

# pH, EC CONTROLLER

## PE-300



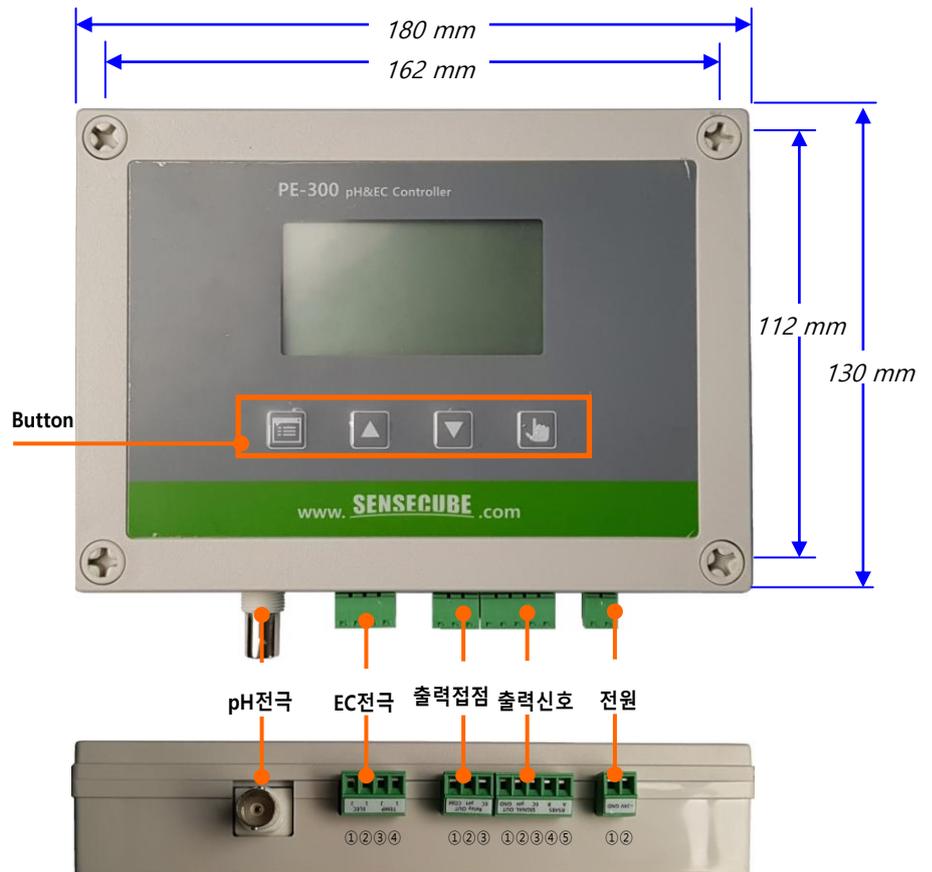


- 간편한 설치와 교정
- MCU 탑재 다기능, 고기능  
MICRO PROCESS를 이용한 신뢰성이 높은 Data 처리
- 다양한 측정치와 파라메타값 표시기능  
현재 pH, EC, 온도  
제어설정 pH, EC  
pH, EC 점점 동작 시간 및 최소 간격 설정
- 다양한 출력신호  
아날로그 4~20mA, RS-485, Relay 접점
- 자동온도보상기능  
보정계수  $\beta=2\%/^{\circ}\text{C}$
- 특기사항  
전극은 소모품입니다. 주기적인 세척과 교정 등의 관리가 필요합니다.  
  
RS-485 통신을 위한 Protocol은 별도 자료를 참조하여 주십시오.  
  
본 기기는 당사 별매품인 pH전극과 전기전도도 전극에 적합하도록 설정되어 있습니다. 이 외에 전극을 사용하실 경우 출력값이 다르게 나타날 수 있습니다.
- 외관 및 규격은 성능개선을 위하여 예고 없이 변경될 수 있습니다.

## 사양

■ 측정사양	측정범위	pH 0.0 ~ 14.0, EC 0~5dS/m, 0~10dS/m(선택)
	불확도 (@25°C)	pH $\pm 0.05$ (@ pH3 ~ pH8) EC $\pm 2\%$ F.S. (@ 0 ~ 4dS/m)
	온도보정계수	EC 자동온도보정계수 5~40°C, ( $\beta=2\%/^{\circ}\text{C}$ )
	데이터갱신 주기	1 초 이하
■ 일반사양	초기 안정화 시간	2 분 이하
	보관온도	-20 ~ 80°C
	작동환경	0 ~ 50°C, Max 95%RH
■ 사용자 인터페이스	표시기능	128x 64 그래픽 LCD
	설정기능	버튼 스위치 4개
■ 전기적 사양	사용전원	24VDC $\pm 5\text{V}$
	소비전력	1.5W 이하
	아날로그 출력	4 ~ 20mA
	통신출력	RS-485 (Baudrate 38,400bps)
■ 교정기능	릴레이출력	SPST AC250V, 3A Max 2접점
	수동교정	pH Offset (pH7), Span (pH4 or pH10) EC Offset, Span
■ 외형	외형크기	180mm x 130 mm x H36mm
	무게	약 300g (전극제외)
	고정구 간격	$\Phi 4.0$ x 4개소 162x 112

## ■ 결선 단자대



Button (좌측부터) : ①MENU, ②UP, ③DOWN, ④ENTER

EC전극 ①EC2②EC1, ③T2④T1 (EC1,EC2 와 T1,T2는 극성없음)

릴레이 출력접점 ①COM, ②pH, ③EC

출력신호 ①M(pH/EC Signal GND) ②pH(4~20mA) ③EC(4~20mA) ④RS-485(B) ⑤RS-485(A)

전원 ①DC Power (GND) ②DC Power (+24V)

