となった。通電時間が長くなると電流の振れ幅が大きくなった。

条件 (300V)	電流 (mA)	条件 (300Vはさみ)	電流 (mA)
30秒	9・4	30秒	18～19・19～21
60秒	6・6	60秒	16～18・18～19
90秒	6・12～15	90秒	16～18・17～18
5分	4～5・6～10	5分	12～18・15～25

表 1. 条件による電流の大きさ

(5) 実験方法

上記 (3) の実験装置を用いて、1 回の通電でカイワレダイコンの種子 10 個(シャーレ 10 個につき種子 10 個)に電圧を加えた。そして、それを上記 (4) の電圧・時間の条件ごと種子 10 個シャーレ 2 枚の 20 個ずつ通電させ、発芽・成長の様子を観察した。

4. 実験 1 結果

(1) 観察

・1,2 日目

発芽した種子はなかった。

・3 日目

発芽する種子がみられるようになった。
発芽した種子の数は対照で 20 個中 8 個に対し、電圧を加えたものでは 20 個中最大 16 個(300V, 脱脂綿上下, 通電 30 秒)、通電させたもののすべての平均を見ると 20 個中平均 12 個の発芽となり、電圧を加えた種子の方が多く発芽した。また、通電したものの中で比べると、300V 脱脂綿上下で通電させた種子の発芽率が最も高く、平均 14 個発芽した。

	300V 下のみ	300V 上下	12V 乾電池
30秒	9	16	13
60秒	7	11	12
90秒	15	14	8
5分	13	15	12
継続	/	/	7

表 2. 発芽数 (3 日目)

・4日目

発芽している種子は対照 20 個中 11 個に対し、電圧を加えたものは変わらず 20 個中平均 12 個となり、発芽数の差は縮まった。最も発芽率が高かったのは、300V 脱脂綿上下で通電させた種子で、平均 15.25 個発芽した。

一方、成長の度合いについては、各条件において最も成長しているもので比べると、対照が 2.3cm、通電した種子は平均 2.1cm で大きな差はなかった。

	300V 下のみ	300V 上下	12V 乾電池
30秒	9	16	13
60秒	7	11	13
90秒	15	16	9
5分	16	18	12
継続	/	/	8

表 3. 発芽数 (4 日目)

・5日目

ほとんど全ての種子が発芽した。対照についても、20 個中 20 個すべてで発芽した。

また、各条件で最大の長さになったものは対照 5.2cm、通電した種子は平均 4.9cm となった。なかでも、対照、12V の 30 秒通電した種子と 5 分通電した種子は、他の条件と比べて全体的に成長が良かった。

	300V 下のみ	300V 上下	12V 乾電池
30秒	16	19	19
60秒	20	18	19
90秒	20	19	16
5分	19	18	19
継続	/	/	17

表 4. 発芽数 (5 日目)

(2) 最終結果 (7 日目)

