電気分解水が水耕植物の生育におよぼす影響(第3報) —電解水の酸化還元電位が水耕コマツナの生育におよぼす影響—

松尾昌樹・島 淳人

千葉大学園芸学部 271 松戸市松戸

Effects of Electrolytic Water on the Growth of Soilless Culture Plant (3)
—Effects of the Oxidation Reduction Potential of Electrolytic Water
on the Growth of *Komatuna* in Soilless Culture—

Masaki MATSUO and Atsuhito SIMA

Department of Horticulture, Chiba University, Matsudo, Chiba 271 Japan

Summary

To investigate the effects of the oxidation reduction potentials(ORP) of electrolytic water and its solution mixed manure on the early growth of soilless culture plant, *Komatuna* was cultured during ten days by using the electrolytic water solutions, which adjusted to the three ORP values in the region of 100~750 mV, and to the almost constant pH of 6.5 ± 0.25 .

In the case of the ORP was as high as 700~750 mV, the length and weight of the plant(or seedling) were brightly repressed, but in the case of the ORP was as low as 100~150 mV, they were almost increased. In the case of the ORP was middle value, the length of plant was increased but its weight was slightly decreased.

At both experiments of No. I and II, the electrolytic water solution of low ORP was mainly promoted the growth of top(stem and leaf) of plant, but there were no correlative relationships between the ORP and the leaf number, the root growth, because the maximum leaf length, the fresh and dry weights of top, and the top-root ratio of fresh weight at low ORP were larger than those of control plot.

In the experiment of No. II, each ORP of two cathode water solutions was adjusted to 100~150 mV and 300~350 mV with well-water, respectively, and one solution was adjusted to 300~350 mV with anode water. Those three solutions and a control of well-water were mutually compared.

At any experimental plots, the leaf number, both fresh and dry weights of top, and the top-root ratio of fresh weight were increased, namely, the growth promotion effect at top was found, and the growth in a plot adjusted to 300~350 mV with electrolytic water was most promoted the growth.

結 言

第2報¹⁾で、電解水の酸化還元電位(ORP)と植物生育の間に、極めて密接な関係のあることが示唆されたので、本報では電解水の ORP を指標にして試験区を作り、コマツナの初期生育におよぼす影響を調べて検証した。初期生育だけから収穫時の生育結果を推定し評価するのは、第2

1993年10月18日受理

Table 1. Treatment conditions of each experimental plot (pH=6.5±0.25)

Exp. No.	Exp. plot	Treatment condition
I	700	Anode water was adjusted with cathode water to ORP of 700~750 mV
	Cont.	Well-water of ca. 500 mV
	300	Cathode water was adjusted with anode water to 300~350 mV
	100	Cathode water was adjusted with anode water to 100~150 mV
II	Cont.	Well-water of ca. 500 mV
	300+W	Cathode water was adjusted with well-water to 300~350 mV
	300+A	Cathode water was adjusted with anode water to 300~350 mV
	100+W	Cathode water was adjusted with well-water to 100~150 mV

報までの結果と予備実験から、電解水の影響は初期生育の時点で現れ、その効果は収穫時まで施用した場合と同じであったからである。

材料および方法

1. 実験 I

供試植物、栽培環境条件、育苗装置、水耕養液、測定法、測定項目などは、後述の実験 II とともに第2報と同様である。各処理区とも25粒ずつ播種し、培養室内で播種後10日間育苗した。その間、各処理区の電解水に水耕栽培肥料を同量ずつ加えた養液を1日おきに交換した。表1に実験 I と II の試験区と処理条件を示す。電解水に肥料を加えた際、pH が 6.5±0.25 内に収まるよう ORP を後述の方法で調節して、700~780 mV にした 700 区、300~350 mV にした 300 区、100~150 mV にした 100 区、さらに 500 mV 前後の ORP をもつ井水を対照区として加えて計4試験区を設けた。ORP の調節法は、電解電圧と両極水の生成量比率とを調節して得られた所望の各試験区の ORP に最も近い電解水に、同時に生成される対向極の電解水をわずかに加えながら中和することで行った。すなわち、700 区は陽極水に陰極水を添加し調整して作成し、300 や 100 区は陰極水(アルカリ水, cathode water)に陽極水(酸性水, anode water)を添加して作成した。

2. 実験 II

後述のような実験 I の結果を検討し、ORP などの要因の影響をより明確にするために、ORP の低い電解水の生育促進効果につき再度検証した。すなわち、ORP の低い電解水のみを用いて、材料や方法などは実験 I と同様にして追試した。実験 II では井水を対照区として、陰極水に井水を添加して ORP を 300~350 mV に調節した 300+W 区、および 100~150 mV に調節した 100+W 区、さらに陰極水に陽極水を添加して ORP を調節した 300+A 区の4試験区を設けた。300+W と 300+A の2処理区は、ORP が同じでも添加した陽極水中の何らかの要因が生育を促進する可能性につき検証するために設定した。