## ■ 주의사항

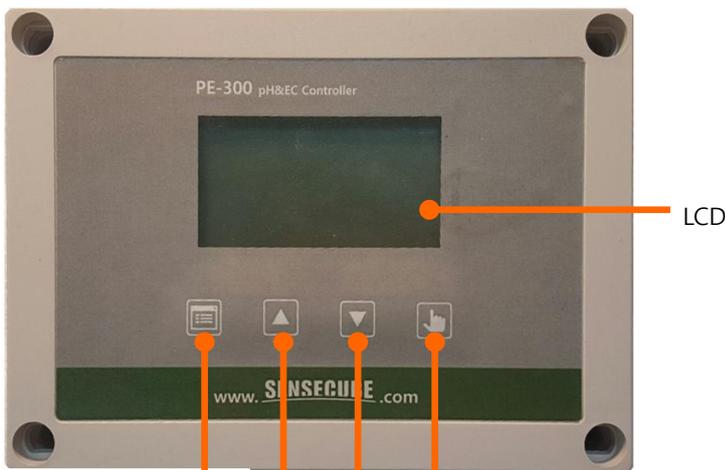
1. 본 제품은 당사의 엄격한 품질검사에 의해 출하되며, 출하 후 1년간 품질을 보증합니다.  
단 소비자 과실로 인한 파손이나 고장일 경우에는 유상으로 처리 될 수도 있습니다.
2. 고정. 취급시 외력이 가해지지 않도록 주의하여 주십시오. 외부 충격 또는 외력에 의해 LCD 파손 등의 고장이 발생할 수 있습니다.
3. 물이나 수분이 염려되는 장소에 사용할 수 없습니다. 기술적인 사항은 사전에 협의하여 주십시오.
4. pH 전극과 EC 전극은 당사의 별매품에 최적화 되어있습니다. 타사 공급 전극을 연결할 경우 정확한 작동이 안될 수 있거나 고장의 원인이 될 수 있습니다
5. 극성이 있는 센서는 반드시 극성 확인 후 연결해 주십시오.
6. 안정적인 작동을 위하여 시그널 공통단자인 '⑨M' 단자와 '@DC Power (GND)' 단자는 전기적으로 분리되어 있습니다.  
안정적인 기능을 위해 PE300의 전원은 다른 장치의 전원과 분리하여 사용하여 주십시오
7. 펌프 또는 밸브작동을 위한 릴레이 접점용량은 250VAC 3A 입니다. 용량범위를 벗어나지 않도록 주의하여 주십시오.
8. 사용전원은 반드시 다른 결선을 확인하신 후 인가되는 전압과 극성에 주의하여 연결해 주십시오.

## ■ 결선단자



- EC전극 ①EC2②EC1, ③T2④T1 (EC1,EC2 와 T1,T2는 극성없음)  
 릴레이 출력접점 ①COM, ②pH, ③EC  
 출력신호 ①M(pH/EC Signal GND) ②pH(4~20mA) ③EC(4~20mA) ④RS-485(B) ⑤RS-485(A)  
 전원 ①DC Power(GND) ②DC Power(+24V)

## ■ 조작 및 표시부



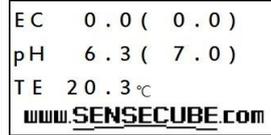
- [ ENTER ] 설정값의 변경을 확정할 경우 누른다.  
 [ DOWN ] 설정값의 변경을 내리고자 할 경우 누른다.  
 [ UP ] 설정값의 변경을 올리고자 할 경우 누른다.  
 [ MENU ] pH, EC등 변경하고자 하는 항목 페이지로 이동하고자 할 경우 누른다.

## ■ MENU 구성

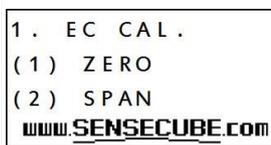
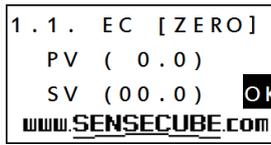
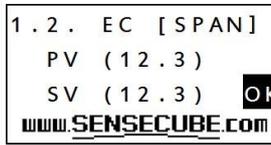
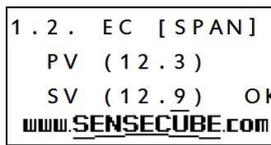
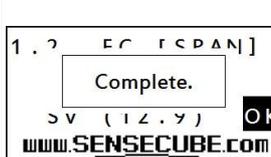
[초기화면]	[MENU 1] <b>1. EC CAL.</b>	<b>1.1. EC [ZERO]</b> : EC 전극의 0점을 설정
		<b>1.2. EC [SPAN]</b> : EC 전극의 SPAN 설정
	[MENU 2] <b>2. pH CAL.</b>	<b>2.1. pH [7.0]</b> : pH 7.0 설정
		<b>2.2. pH [SPAN]</b> : pH SPAN (4.0 또는 10.0) 설정
	[MENU 3] <b>3. EC CONTROL</b>	<b>3.1. SETTING</b> : EC RELAY의 제어값을 설정
	[MENU 4] <b>4. pH CONTROL</b>	<b>4.1. SETTING</b> : pH RELAY의 제어값을 설정
	[MENU 5] <b>5. TIME CONTROL</b>	<b>5.1. INTERVAL</b> : RELAY의 작동간격(시간)을 설정[0 :작동안함]
		<b>5.2. DURING</b> : RELAY의 작동시간을 설정
	[MENU 6] <b>6. DEVICE INFO.</b>	<b>6.1. ADDRESS</b> : ADDRESS(통신ID, MODBUS RTU) 설정
		<b>6.2. INITIALIZE</b> : 모든 설정값을 공장 설정치로 초기화

## ■ MENU 별 조작 (예)

초기화면

화면	설명
0. 초기화면 	현재의 전도도(EC), pH, 온도(TE)값을 표시합니다. ()안의 값은 설정값 입니다. 온도는 제어기능 없이 표시기능만 있습니다.

EC 전극 보정 : 전극 교체 후 또는 주기적으로 확인해 주십시오.

화면	설명	키
1. EC보정 	EC보정. (1) 0점설정 (2) SPAN설정	초기화면에서 MENU버튼으로 진입 항목선택(UP/DOWN버튼) 설정진입(ENTER버튼) 취소(MENU버튼)
1.1. 0점설정 	ZERO 설정 경우 PV: 현재값(Process Value) SV: 설정값(Set Value) ※SV값 0로 고정.	설정(OK항목/ENTER버튼) 취소(MENU버튼)
1.2. SPAN설정 	PV값 안정화 후, SV값을 설정.	이동(UP/DOWN버튼) 이동↔수치값(ENTER버튼) 수치값(UP/DOWN버튼) 설정(OK항목/ENTER버튼) 취소(MENU버튼)
※수정값 입력 	수치변경모드 : <b>반전</b> 이동모드 : 밀줄 ※ 입력버튼 이동 및 변경: UP/DOWN 모드전환 : ENTER버튼	
※설정완료표시 	설정완료 ※기타 설정완료도 동일하게 표시.	상위화면 (5초대기 또는 모든 버튼)

pH 전극 보정 : 전극 교체 후 또는 주기적으로 확인해 주십시오.