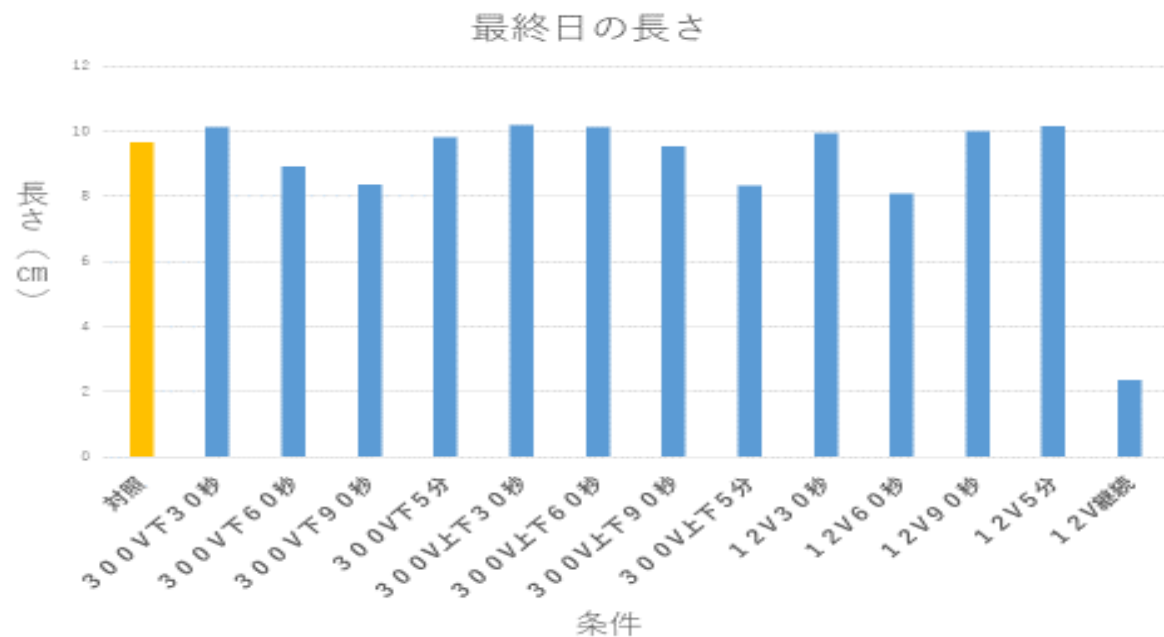


図 4. 最終日の長さ

- 300V 脱脂綿下のみ

30 秒から 90 秒の通電時間で比べると、芽の平均の長さは徐々に短くなっているが、5 分通電させた芽では、平均の長さが長くなっている。対照と比べて長くなっていたのは、30 秒、5 分通電させたものであった。

- 300V 脱脂綿上下ではさむ

30 秒、60 秒では、芽の平均の長さは、ほとんど同じであったが、90 秒、5 分となるにつれて、長さは短くなっていった。対照と比べて長くなっていたのは 30 秒、60 秒通電させたものであった。

- 12V 乾電池

30 秒、90 秒、5 分では対照を上回ったが、60 秒では、他の条件よりも短くなった。また、継続して電気を流し続けた場合の平均の長さが、すべての中で最も小さい値となった。

- 発芽した数の推移

電圧の加え方ごとの発芽した種子の数の推移は、3 日目、4 日目では 300V 脱脂綿上下で通電させた種子の発芽が他の条件よりも多くなった (図 7)。しかし、最終的にはどれも同じ程度発芽した。

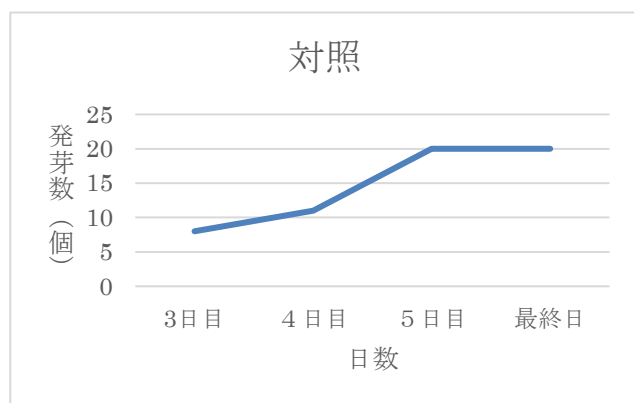


図 5. 発芽した種子の推移 (対照)

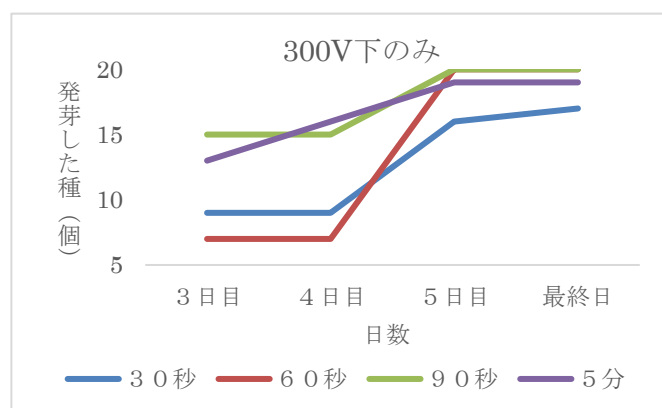


図 6. 発芽した種子の推移 (300V 下のみ)

