

論 文

静電界・イオンによる農作物の成長促進 効果に関する実験

白 希 堯*, 陳 作 礼*, 馬 文 田*, 姜 兆 仁**
 劉 慎 言*, 李 成 育***, 李 曉 玲***

(1984年7月2日受理)

Experiments on Growth Effect of Crops Promoted by an Applied Electrostatic Field and Ions

X.-Y. BAI,* Z.-L. CHEN,* W.-T. MA,* Z.-R. JIAN,**
 S.-Y. LIU,* C.-Y. LI*** and X.-L. LI***

(Received July 2, 1984)

Applying electrostatic field and ions to plants, the synthesis of ATP and the chemical reactions of the organic and mineral matters are activated remarkably since the inductive potentials of the photosynthetic membranes rise up. Hence, the growth of plants is promoted. Our goal is to cultivate vegetations under the human will. In this paper experimental results tried on a few vegetations are presented.

1. はじめに

外部静電界とイオンとの作用によって農作物の誘導膜電位が増大し、ATP の合成が著しく活性化されて、有機物および鉱物の代謝が強増される。その結果、農作物の生長速度が促進されることになる。われらの研究目的は農作物を人間の意思に従って生長させることにある。

2. 静電界・イオンの植物へのエフェクト

緑色植物は生活期間において、たえず何らかのエネルギーによって有機物代謝、鉱物代謝、水分代謝などを営んでいる。こういう反応はサイズの大きい分子でなくして、それよりもサイズのずっと小さく、敏感に移動可能で、しかも非定着で反応にあずかるアクティビティの高い電子の寄与によるものである。

色素に吸収された光エネルギーがアクティベーションエネルギーとして色素の中で転移され、最後に光化学反応中

心に伝送される。反応中に励起されたこのアクティベーションエネルギーがまた化学エネルギーの状態に移りかわるが、この転換のメカニズムは反応中心における両物質 A と B との間の電子伝送反応に属するもので、次式のように正と負の電荷に分離される。



ここで Chl は葉緑素、*B は励起状態を表わす。

電子は酸化還元の電位勾配と逆方向に転移して、葉緑素の得たアクティベーションエネルギーが $A^- \cdot B^+$ という形の化学分離エネルギーに転換される。 A^- と B^+ はまたそれぞれ葉緑体中の他の酸化還元物質と反応を起こす。したがって一連の電子伝送反応を引き起こして、最後に H_2O から生じた O_2 が NADP (co-enzyme II) との還元をもたらす。このように、電子伝送反応が光合成作用のメカニズムの基礎¹⁾ をなしている。

以上のように光で励起されたアクティベーションエネルギーが化学エネルギーに転換され、それと同時に電子伝送反応とカップリングする高エネルギーの中間体 ATP が生成される。それによって H^+ が吸収されることと葉緑体形態が変化することなどが引き起こされる。

光の励起作用によって酸化還元電位の低い物質が還元され、酸化還元電位の高い物質が酸化されるとともに、その酸化還元電位の勾配の変化に伴って、電子伝送が引き起こされる。また、同時にこれとのカップリングも発生して酸化が行なわれる。この光リン酸化反応の進行中

* 鞍山市静電技術研究所（中華人民共和国遼寧省）
 Research Institute of Electrostatic Techniques,
 Anshan, Peoples Republic of China