화면	설명	키
2. pH보정 2. pH CAL. (1) pH7.0 (2) SPAN www.SENSECUBE.com	pH보정 (1) pH7.0설정 (2) SPAN설정	항목선택(UP/DOWN버튼) 설정진입(ENTER버튼) 취소(MENU버튼)
2.1. pH7.0설정 2.1. pH [ 7.0 ] PV ( 6.8 ) SV ( 07.0 ) OK www.SENSECUBE.com	OK항목에서 ENTER PV: 현재값(process value) SV: 설정값(set value) ※SV값 7.0로 고정.	설정(OK항목/ENTER버튼) 취소(MENU버튼)
2.2.SPAN설정 2.2. pH [ SPAN ] PV ( 4.3 ) SV ( 04.0 ) OK www.SENSECUBE.com	PV값 안정화 후, SV값을 설정.	이동(UP/DOWN버튼) 이동↔수치값(ENTER버튼) 수치값(UP/DOWN버튼) 설정(OK항목/ENTER버튼) 취소(MENU버튼)

### EC 제어값 설정

화면	설명	키
3. EC제어값 3. EC CONTROL PV ( 0.0 ) www.SENSECUBE.com	설정되어 있는 EC의 제어값 표시	항목선택(DOWN버튼)
3. EC CONTROL (1) SETTING www.SENSECUBE.com	EC제어값 선택항목 표시	설정진입(ENTER버튼) 취소(MENU버튼)
3.1 EC 제어값 입력 3.1. EC CONTROL PV ( 0.0 ) SV ( 01.5 ) OK www.SENSECUBE.com	EC측정값이 SV보다 작은 경우, TIME CONTROL 설정에 따라 작동. ※TIME CONTROL제어시간 설정필수.	이동(UP/DOWN버튼) 이동↔수치값(ENTER버튼) 수치값(UP/DOWN버튼) 설정(OK항목/ENTER버튼) 취소(MENU버튼)

### pH 제어값 설정

화면	설명	키
4. pH제어값 4. pH CONTROL PV ( 7.0 ) www.SENSECUBE.com	설정되어 있는 PH의 제어값 표시.	항목선택(DOWN버튼)
4. pH CONTROL (1) SETTING www.SENSECUBE.com	pH제어값 선택항목 표시	설정진입(ENTER버튼) 취소(MENU버튼)
4.1. pH제어값 입력 4.1. pH CONTROL PV ( 7.0 ) SV ( 06.0 ) OK www.SENSECUBE.com	PH측정값이 SV보다 큰 경우, 펌프 제어시간에 따라 작동. ※PUMP제어시간 설정필요.	이동(UP/DOWN버튼) 이동↔수치값(ENTER버튼) 수치값(UP/DOWN버튼) 설정(OK항목/ENTER버튼) 취소(MENU버튼)

## RELAY작동시간제어[펌프제어용]

화면	설명	키
5.RELAY시간제어	5. TIME CONTROL INTERVAL 0 min DURING 0 sec www.SENSECUBE.com	RELAY 작동간격 및 작동시간 표시 항목선택(DOWN버튼)
	5. TIME CONTROL (1) INTERVAL (2) DURING www.SENSECUBE.com	설정항목선택 (1) 간격(분) (2) 작동시간(초) 항목선택(UP/DOWN버튼) 취소(MENU버튼)
5.1. 간격설정	5.1. INTERVAL PV ( 0 ) min SV ( 015 ) OK www.SENSECUBE.com	RELAY작동간격(분)을 설정 ※간격시간이 0인경우,RELAY 사용중지. 이동(UP/DOWN버튼) 이동↔수치값(ENTER버튼) 수치값(UP/DOWN버튼) 설정(OK항목/ENTER버튼) 취소(MENU버튼)
5.2. 작동시간설정	5.2. DURING PV ( 0 ) sec SV ( 010 ) OK www.SENSECUBE.com	RELAY 작동시간(초)을 설정 이동(UP/DOWN버튼) 이동↔수치값(ENTER버튼) 수치값(UP/DOWN버튼) 설정(OK항목/ENTER버튼) 취소(MENU버튼)
※릴레이제어중	EC <sup>OH</sup> 0.0 ( 1.5 ) pH <sup>OH</sup> 7.0 ( 6.0 ) TE 20.3℃ www.SENSECUBE.com	※RELAY작동 중, EC와 pH글자 우측상단에 ON표기 됨. ※EC제어값 또는 pH제어값에 도달 한 경우, 해당 RELAY작동중지.  TIME CONTROL설정 예시 

장치정보 : 초기화시 모든 설정치는 제조사 출고시의 설정값으로 변경되어 저장됩니다. 주의하여 사용하여 주십시오.

화면	설명	키
6. 장치정보	6. DEVICE INFO. ADDRESS 31 Ver 1.0.420.0 www.SENSECUBE.com	장치정보 표시 항목선택(DOWN버튼)
	6. DEVICE INFO. (1) ADDRESS (ID) (2) INITIALIZE www.SENSECUBE.com	통신장비주소(ID) 표시(DEFAULT 31) 펌웨어버전 표시 항목선택(UP/DOWN버튼) 취소(MENU버튼)
6.1. 통신 ADDRESS (ID)설정	6.1. ADDRESS PV ( 31 ) SV ( 031 ) OK www.SENSECUBE.com	MODBUS rtu ADDRESS설정 ※ 최대 31개 이동(UP/DOWN버튼) 이동↔수치값(ENTER버튼) 수치값(UP/DOWN버튼) 설정(OK항목/ENTER버튼) 취소(MENU버튼)
6.2. 초기화	6.2. INITIALIZE EXECUTE ? YES NO www.SENSECUBE.com	저장된 모든 설정값을 초기화하고 저장함. ※설정값을 잘못 입력하여, 오작동이 발생 한 경우 사용. 이동(UP/DOWN버튼) 초기화실행(ENTER버튼) 취소(MENU버튼)

## ■ 교정 준비

### ① 교정시기 및 전극수명

교정은 월1회 주기로 실시하거나 다른 측정기와 비교하여 오차범위를 벗어나는 경우에 재 교정을 합니다.

전극은 1년 정도 사용이 가능하나 사용환경에 따라 그 수명은 단축될 수 있습니다.

전극의 검출반응이 늦어지거나 값을 지시하지 못할 경우 전극을 교체하여 주십시오.

pH전극을 장기간 사용하지 않을 경우, 구입시 제공된 전극보호용기에 담고어 보관하여 주십시오.

pH전극용기는 돌려서 분리하여야 하며, 결합은 역순으로 합니다.(용기를 잡아당겨 분리하면 압력에 의해 손상이 발생 할 수 있음.)

### ② 교정 시 주의사항

교정용 표준용액은 반드시 1급 이상 또는 이와 동등한 규격의 시약을 사용하여 주십시오.

전극은 순수한 물로 세척하여 주시고, 순수한 물이 없을 경우 맑은 물로 사용하여 주십시오.

출력 값의 확인은 출력단자에 전류계 등을 연결하여 확인할 수 있습니다.

교정 시에는 전극을 용액에 담근 후 충분히 기다려 안정된 값을 기준하여 주십시오.

### ③ 센서의 청소

지문자국 및 기름성분 등이 전극에 부착 되어 있을 경우 용액을 오염시켜 정확한 교정이 어렵습니다.

기기의 정밀도와 재현성이 좋으려면 항상 전극의 청결상태를 확인하여 주십시오.

## ■ pH 교정방법

① pH7, pH4(또는 pH10)의 표준용액과 세척수를 준비하고, 전극을 세척수로 세정 후 전극에 묻은 물을 제거합니다.

② 준비한 pH7 표준용액에 전극을 담근 후 용액의 값이 출력되도록 pH 7.0을 합니다.