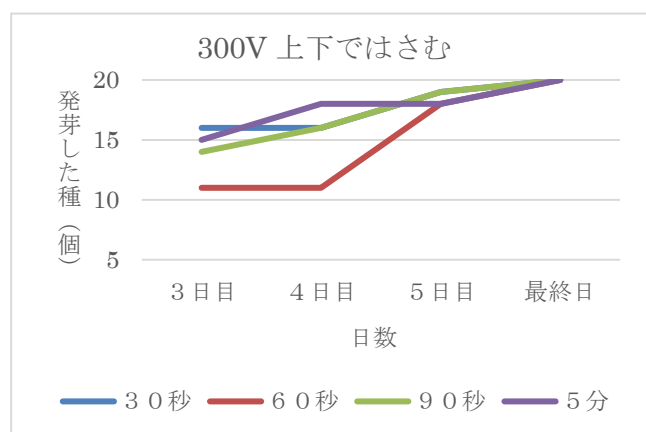


図 7. 発芽した種子の推移 (300V 上下ではさむ)

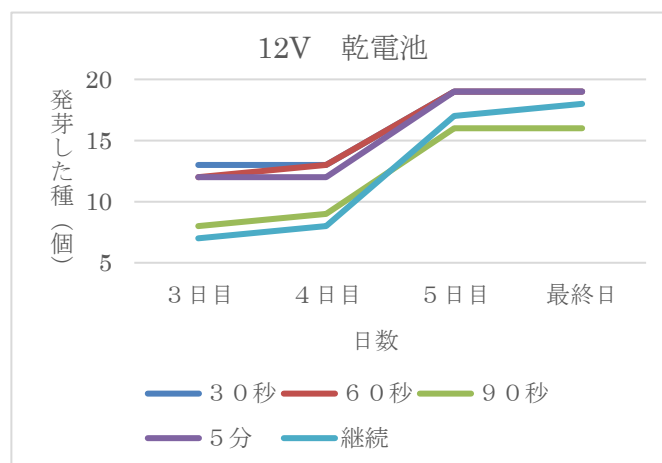


図 8. 発芽した種子の推移 (12V 乾電池)

・最終的な発芽数

最終的な発芽数は、すべてにおいて16個以上となりほぼすべての種子が発芽した。(対照は20個発芽した。)

	300V 下のみ	300V 上下	12V 乾電池
30秒	17	20	19
60秒	20	20	19
90秒	20	20	16
5分	19	20	19
継続	/	/	18

表2 発芽数 最終結果

5. 実験1 考察

発芽は、3日目、4日目には通電させた種子のほうが明らかに多く発芽したことから、電圧を加えることには発芽を早める効果があると考えられる。また、発芽率については3日目、4日目では300V 脱脂綿上下で通電させた種子の発芽が多く、5分通電させた種子でも発芽率が高かったため、電流が流れる量や時間が多いいほどで発芽が促進されることが考えられる。しかし、5日目以降はすべての条件でほとんどの種子が発芽したため、発芽率の変化はあまり見られなかった。加えて通電させた種子のほうが最終的な発芽率は低くなっており、一部の種子は通電によって発芽しなかった可能性もある。発芽後の成長については、各加え方で電流の大きさは異なっており、電圧の大きさも300Vと12Vの2種類で実験を行ったが、最も伸びたもので比べると最終結果での平均の長さは通電させたものの間では差がなかった。ここから電流や電圧を変化させても、成長を進めることには限界があるのではないかと考えられる。ただし、どの加え方で電圧を加えても、いずれかの時間でその伸びが対照よりも上回る結果となり、最も長くなる通電時間には、加え方によって差があった。この結果から、各加え方で最適な通電時間があると考えられる。今回の実験では、30秒電圧を加えたとき、すべての加え方で平均の長さが対照を上回っているため、電圧を加える時間を短くすると電圧による変化は少なくなる可能性がある。また、12V 乾電池で継続して電圧をかけ続けた種子では、ほかの種子と比べて、発芽も成長も著しく結果が悪くなっていることから、あまりに長時間電流を流し続けると、発芽や成長に悪影響を及ぼすと考えられる。