** 大連工学院物理学部
 Faculty of Physics, Dalian Institute of Technology

*** 鞍山市大孤山農科站
 Research Station of Agricultural Science, Dagushan, Anshan

において、電界とイオンを作用させると、この作用は光リン酸化反応の効率に影響を及ぼすものと考えられる。

一般に ATP 合成に要する駆動力は次式によって示される。

$$\Delta H_{hv} + \Delta E_{hv} + \Delta E_{EF} \quad (2)$$

ここで ΔH_{hv} は光で形成された膜内外における陽子勾配、 ΔE_{hv} はイオン・電子で形成された膜内外の電位差、 ΔE_{EF} は外部の印加電界による誘導膜電位の増加値である。この印加電界による誘導膜電位の増加が光リン酸化反応の中で、高エネルギー結合を形成する駆動力の一部となるであろう。実験からは印加電界が ATP 合成の利得効果に著しい影響を及ぼすことが発見されている。すなわち後述するように、葉緑素の中での印加電界が 60~80 V/cm、印加時間が 5, 10, 15 秒であるときの ATP 合成の利得効果は、それぞれ 33, 43, 51%²⁾となつており、電界を印加する時間が増加するにつれ、ATP の合成が促進されることが明らかになっている。この印加電界による誘導膜電位こそ、電子伝送システムに影響を与え、電子伝送のスピードを上げさせ、ATP の合成に寄与するものである。すなわち、外部から印加した電界が光リン酸化反応における高エネルギー結合を形成する駆動力の一部となって、ATP の合成効果を促進させるわけである。しかしてこの印加電界の強度と光リン酸化反応における高エネルギー状態の蓄積とは正の相関関係を示すのである。

次に植物ができるだけ多くのイオンを空気中から吸収すると、だいに成長してほど先のように突起に富む葉片、円錐形のつぼみや先のとがった樹冠のようになる。それによつても表面電荷密度と細胞膜内外の電位差を増加させ、電子伝送システムに影響が生ずる。これも光リン酸化反応における高エネルギー結合を形成するための駆動力となって、ATP の合成量を増加させることになる。正、負イオンの増加はすべて Fe の吸収とそれに含まれる Fe 酵素の生成を増進させ、葉緑素における高エネルギー化合物 (ATP) の代謝を促進させて、核酸代謝と酸素の吸収を増大させることができる。しかしてこれらのこととはすべて植物の成長速度を増加させることに関係する。たとえば正、負イオンの濃度が 10^4 個/cm³ のとき、液育成植物の成長率（長さと重さ）は 50%³⁾ほど増加させることができる。それにもかかわらず植物の蛋白質、糖および葉緑体の含有量に変化を与えないことがわかっている。また逆に空気中のイオンを除去すると、植物の成長率を低下させることもできる。

3. 実験と結果

印加静電界とイオンが幾種類の農作物の成長に効果を

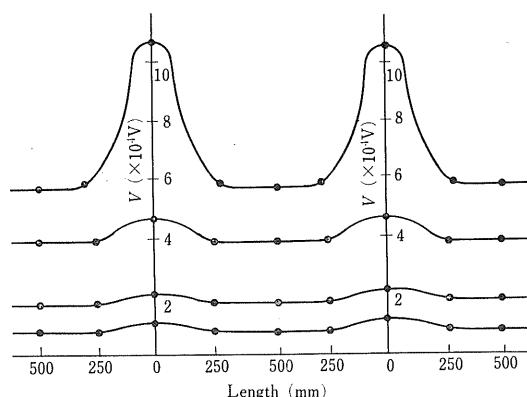


図 1 空間電位分布

Fig. 1 Potential distribution.

与えるかを調べるために、実験を行なった。実験では、トマト、きゅうり、大豆およびとうもろこしに対して静電界とイオンを照射し、その成長効果に関する測定を行なった。その結果初步的な実験データから、影響の大なることが見いだされた。したがって農作物の成長速度をコントロールすることと、促進させることができると期待できる。

静電気による農作物の成長効果実験から得られた空間の静電電位分布は図 1 に示すとおりである。図から農作物生長点の静電電位はほとんど等しく、その差は非常に小さいと見られる。イオン風とイオンの拡散による農作物生長点におけるイオン濃度の差も非常に小さい。したがって実験場では静電電位、イオン濃度ともほとんど一様な実験条件になっていると判断される。

最初の試験では、きゅうり（津引二号）といんげん豆の生長点に +36 kV の電圧を印加したところ、生長点

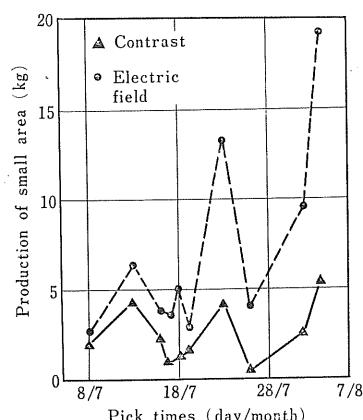


図 2 トマトの産量と収穫時間曲線

Fig. 2 Production of tomato vs. the pick times.