③ pH 7.0조정이 끝나면 전극을 세척수로 세정 후 전극에 묻은 물을 제거한 후

준비한 pH4 (또는 pH10) 표준 용액에 전극을 담근 후 표준 용액의 값이 출력되도록 pH SPAN을 조정합니다.

④ SPAN조정이 끝나면 전극을 꺼내어 세척수로 세정 후 전극에 묻은 물을 제거하고, pH7 표준 용액을 측정했을 때 출력 값이 오차범위 내에서 재현 되는지 확인합니다.

## ■ EC 교정방법

① EC 표준용액과 세척수를 준비하고, 전극을 세척수로 세정 후 전극에 묻은 물을 제거합니다.

② 건조한 공기 중에서 EC 출력값이 0에 가까운 값이 되도록 EC 0점조정을 합니다.

③ 준비한 표준 용액에 전극을 담근 후 표준 용액의 값이 출력되도록 EC SPAN을 조정합니다.

④ SPAN조정이 끝나면 전극을 꺼내어 세척수로 세정 후 전극에 묻은 물을 제거 후 사용합니다.

## ■ 참고도표

[표1] 검출 pH 대비 출력신호

pH	mA	DC V
0.0	4.00	1.00
0.5	4.57	1.14
1.0	5.14	1.29
1.5	5.71	1.43
2.0	6.29	1.57
2.5	6.86	1.71
3.0	7.43	1.86
3.5	8.00	2.00
4.0	8.57	2.14
4.5	9.14	2.29
5.0	9.71	2.43
5.5	10.29	2.57
6.0	10.86	2.71
6.5	11.43	2.86
7.0	12.00	3.00
7.5	12.57	3.14
8.0	13.14	3.29
8.5	13.71	3.43
9.0	14.29	3.57
9.5	14.86	3.71
10.0	15.43	3.86
10.5	16.00	4.00
11.0	16.57	4.14
11.5	17.14	4.29
12.0	17.71	4.43
12.5	18.29	4.57
13.0	18.86	4.71
13.5	19.43	4.86
14.0	20.00	5.00

[표2] 검출EC 대비 출력신호

EC(mS/cm)	mA	DC V
0.0	4.00	1.00
0.5	4.80	1.20
1.0	5.60	1.40
1.5	6.40	1.60
2.0	7.20	1.80
2.5	8.00	2.00
3.0	8.80	2.20
3.5	9.60	2.40
4.0	10.40	2.60
4.5	11.20	2.80
5.0	12.00	3.00
5.5	12.80	3.20
6.0	13.60	3.40
6.5	14.40	3.60
7.0	15.20	3.80
7.5	16.00	4.00
8.0	16.80	4.20
8.5	17.60	4.40
9.0	18.40	4.60
9.5	19.20	4.80
10.0	20.00	5.00

[표3] 출력신호 대비 pH, EC 검출치

mA	DC V	pH	EC (mS/cm)
4.00	1.00	0.00	0.00
4.50	1.13	0.44	0.31
5.00	1.25	0.88	0.63
5.50	1.38	1.31	0.94
6.00	1.50	1.75	1.25
6.50	1.63	2.19	1.56
7.00	1.75	2.63	1.88
7.50	1.88	3.06	2.19
8.00	2.00	3.50	2.50
8.50	2.13	3.94	2.81
9.00	2.25	4.38	3.13
9.50	2.38	4.81	3.44
10.00	2.50	5.25	3.75
10.50	2.63	5.69	4.06
11.00	2.75	6.13	4.38
11.50	2.88	6.56	4.69
12.00	3.00	7.00	5.00
12.50	3.13	7.44	5.31
13.00	3.25	7.88	5.63
13.50	3.38	8.31	5.94
14.00	3.50	8.75	6.25
14.50	3.63	9.19	6.56
15.00	3.75	9.63	6.88
15.50	3.88	10.06	7.19
16.00	4.00	10.50	7.50
16.50	4.13	10.94	7.81
17.00	4.25	11.38	8.13
17.50	4.38	11.81	8.44
18.00	4.50	12.25	8.75
18.50	4.63	12.69	9.06
19.00	4.75	13.13	9.38
19.50	4.88	13.56	9.69
20.00	5.00	14.00	10.00

주) DC 전압 출력은 부하저항 250Ω에 의한 전류 출력을 환산한 것임.

상기표는 현실적 오차를 반영하지 않은 계산에 의한 참고용임.

**SENSECUBE (센스큐브)는**

**1997년에 설립된 코리아디지털(주)의**

**산업용 센서분야 사업을 위한 등록상표입니다.**

**우리는 20년의 다양한 센서관련 전문성과 제조경험을 바탕으로**

**고객의 요구에 최적화된**

**센싱 및 측정분야의 솔루션을 제공합니다.**

KCD-PE300 MODBUS RTU프로토콜

2018-07-11 ver.E0

■ ADDRESS

address	내용	범위	연산	예시
0x0001	EC	0~5000uS/Cm	데이터 = [uS/Cm]	수신(1000) : 1000uS/Cm
0x0002	pH	0~1400	데이터/100 = [pH]	수신(702) : 702 / 100 = pH7.02
0x0003	temperature	0~60°C	데이터/10 = [°C]	수신(250) : 25.0°C

■ 전송요청

(1) EC데이터 전송요청

hex [decimal]

내용	①ID <국번>	②기능	③주소	④수량	⑤CRC16
코드	0x1F [31]	0x04 [04] <INPUT>	0x00 0x01 [00 01]	0x00 0x01 [00 01]	† 0x63 B4 [99 180]
BYTE수	1	1	2	2	2

†CRC16 : ①부터 ④까지의 데이터에러 체크용 / 데이터 값에 따라 다름

\*ID<국번> 0x00은 사용되지 않습니다.

(2) pH데이터 전송요청

hex [decimal]

내용	①ID <국번>	②기능	③주소	④수량	⑤CRC16
코드	0x1F [31]	0x04 [04] <INPUT>	0x00 0x02 [00 02]	0x00 0x01 [00 01]	† 0x93 B4 [147 180]
BYTE수	1	1	2	2	2

†CRC16 : ①부터 ④까지의 데이터에러 체크용 / 데이터 값에 따라 다름

(3) temperature데이터 전송요청

hex [decimal]

내용	①ID <국번>	②기능	③주소	④수량	⑤CRC16
코드	0x1F [31]	0x04 [04] <INPUT>	0x00 0x03 [00 03]	0x00 0x01 [00 01]	† 0xC2 74 [194 116]
BYTE수	1	1	2	2	2

†CRC16 : ①부터 ④까지의 데이터에러 체크용 / 데이터 값에 따라 다름

■ 응답

hex [decimal]

내용	①ID <국번>	②기능	③ data의 BYTE수	④data	⑤CRC16
코드	0x1F [31]	0x04 [04] <INPUT>	0x02 [02]	0x## 0x## [####]	†data에 의해 바뀜
BYTE수	1	1	1	2	2