結果および考察

1. 実験 I

表2の上欄に葉枚数、最大葉長、最大根長、各部生体重と乾物重、各乾物率、生体重 T/R 比の測定結果の平均値と、Duncan の多重範囲有意差検定の結果を示した。葉枚数は全処理区が対照区に比べて少なく、最大葉長と最大根長は、対照区より ORP が低い 100 区と 300 区は対照区

Table 2. Mean growth values per stem based on the ORP of electrolytic water solution and results of Duncan's test (Exp. I and II)

Exp. No.	Exp. plot	Leaf No./stem	Max. leaf length (cm)	Max. root length (cm)	Total fresh weight (g)	Top fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Total dry weight (g)
I	700	1.8	38.1*	61.5	126.3**	116.3**	10.0	7.9**
	Cont	2.0	42.9	73.9	234.5	189.5	45.0	11.9
	300	1.7*	51.2	77.3	209.8	174.2	35.6	10.6
	100	1.9	49.3	84.9	231.0	211.0	20.0	15.4**
II	Cont	1.6	3.4	8.1	166.2	155.1	11.1	9.0
	300+W	1.4	4.7**	8.0	204.7	193.8	10.9	10.9
	300+A	1.9	4.7**	11.0*	253.4**	239.6**	13.8	15.1**
	100+W	1.5	4.3**	7.4	192.0	182.9	9.1	10.3

Exp. No.	Exp. plot	Top dry weight (g)	Root dry weight (g)	Total dry percent (%)	Top dry percent (%)	Root dry percent (%)	T/R of fresh weight
I	700	6.9**	1.0	6.3*	6.0	10.2	12.3
	Cont	10.8	1.1	5.3	13.9	7.6	14.0
	300	9.0	1.6*	5.3	11.2	8.7	11.1
	100	13.3**	2.1**	6.7**	6.3	11.6*	12.4
II	Cont	8.1	0.9	5.4	5.2	8.8	15.2
	300+W	10.0	0.9	5.3	5.2	8.4	18.9
	300+A	14.0**	1.2**	5.9*	5.7**	8.5	18.4
	100+W	9.3	0.9	5.4	5.1	11.7**	23.3*

* and ** mean significant difference to control at 5% and 1% level by Duncan's test, respectively

より大きく、また、対照区より ORP が高い 700 区は対照区より小さかった。かように最大葉長と最大根長は予想通りに ORP の高い処理区で生育抑制効果が、逆に ORP が低い処理区では促進効果がみられた。

生体重は 100 区の茎葉部を除く全処理区で、茎葉部・根部とも対照区を下回り、とくに 700 区の値は小さく、総生体重では対照区の約 50 % と半減した。乾物重は 100 区が茎葉部・根部とも対照区より重く、1 % 水準で有意差があり、700 区は茎葉部・根部とも対照区より減少した。300 区の茎葉部乾物重と総乾物重は対照区より少し減少し、根部乾物重は 5 % 水準で増大した。すなわち、700 区では生体重・乾物重ともに抑制され、100 区では根部生体重は対照区に劣るものの、乾物重は明らかな促進効果を示した。茎葉部乾物率はすべて対照区に比べ低い値を示したのに対し、根部乾物率は全処理区で大きな値を示した。このことから、電解水処理は根部の乾物率を増加させ、茎葉部の乾物率を減少させる傾向がみられた。生体重 T/R 比は対照区が最大で、処理区はすべて低い値を示したので、生体重でも根部の生育が促進されたといえる。

結局、700 区は葉枚数、最大葉長、最大根長、生体重、乾物重のすべてが抑制され、とくに生体重と乾物重は、Duncan の多重検定により 1 % 水準で対照区より有意に低下した。また、100 区は最大葉長、最大根長、各部乾物重とも増大した。300 区では最大葉長と根長は対照区より長い、生体重と乾物重はやや劣っていた。以上のことから ORP が高い場合は明らかに生育が抑制され、逆に ORP が低いと促進されることが明確となった。

2. 実験 II

表 2 の下欄に示すように、葉枚数は 300+A 区が対照区より多いが、どの試験区も大差なかつ

た。最大葉長は全処理区が対照区に対し1%水準で促進された。最大根長は300+A区が5%水準で有意に長い。他の2処理区は短かった。生体重は根部では300+A区が対照区よりも重い。有意差はなかった。茎葉部生体重は全処理区が対照区に比べ20%以上増加した。乾物重も生体重と同一傾向がみられ、茎葉部乾物重は全処理区が対照区より重かった。