6. 実験1からの疑問点

- 成長促進の限界値はどの程度か。
- 実際に種子に加わった電圧は電源装置や乾電池からの電圧と一致しているのか。
- 通電させたときの種子の電極からの位置は発芽や成長の度合いと関係があるのか。

7. 実験2 目的

- ・上記bより、種子に実際に加わった電圧と種子の発芽、成長の関係を調べる。
- ・上記cより、種子と電極の距離による発芽、成長の関係を調べる。

8. 実験2 実験方法

(1) 実験日

12月20日～12月28日

(2) 用意したもの

カイワレダイコンの種子、電源装置、アルミホイル、脱脂綿、シャーレ（脱脂綿とクリップを接続するため）、クリップ、電圧計

(3) 実験装置

実験1に同じ。ただし、電流計は除いた。また、通電時に種1つずつを電圧計ではさんで種に実際にかかる電圧を測定した。

(4) 条件

a. 加え方 (加えた電圧はすべて 300V)

- ・脱脂綿下のみ
- ・脱脂綿+アルミホイルの短冊 (図 9)
アルミホイルの幅 2cm
アルミホイルの間隔 3cm

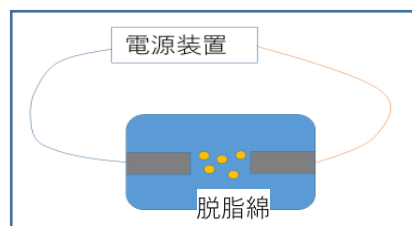


図 9 短冊型

- ・脱脂綿+アルミホイルの帯 (図 10)
アルミホイルの幅 6cm
アルミホイルの間隔 1cm
- ・対照 (電圧を加えない)

b. 通電時間

30 秒, 60 秒, 90 秒の 3 パターンで実験した。

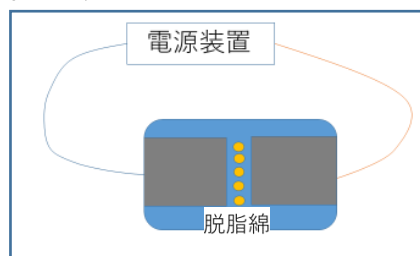


図 10 帯型

c. 種子に加わる電圧

今回は種子 1 つずつにかかる電圧を測定しようと試みましたが、計測された電圧の値は同時に通電した種子でも十数 V から 300V 近くまで差が開くものがあったり、同じ種子を測定していても 10V から 20V のふり幅が見られたりした。そのため、今回は正確な値を判定することができなかった。だが、300V よりも低い値になっているものが多くみられた。

(5) 実験方法

- ① 上記 (2) の実験装置を用いて、1 回の通電でカイワレダイコンの種子 10 個 (シャーレ 10 個につき 種子 10 個) に電圧を加え、それを上記 (3) の電圧・時間の条件ごと種子 10 個シャーレ 3 枚の 30 個 ずつ通電させた。今回は対照の種子は 10 個で実験した。
- ② 発芽・成長の様子を観察する。

9. 実験 2 結果

(1) 観察

- ・1~3 日目 発芽した種子は見られなかった。

日数	新たに発芽した条件および発芽数(個)
4日目	短冊型 90 秒×1、短冊型 60 秒×1、脱脂綿下 90 秒×1
5日目	帯型 60 秒×1、帯型 30 秒×1、脱脂綿下 30 秒×1
6日目	短冊型 60 秒×1、短冊型 30 秒×1、帯型 60 秒×1 短冊型 90 秒×2、脱脂綿下 30 秒×3、脱脂綿下 90 秒×4
7日目	帯型 60 秒×1、帯型 30 秒×1、脱脂綿下 90 秒×1、脱脂綿下 60 秒×1
8日目	短冊型 30 秒×1、短冊形 60 秒×1、帯型 30 秒×1、脱脂綿下 60 秒×1