{DATA(2byte) : unsigned16 / BIG Endian

ex) 데이터수신 0x02 0xBE → 0x02BE = 702

ex) 데이터수신 0x03 0xE8 → 0x03E8 = 1000

ex) 데이터수신 0x25 0x80 → 0x2580 = 9600

■ 예시

(1) EC 데이터통신 예시

hex [decimal]

내용	①ID <국번>	②기능	③주소	④수량	⑤CRC16
EC요청	0x1F [31]	0x04 [04] <INPUT>	0x00 0x01 [00 01]	0x00 0x01 [00 01]	† 0x63 B4 [99 180]

내용	①ID <국번>	②기능	③ data의 BYTE수	④data	⑤CRC16
EC응답	0x1F [31]	0x04 [04] <INPUT>	0x02 [02]	0x00 0x68 [104]	0x10 0xDC [16 220]

unsigned16

104 = 104uS/Cm

(2) pH 데이터통신 예시

hex [decimal]

내용	①ID <국번>	②기능	③주소	④수량	⑤CRC16
pH요청	0x1F [31]	0x04 [04] <INPUT>	0x00 0x02 [00 02]	0x00 0x01 [00 01]	† 0x93 B4 [147 180]
	1	1	2	2	2

내용	①START CODE	②ID	③ data의 BYTE수	④data	⑤CRC16
pH응답	0x1F [31]	0x04 [04] <INPUT>	0x02 [02]	0x01 0x4A [330]	† 0x91 0x55 [145 85]

unsigned16

330/100=pH3.3

■ 레지스터표

	NAME	ADDR	Register Type	Default(16bit)	RANGE	비고
1. 측정	EC value	0x0001 [1]	Input(0x04) / r	-	0~10000uS/Cm	
	pH value	0x0002 [2]	Input(0x04) / r	-	0~1400	
	Temperture value	0x0003 [3]	Input(0x04) / r	-	0~600	
2. EC 교정	EC CAL. 0	0x0100 [256]	Holding(0x03) /rw	0		
	EC CAL. SPAN	0x0101 [257]	Holding(0x03) /rw	12890		
3. EC 제어	EC CONTROL	0x0110 [272]	Holding(0x03) /rw	0	0~10000uS/Cm	
	EC INTERVAL	0x0120 [288]	Holding(0x03) /rw	0	0~1000minute	
	EC DURING	0x0121 [289]	Holding(0x03) /rw	0	0~1000second	
4. pH 교정	pH CAL. 7.0	0x0200 [512]	Holding(0x03) /rw	700		
	pH CAL. SPAN	0x0201 [513]	Holding(0x03) /rw	400		
5. pH 제어	pH CONTROL	0x0210 [528]	Holding(0x03) /rw	700		
	pH INTERVAL	0x0220 [544]	Holding(0x03) /rw	0	0~1000minute	
	pH DURING	0x0221 [545]	Holding(0x03) /rw	0	0~1000second	
4. 제품 정보	APP Type	0xFF00 [65280]	Input(0x04) / r	1		0x0000 CO2 0x0001 pH&EC
	HW Type	0xFF01 [65281]	Input(0x04) / r	2		<APP TYPE 0x0001> 0x0000 KCD-PE100 0x0001 KCD-PE200 0x0002 KCD-PE300
	SW Release	0xFF02 [65282]	Input(0x04) / r	1		
	SW Version	0xFF03 [65283]	Input(0x04) / r	2		
	SW Level	0xFF04 [65284]	Input(0x04) / r	420		
	SW Patch	0xFF05 [65285]	Input(0x04) / r	0		
5. 상태	ErrCode	0xFF10 [65296]	Input(0x04) / r	0		에러시, 관련기능 작동중지. 0 - 에러없음. 기타 - 에러발생. 하기코드표참조.
	STATUS	0xFF11 [65297]	Input(0x04) / r	0	0, 1(쓰기발생)	‡주요레지스터쓰기감지
6. TEST	RELAY TEST	0xFF20 [62312]	Holding(0x03) /rw	0	0(중단), 1(테스트)	순차작동(pH,EC)
7. 통신 설정	CMD	0xFF80 [65408]	Holding(0x03) /rw	0	0~5	0x0000 nothing 0x0001 reLoad 0x0002 설정저장 0x0003 reBoot 0x0004 FactoryReset&저장 ‡0x0005 clear ErrCode
	Address	0xFF81 [65409]	Holding(0x03) /rw	31	1~31	
	BaudRate	0xFF82 [65410]	Holding(0x03) /rw	4	0~6	0x0000 2400bps 0x0001 4800bps 0x0002 9600bps 0x0003 19200bps 0x0004 38400bps 0x0005 57600bps 0x0006 115200bps

‡CMD 0x0005는 Clear ErrCode기능의 제품에 따라 없을 수도 있습니다.

■ 레지스터 접근

Input Register Only Read(0x04)  
 Holding Register Read(0x03)/Write(0x10)

■ 쓰기예시

①ID <국번>	②기능	③주소	④수량	⑤ data의 BYTE수	⑥data	⑦CRC16
0x1F	0x10	0xFF 0x82	0x00 0x01	0x02	0x00 0x06	0xB6 0xDF

①ID <국번>	②기능	③주소	④수량	⑤CRC16
0x1F	0x10	0xFF 0x82	0x00 0x01	0x92 0x4B

쓰기성공시 응답내용

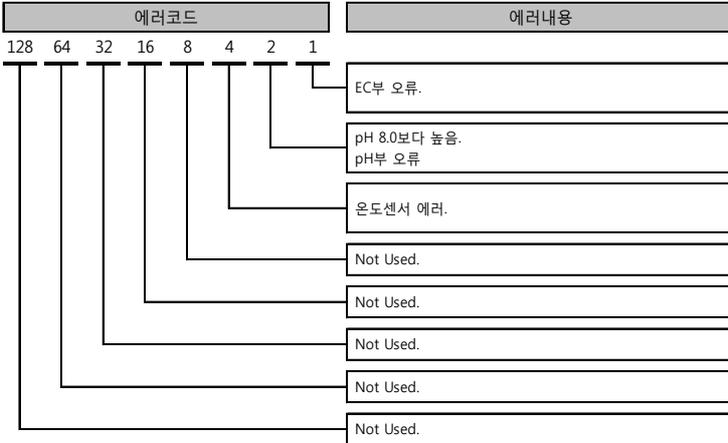
①ID <국번>	②기능	③ExceptionCode	④CRC16
0x1F	0x90	0x## [#####]	data에 의해 바뀜

**쓰기실패시 응답내용:**  
 ②항 : 0x80을 더하여 반송(0x10+0x80=0x90)  
 ③항 : ExceptionCode  
 0x01 Function Code Not support  
 0x02 Starting Address = OK  
 AND  
 Starting Address+Quantity of Registers = OK  
 0x03 Invalidate data

■ 변경사항 저장방법(설정저장)

- ① 레지스터값을 변경하면, STATUS(0xFF20)이 자동으로 1로 set되면서, 저장이 가능한 상태로 변경됨.
- ② STATUS가 1이면, CMD(0xFF80)에 0x0002을 전송하여 설정저장.
- ③ 설정저장을 실행하지 않고 재부팅시, 설정된 값이 반영되지 않음.