以上のように茎葉部の生体重と乾物重はほとんどの処理区で増加傾向がみられた。乾物率は300+A区の茎葉部乾物率と総乾物率、100区の根部乾物率が対照区に比べ大きい。その他は対照区より小さかった。生体重のT/R比は全処理区が対照区より大きかった。すなわち、電解水処理をすると茎葉部の生育割合が大きくなるといえる。

実験IIでは結局、どの処理区も最大葉長、茎葉部の生体重と乾物重、生体重のT/R比が増加することから、ORPの低い電解水は茎葉部に対し促進効果を持つと思われる。また、100区、300+W区、300+A区の3区を比較すると、300+A区の生育が最もよく、陽極水を加えての調節の方が井水による調節より有効であった。同じ300区を比べた場合、300+W区より300+A区の方がほとんどの生育が良好なので、単にORPのみが生育を左右するのではなく、クラスターの大小(井水よりも陽極水の方がクラスターは小さい²⁾)やpH値、ミネラル含有量などの影響も考えられるが、ORPが生育に大きく関与することは確かである。

ま と め

- 1) 電解水に肥料を加えた養液のpHを 6.5 ± 0.25 の範囲内に揃え、かつ、ORPを指標にして100~750 mVの範囲で、陰極水に陽極水を添加して3段階に変えた養液を用いて、コマツナを10日間育苗し、初期生育の結果から電解水養液のORPの影響を検討した。
- 2) ORPが700~750 mVと高い養液では、苗の長さ、重量とも明らかに抑制され、100~150 mVと低い場合はほぼ促進され、その中間値では増大したが、重量はやや低下した。
- 3) 実験I, IIともORPが低い処理区は、最大葉長、茎葉部の生体重と乾物重、生体重のT/R比が対照区に比べてともに大きいことから、ORPが低い電解水養液は主として茎葉部の生育を促進させるといえるが、葉枚数と根部についてはORPと生育との間に相関関係はみられなかった。
- 4) 陰極水の養液のORPを井水で100~150 mVと300~350 mVとに調節した2区、さらに陽極水を添加して300~350 mVに調節した区を作って比較すると、どの処理区も葉長、茎葉部の生体重と乾物重、生体重T/R比が増加し、茎葉部への促進効果がみられた。また、陽極水で調節した300+A区が最も生育を促進した。

総 合 考 察

第1~3報につき総合して考察する。陰極水が生物の生育に有益なのは、そのクラスターが小さく、細胞に吸収されやすいためであると一般にいられていることは前述した。電解水のクラスターは表3(松下和弘氏の資料による)に示すように、両極水ともに水道水(=対照区)に比べて約1/2と小さいが、その1:1の混合水は水道水より大きくなっている。ゆえに、クラスターが大きい混合水で生育促進効果は観察されないはずである。しかし、第2報に示したように、クラスターは大きくてもORPの低い混合水では促進効果がみられ、反対にORPの高い混合水では抑制効果がみられた。これらの結果はクラスターの大きさが植物生育に対して影響を与える主たる

Table 3. ^{17}O -NMR of electrolytic water (by Mr. Matsusita)

Sample	Line width of NMR spectrum (Hz)
Tap water	128
Cathode water	64
Anode water	65
1 : 1 Mixed water of cath. and ano.	133

Note: The smaller line width, the smaller the cluster of sample, water temperature is 20°C

要因ではないことを示唆している。また、ORP が生育を大きく左右することは、第 3 報の結果からもいえることである。

電解水が生育に影響する原因は、その酸化力と還元力によると考えられる。すなわち、ORP が高く強い酸化力をもつ陽極水は、酸化作用で殺菌が行われる反面、酸化力で植物の細胞を傷つけ、生育に支障をきたすと考えられる。一方、生物は自己の生命代謝機能を維持するために好気性代謝を営む結果、過酸化状態に陥りやすいので、ORP の低い陰極水は、その還元力により過酸化状態を還元して正常化することで生育が促進されると考えられる。しかし、第 3 報の実験 II において、ORP の低い 100 区では生育を促進すが、約 1~2 % の割合で葉が巻き肉厚になるなどの変異もみられたので、あまり ORP が低すぎると生育が抑制されることが予想される。また、ORP が変化すれば、細胞の膜電位に影響が生じ、生育にも影響する可能性も考えられる。

参 考 文 献

- 1) 松尾昌樹・島 淳人：電気分解水が水耕植物の生育におよぼす影響(第 2 報)、植物工場学会誌, 6(2): 134~141
- 2) 松下和弘： ^{17}O -NMR 分光法による水の測定、食品工業, 36(1.30): pp. 7(1993)