が電撃を受けて枯萎した。そこでその後は静電圧を+18 kVに下げ、イオン濃度は 14×10^6 個/cm³で実験した。

その結果は表1に示してある。表からわかるように静電界中のきゅうりの茎の太さは比較のために実施しているコントラスト区で栽培しているものより21%増加し、

葉片数は6%多くなり、結実率は50%増加した。その結果24%の増産を見た。

次にトマト（強力米寿）の生長点に+18 kVの静電界を印加し、イオン濃度が 14×10^6 個/cm³であった場合、トマトは株高の高い、茎の太い、葉は厚くて大きくな

表1 静電界・イオンの作用による種まききゅうり（津引二号）の生長効果

Table 1 Effect of electrostatic field and ions on growth of direct seeding cucumber (Jinin No. 2).

Density of ions (cm ⁻³)	Potential of growing point (kV)	Thick of stem (cm)	Number of leaves (piece)	Ratio of borne-fruit (%)	Colour and lustre of seedling	Production in small area (kg)	Ratio (%)
+ 14×10^6	+25	1.29	29.6	150	Deep green	154.7	124
0	0	1.07	28	100	Yellow green	124.1	100

表2 静電界・イオンによるトマト（強力米寿）の生長効果

Table 2 Effect of electrostatic field and ions on growth of tomato (High-potency Mishou).

Density of ions (cm ⁻³)	Potential of growing point (kV)	Height of stump (cm)	Flower spike number of three cluster (cm)	Ratio (%)	Number of borne-fruit	Ratio (%)	Production in small area (kg)	Ratio (%)	Time ahead for borne-fruit (days)
+ 14×10^6	+18	40	80	286	87	249	139.4	285	5
0	0	35.6	28	100	35	100	49.0	100	0

表3 静電界・イオンによる大豆（鉄半18号）の生長効果

Table 3 Effect of electrostatic field and ions on growth of soybean (Tiefen No. 18).

	Class No. 1	Class No. 2	Mean	Contrast
Potential of growing point (kV)	25	25	25	0
Density of ions (cm ⁻³)	14×10^6	14×10^6	14×10^6	0
Height of main stem (cm)	93.6	71.2	82.4	70.9
Branch number	10.3	8.7	9.5	6.3
Number of pods				
One grain pod	26	38.3	32.2	23.8
Two grain pod	71.5	65.7	68.6	67.5
Three grain pod	40.5	33.2	38.9	35.9
Four grain pod	0	0	0	0
Sum	138.9	137.3	138.1	117.8
Height of branch bearing first fruit (cm)	7.4	6.0	6.7	7.9
Total grains of a plant	294.1	269.3	281.7	266.5
Grains having worm hole	29.8	35.3	32.6	44.9
Production of a plant (g)	62.31	57.87	60.09	52.95
Habits and characteristics				
Limited	8	10	9	10
Second limited	1	0	0.5	0
Infinitied	1	0	0.5	0
Production in small area (kg)	5.4	7.18	6.3	4.85
Ratio (%)	112	148	130	100

表4 静電界・イオンの作用によるとうもろこしの生長効果
Table 4 Effect of electrostatic field and ions on growth of maize.

Potential of growing point (kV)	Density of ions (cm ⁻³)	Length of fruit (cm)	Diameter of fruit (cm)		Fruit			Production ratio of small area (kg)	Tip of bald (cm)		
			Ext.	Int.	Weight (g)	Lines	Quantities of grain (g)				
Field I	25	14×10^8	21.25	5.17	3.00	275.8	17.0	657.3	244.2		
Field I	25	14×10^6	21.60	5.05	2.92	243.4	15.6	648.8	213.2		
Mean	25	14×10^6	21.43	5.11	2.96	259.6	16.3	653.1	228.7		
Contrast	0	0	21.23	5.05	248.9	15.4	578.2	213.7	85.80		

表5 電界・イオンの作用による農作物の増産効果

Table 5 Increased production of crops by electrostatic field and ions.