■ ErrCode(0xFF10)



- ① 0인 경우는 에러 없음.
- ② 에러가 동시에 발생한 경우, 에러코드의 합으로 표기 됨.  
3인 경우, EC pH오류 / 5인 경우, EC 온도센서오류

■ 버전정보

문서 버전	제품펌웨어 버전	변경내용
A / B / C	2.0.420.7 이전	해당기능 설명
D	2.1.420.0	Relay Test펌프제어 자동중단 루틴 추가(5회작동 후 자동멈춤)
E0	2.1.420.1	Err시 관련기능 작동중단. Relay Test부 제거(통신 및 버튼).

# 양액제어와 EC, pH

시설원에, 식물공장에서는 생육환경을 위해 다양한 요소의 환경제어기 필요하다. 온도제어를 위한 냉난방기 및 온도센서가 필요하고, 습도제어를 위해서는 가습기 또는 제습기와 습도센서, 광 제어를 위해서는 광원과 광량자 센서, CO2 가스농도제어를 위해서는 CO2 발생기와 환기장치, 그리고 CO2 농도센서가 필요하다. 양액제어를 위해서는 양액 공급장치와 pH(산도) 및 EC(전기전도도)센서가 필요하다.

본 내용은 양액제어를 위한 전기전도도(EC)와 산도(pH)에 대한 기본사항과 주요 내용을 간략히 정리한 것이다.

## pH 정의

pH는 산성이나 염기성의 정도를 나타내는 단위이다.

일반적으로 용액의 수소이온농도는 매우 작은 값이기 때문에 다루기가 쉽도록 pH라는 지수를 도입한 것이다.

수용액 중의 수소이온(H<sup>+</sup>)농도를 0~14의 수치로 표기하며, pH 7을 중성이라 하고 이보다 작으면 산성, 크면 알칼리성(또는 염기성)이라 한다.

pH는 potential Hydrogen을 의미하며, 부르는 방법에는 독어의 '페하'와 영어의 '피에취'로 불린다.

표기방법은 'pH'로 표기하는 것이 옳은 표기이며 'PH', 'ph', 'Ph'는 잘못된 표기이다.

## pH 값과 생육환경

순수한 물(H<sub>2</sub>O)은 자동 이온화 과정을 통해 1.0×10<sup>-7</sup>M(몰농도)의 수소이온(H<sup>+</sup>)과 1.0×10<sup>-7</sup>M의 수산화이온(OH<sup>-</sup>)을 만든다. 그래서 중성인 물의 pH는 -log<sub>10</sub>(1.0×10<sup>-7</sup>) = 7이다.

25°C에서 순수한 물의 pH는 7.0이지만 일반적인 환경에서는 대기중의 이산화탄소가 용해되어 정확히 7.0은 아니다.

지표수(Surfacewater) 및 지하수(Groundwater)는 통상 6~8.5pH 정도라고 알려져 있다.

작물은 적정 범위의 pH에서 생육이 양호하고 강산성, 강알칼리성에서는 생육이 불량해진다.

뿌리 주변(근권)의 적합한 산도의 범위는 pH 5.5~6.5로, 이 범위를 벗어나면 양분의 흡수 및 이용도가 저하되며, pH 4 이하에서는 뿌리가 손상되고 pH 7 이상에서는 인(P), 철(Fe), 망간(Mn) 등의 흡수가 저해된다

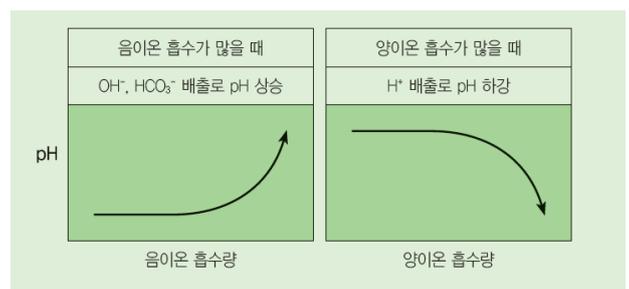
수경재배에서는 양액을 조성할 때는 양액의 농도를 조정 한 후 산과 알칼리 용액을 서서히 더해 pH를 조절한다. 양액의 pH를 낮추기 위해서는 황산이나 질산을, pH를 높이기 해서는 수산화나트륨이나 수산화칼륨을 이용한다.

## pH 관리

배양액 산도(pH)는 양분의 용해도와 작물의 양분흡수에 직접 영향을 미치며, 대부분의 작물은 토양재배와 수경재배에서 모두 pH 5.5~6.5 범위에서 대체로 생육이 왕성하다. 그 이유는 pH 5.5~6.5 범위에서 대부분의 무기양분의 흡수가 원활히 이루어지기 때문이다.

작물의 이온흡수 특성에 따른 뿌리 주변부분(근권부) 배양액 pH 변화를 보면 작물이 양이온(K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)을 흡수하면 뿌리에서 배양액으로 수소이온이 방출되어 뿌리 둘레(근권)의 pH가 낮아진다. 반대로 음이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>)을 흡수하면 수산이온(OH<sup>-</sup>)이 방출되어 뿌리 둘레(근권) pH가 높아진다. 이러한 pH 변화는 작물의 종류나 품종, 생장기, 환경에 따라 배양액에 존재하는 양이온과 음이온의 흡수비율이 달라지기 때문이다. 뿌리 주변(근권)의 pH를 적정 수준으로 유지하는 것은 수경재배에서 가장 중요한 배양액 관리 중의 하나이다.

배양액의 pH는 5.5~6.5로 유지하는 것이 좋지만 5.0~7.0의 범위에서도 작물생육에는 지장이 없다. 그러나 pH가 4.5 이하로 떨어지면 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등의 알칼리성 염류가 양액에 녹지 않는다(불용화). pH가 7.0이상일 경우에는 철이 침전되어 작물 흡수가 어렵고, 8.0 이상이면 망간과 인이 불용화되기 쉽다.



일반적으로 pH가 낮을 때에는 음이온의 흡수가, 높을 때에는 양이온의 흡수가 원활하다. 배양액 내 질산태질소와 암모니아

태질소의 비율도 pH에 영향을 준다. 작물이 암모니아 태질소를 먼저 흡수할 때 pH가 낮아지는데 배양액 pH에 따라 원예 작물의 질소 흡수특성이 달라진다. 또한 필수원소인 철은 킬레이트의 형태로 공급하지 않으면 pH가 높아지며 산화철 $Fe(OH)_3$ 의 형태로 침전된다. 킬레이트철의 종류에 따라 Fe-EDTA는 pH 7까지, Fe-DTPA는 pH 8까지, Fe-EDDHA는 전 영역에서 사용 가능하므로 상황에 맞춰 철 급원을 선택한다.