表 3. 実験 2 発芽した種子

(2) 全体の結果

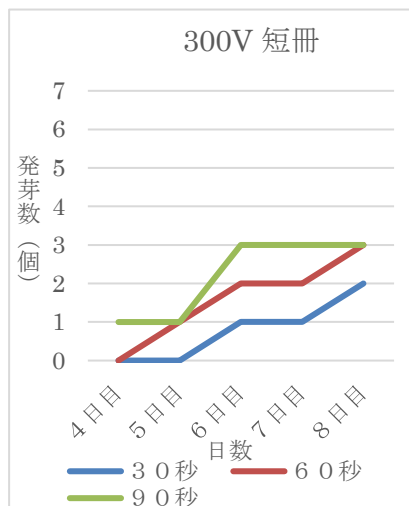


図 13. 300V 短冊 発芽数

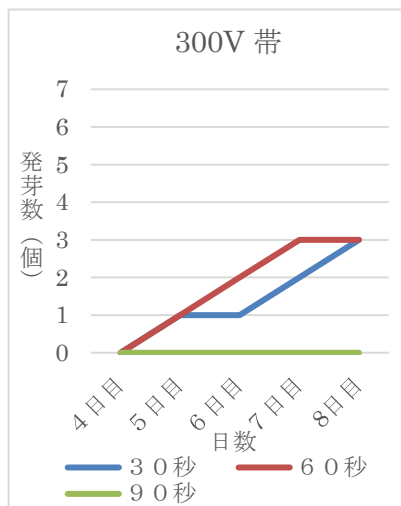


図 14. 300V 帯 発芽数

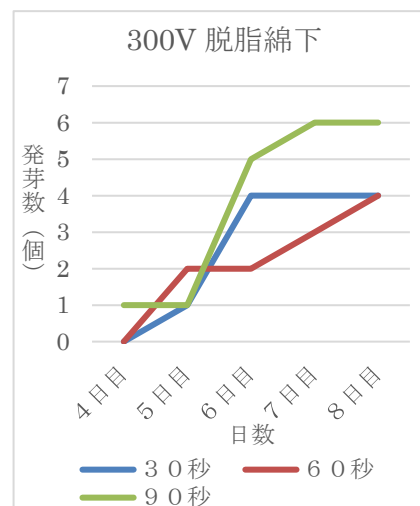


図 15. 300V 脱脂綿下 発芽数

脱脂綿下と比較すると、短冊型及び帯型は発芽率が低い。また、対照は観察期間中発芽した種子は見られなかった。

10. 実験 2 考察

今回の実験 2 では、前回に比べて明らかに発芽数が少なくなった。これは、実験 1 が 8 月に対して実験 2 は 12 月で行ったため、実験環境の気温の差によって発芽や成長が遅れたためである。

また、短冊型、帯型ともに脱脂綿のみの種子の発芽率を上回らなかった。さらに帯型では通電時間が長いと発芽が少なく、短冊型やアルミホイルなしでは、通電時間が長いと発芽が多くなる傾向がみられた。この結果から、電極と種子の距離にも適当な距離があり、その距離と通電時間には関係性があることが考えられる。

11. まとめと展望

2 回の実験を通じて、電圧を加えることで、種子の発芽を早める効果があることが分かった。また、ある特定の通電時間及び電圧の加え方であれば、成長についても促進させる効果があることが分かった。加えて、通電時間や電極からの距離には適当なものがあるとも考えられる。

今後は、それぞれの電圧の加え方での最適な通電時間や距離を調べるために、さらに通電時間や加え方のパターンを増やして実験を行っていききたい。また、今回の 2 つの実験では、成長の限界値と種一つ一つにかかる電圧について明らかにすることができなかった。そのため、成長の限界値の有無やあるとすればどの程度なのか確かめたい。また、種一つ一つにかかった電圧ごとに発芽や成長の比較も行っていきたい。