Crops	Density of ions (cm ⁻³)	Potential of growing point (kV)	Production ratio (%)	Time ahead for borne-fruit (day)
Tomato	$+14 \times 10^6$ 0	+18 0	285 100	5 0
Cucumber	$+14 \times 10^6$ 0	+25 0	124 100	
Kidney bean	$+14 \times 10^6$ 0	+25 0	121 100	
Green radish	$+14 \times 10^6$ 0	+18 0	112.1 100	
Maize	$+14 \times 10^6$ 0	+25 0	127 100	5 0
Soybean	$+14 \times 10^6$ 0	+25 0	130 100	

表6 きゅうり, トマトの成分表
Table 6 Compositions of cucumber and tomato.

Samples	Electrostatic potential (kV)	Density of ions (cm^{-3})	Compositions (%)								
			Fat	Protein	Carbohydrate	Ash	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca
Cucumber	0	0	5.24	21.18	41.86		0.0250	0.0062	0.0018	0.0031	0.255
	+25	$+14 \times 10^6$		17.87	40.62		0.0072	0.006	0.0012	0.0020	0.242
Tomato	0	0	4.95	19.55	43.78	10.06	0.0113	0.0044	0.0015	0.0020	0.101
	+18	$+14 \times 10^6$	6.25	21.13	44.49	10.17	0.0112	0.0053	0.0015	0.0028	0.081
	+18	$+14 \times 10^6$	4.66	20.56	37.12	9.12	0.0153	0.0043	0.0015	0.0018	0.037

なり、しかも色は深緑に変化を見せた。これはコントラスト区のものにくらべて3たばの開花数が1.86倍、株高が4.4 cm、結実数が1.49倍の増加を見せ、そして結実期も5日間繰り上がり、生産高が1.85倍に增加了。その詳細な結果は表2と図2に示す。

試験場において、大豆ととうもろこしの生長点に+25 kVの静電圧を印加し、イオン濃度が 14×10^6 個/ cm^3 の場合、コントラスト区のものに比べて、大豆の株高は16%高くなり、かぶだちは51%増加し、結実数が17%増加した。しかし初生果の長さは逆に1.2 cm短くなった。また1株の全粒数が6%増加し、1株の生産量が14%増加して小区生産量では30%の増産をみた。表3を参照されたい。とうもろこし(沈丹三)の生長効果もありあいに著しい。それは行が多くなり、粒が多くて重い、そして結実しない部分が0.97 cmに減少した。増産率は27%であった。表4を参照されたい。

以上のように田畠試験場での探索試験においては、静電気作用で農作物がひとしく増産効果を示した。それは表5に示してある。野菜のなかで増産効果のもっとも著しいのはトマトでありその次はきゅうりである。田畠作物の大さととうもろこしも増産効果が見られた。

静電界とイオンの作用が植物の組成に対してどんな影響を与えるかについては、きゅうりとトマトの組成分析を試み、コントラストのものと比較した。その詳細は表6に示してある。各成分の含有量はあまり変化していない。きゅうりでは蛋白質、鉄、マンガンの含有量が比較的大きな減少を示しているが、糖、カルシウム、亜鉛、銅等の含有量は少しの減少である。トマトでは脂肪、蛋白質、糖などがひとしく増加を示している。そのほかの成分は差があまり著しくない。

4. む　す　び

以上の実験結果からわかるように、外部静電界とイオンは光リシン酸化反応を強め、ATPの合成効果を高めていると判断される。また農作物の生長速度を促進させる効果もあることが確認された。

参　考　文　献

- 1) 鈴木周一、相澤益男：化学、27 (1972) 1026
- 2) 郁士貴等：植物生理学報、9 (1983) 269
- 3) 康智達：自然雑誌、5 (1983) 843