높아진 pH를 낮추기 위해서는 황산( $H_2SO_4$ ), 인산( $H_3PO_4$ ) 및 질산( $HNO_3$ ) 등을 사용하며 낮아진 pH를 높이기 위해서는 수산화칼륨(KOH)이나 수산화나트륨(NaOH)을 사용한다. 그 밖에 질산태질소와 암모니아태질소의 비율을 조정하여 pH를 조절하기도 한다. 또한 암모니아태질소( $NH_4^+N$ )를 함유한 질산암모늄( $NH_4NO_3$ ), 인산암모늄( $NH_4H_2PO_4$ ), 황산암모늄 [ $(NH_4)_2SO_4$ ]등을 이용하여 비율을 조절한다.

영양생장기 동안에는 질산태질소( $NO_3^-N$ )를 주로 흡수하여 뿌리 주변(근권) pH는 계속 상승한다. 그 이유는 영양생장기 동안 식물이 수산이온( $OH^-$ )을 방출하기 때문이다. 따라서 질산태질소의 흡수를 억제할 수 있는 암모니아태질소를 공급해서 뿌리 주변(근권)의 pH 상승을 억제할 수 있다.

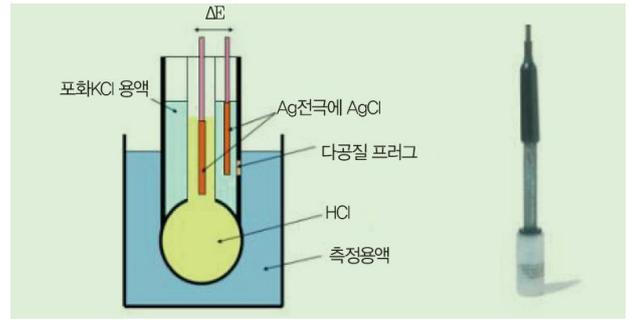
그러나 생식생장기 동안에는 식물이 칼륨을 중심으로 양이온을 많이 흡수하여 뿌리 둘레(근권)의 pH가 낮아진다. 이때에 암모니아태질소가 함유된 비료염을 사용할 경우 뿌리 둘레(근권)의 pH가 더욱 더 낮아진다. 이를 방지하기 위해서 중탄산칼륨( $KHCO_3$ )과 같은 비료를 사용하며 중탄산칼륨은 칼륨 공급원이 될 뿐만 아니라 동시에 중탄산이온( $HCO_3^-$ )이 pH가 낮아지는 것을 방지하여 pH를 안정적으로 유지한다.

배양액 자체의 pH 조절도 중요하지만, 배지의 pH를 먼저 조절하는 것이 합리적 pH관리 방법이다. 피트모스나 나무껍질(수피)과 같은 강한 산성의 배지를 사용할 때 배양액의 pH로 배지의 pH를 조절하기보다는 사용 전의 배지에 석회를 뿌려 배지 자체의 pH를 높인 후 작물을 재배한다. 양면, 입상양면, 훈탄, 목탄 등의 알칼리성 배지의 경우 배양액의 pH를 5.2~5.7로 다소 낮추어 공급한다. 반면, 펄라이트, 버미큘라이트 등의 중성 및 약산성 배지는 공급하는 배양액의 pH에 비교적 크게 영향을 받으므로 적정 범위로 조절한 배양액을 공급한다.

### pH전극 구조

pH전극은 보통 유리전극식을 사용하는데, 유리박막의 양쪽에 수소이온 농도에 따라 발생하는 전위차를 검출하여 측정하는 방식이다.

유리막형 pH센서 구조는 유리관의 끝부분에 반구 모양의 유리박막(전극막)이 있으며, 그 내부에 유리전극 내부액과 내부전극이 있다.



### pH 전극 보관 및 세척

사용하지 않는 센서를 보관할 경우, 전극의 종류와 제조사에 따라 pH 전극 보관용액을 별도로 판매한다. 하지만 보관용액이 없을 경우 4M KCl, pH 4 buffer, pH 7 buffer 용액에 보관하는 것이 좋다.

건조상태로 보관하거나 증류수에 보관하지 않아야 한다..

pH 전극이 오염되었다고 생각되어 세척이 필요할 경우, 0.1M HCl 용액 또는 0.1M HNO3 용액에 약 30 분간 담가둔 후, 탈이온수(Diwater / Deionized water)로 세척한다. 사용은 보관용액에 최소 1 시간 이상 전극을 담귀 안정시킨 다음 사용한다..

### pH 전극의 교체 및 세척 주기

pH 전극에서 생성되는 절대값(mV)은 각 제조사에 따라 전극의 종류에 따라 다르지만, 통상적으로 pH전극의 출력 전위차는 -413mV에서 +413mV를 발생한다.

산도에 따른 전위차변화의 기준 기울기 대비 약 90% 이상 기울러 지기 전에 재교정이 필요하다.

재교정 후에도 기울기가 유지되지않을 경우, 기울기가 60%이하로 둔해졌을 경우에는 교체가 필요하다.

(산도에 따른 발생 전위차는 아래 표 참조)

### pH 측정 시 외부 환경조건에 따른 차이

동일한 용액에서도 용액의 온도, pH 전극에 가해지는 외부압력, 용액의 유속등에 따라 전극의 출력값은 다를 수 있다.

25°C의 pH7 용액은 5°C에서 7.08, 60°C에서 6.98 을 나타낸다.

### pH 버퍼 용액관리

교정 및 전극확인을 위해 사용된 버퍼와 보관용액은 다시 사용하지 않는 것이 좋다. 사용하지 않은 용액이라도 대기 중에 있는 CO2 가스와 외부공기에 의한 오염으로 기준값을 유지하지 못하기 때문에 6 개월 이상 된 용액은 폐기하는 것이 좋다..

### pH 기타

측정값의 재현성(reproducible)이 좋지 않거나, 반응속도가 느릴 경우 다음사항을 확인하여 조치를 취하거나 전극을 교체하는 것이 좋다.

- 시료가 오래되었는지,
- 주변에 전기적 (광파, 전파, 누설전류 등의)간섭이 있는지,
- 용액에 간섭을 일으키는 다른 성분의 물질이 있는지
- 전극의 보관은 올바른방법으로 보관되었는지,
- 전극주변에 공기층이 있거나 측정위치가 올바른지,
- 전극의 정션(junction)이 오염되지 않았는지를 확인한다.

### <일반적인 pH 전극의 산도에 따른 전위차>

pH	mV	비고
11.0	236.0	25°C 조건
10.5	206.5	
10.4	194.7	
10.3	194.7	
10.2	188.8	
10.1	182.9	
10.0	177.0	
9.9	171.1	
9.8	165.2	
9.7	159.3	
9.6	153.4	
9.5	147.5	
9.0	118.0	
8.0	59.0	
7.5	29.5	
7.4	23.6	
7.3	17.7	
7.2	11.8	
7.1	5.9	
7.0	0.0	
6.9	-5.9	
6.8	-11.8	
6.7	-17.7	
6.6	-23.6	
6.5	-29.5	
6.0	-59.0	
5.0	-118.0	
4.5	-147.5	
4.4	-153.4	
4.3	-159.3	
4.2	-165.2	
4.1	-171.1	
4.0	-177.0	
3.9	-182.9	
3.8	-188.8	
3.7	-194.7	
3.6	-200.6	
3.5	-206.5	
3.0	-236.0	

<센서제조사에 따라 다를 수 있으면 25°C 용액에서의 참고치임>

### EC(전기전도도) 는 무엇인가

전기저항의 역수인 전기전도도(EC, electric conductivity)는 물질에 전기가 잘 통하는 정도를 의미한다.

전기전도도의 측정은 두 개의 전극판을 사용하여 전류를 흘려보내 측정하며, 전기전도도는 물속에 함유된 용존고형물질(TDS, Total Dissolved Solids)의 양과 관계가 있다. 물속에 전하를 띤 이온이 많을수록 물의 전기전도도는 커진다. 즉 어떤 비료가 물에 녹아 있는 양이 많으면 많을수록 이온량이 많아져서 전기가 잘 통하게 되는 성질을 갖게 된다. 따라서 전기의 통전성 또는 전기저항의 역수를 이용하여 양액의 농도를 갈음하게 한다.



<전도도 측정 원리>

### 전기전도도(EC)의 단위

배양액 농도는 전기전도도(Electrical Conductivity, EC)로 나타내고, 이는 1cm<sup>2</sup>의 전극판이 1cm의 거리로 떨어져 있을 때의 전기저항치의 역수이다. 단위로는 mmho/L나 mS/cm를 사용하지만 양액농도의 단위는 데시시멘스퍼미터(dS/m)가 국제적으로 통용되고 있다.

1dS/m의 값은 어떤 비료가 상온에서 약 700ppm 정도가 녹아 있는 수준이 되며 양액조성 후 전체 양이온 또는 음이온농도를 합한 값(밀리당량)을 10으로 나눈 값 또는 양이온과 음이온 전체를 합한 이온농도의 값(밀리당량)을 20으로 나눈 값이 된다.

### EC값과 생육환경

EC센서는 양액농도를 간접적으로 측정하는 센서이다. EC가 크다는 것은 용액 중의 이온량이 많아 양분 농도가 진하다는 것을 의미한다. EC는 배양액의 이온 조성 변화가 크지 않기 때문에 양액의 EC를 측정,조절해 양액 중에 포함되어 있는 이온농도를 일정하게 유지시킨다.

배양액의 전 이온농도(EC)와 개별 무기양분농도는 작물의 생육, 수량 및 품질에 영향을 미치므로 배양액 농도관리가 중요하다. 배양액 농도는 작물 종류에 따라 적정 농도가 정해져 있다. 그러나 생육단계나 환경조건에 따라 다르므로 작물별 적정 농도범위를 기본으로, 생육단계나 환경조건에 따른 영향을 고려하여 배양액 농도를 관리한다. 일반적으로 생육 초기에는 작물의 양·수분 흡수량이 적고 생육이 진전됨에 따라 많아지므로 저농도(표준의 1/3)로 관리하고 생육이 진전됨에 따라 농도를 높여간다.

특히 열매채소류(과채류)는 과일의 비대·수확기, 즉 생식 생장기에 접어들면 양분 흡수량이 현저히 많아지므로 배양액

농도를 질게 관리한다. 잎과 줄기의 생육을 촉진하기 위해서는 질소를, 과일 생산을 위해서는 인, 칼륨, 칼슘 농도를 높이는 등 목적에 맞는 성분의 농도 조절이 필요하다. 또한 배양액 농도는 겨울철에는 높게, 여름철에는 낮게 관리하는데 이것은 계절에 따른 수분소비량이 다르기 때문이다.

수분흡수량은 기온과 뿌리 주변(근권) 온도가 높고 일사량이 많을 때 촉진되므로 이러한 조건에서는 배양액 농도를 낮게, 겨울철에는 질게 관리한다. 일반적으로 작물별 적정 뿌리 주변(근권) 배양액 농도는 열매채소류(과채류) 2.5~3.5dS<sup>-1</sup>, 절화류 2.0~2.5dS<sup>-1</sup>, 잎채소류(엽채류) 1.5~2.0dS<sup>-1</sup> 수준이다. 그러나 광량이 부족한 겨울철이나 이상기후로 충분한 빛을 확보할 수 없을 때는 열매채소류(과채류)에서 3.0~6.0dS<sup>-1</sup>로 질게 관리하기도 한다. 또한 순환식은 비순환식보다 낮게 관리하고 피트모스나 코코피트 등의 유기배지는 낮게, 암면과 펄라이트 등의 무기배지는 다소 질게 관리하는 것이 일반적이다.

양액의 EC는 작물의 생육에 영향을 미친다. EC가 높을 경우 작물은 수분을 흡수하기가 어려워지며 이러한 결과로 작물의 세포생육은 느려지며 세포는 작고, 세포벽은 두꺼워져 작물의 색깔은 진해지며 잎은 작고 단단해진다.

이런 경우 작물은 상대적으로 많은 에너지를 꽃과 과일 형성에 사용한다. 이런 현상은 토마토에서 쉽게 볼 수 있다. 그러나 양액의 EC는 작물이 받아들여지는데 있어서 상대적인 수치이며 절대적인 수치는 아니다.

반대로 낮은 광조건 아래서 EC가 낮은 경우 잎의 생장에 비해 과일의 생장은 잘 이루어지지 않는다. 그러나 광량이 높을 경우는 어느 정도 낮은 EC에서 작물이 빠르게 성장하게 된다. 이때 너무 높은 EC는 작물의 수분 흡수를 저해하는 결과를 가져와 작물 생육을 나쁘게 할 수 있다.

양액재배시 일반적인 급액관리농도 범위는 재배작물에 따라 차이가 나며 토마토의 경우 1.8~4.0dS/m, 파프리카의 경우 2.0~3.5dS/m, 딸기의 경우는 1.2~1.8dS/m이다.

### 전기전도도와 온도관계

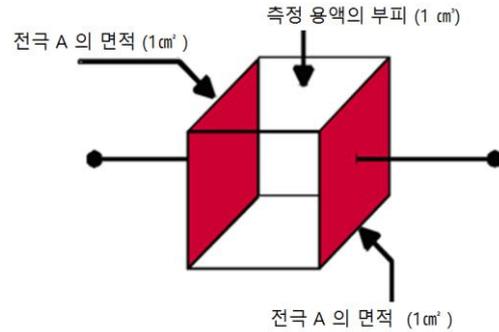
양액 내에 동일한 량의 이온이 있어도 온도에 따라 전기가 흐르는 힘, 즉EC는 변화한다. 양액의 온도가 높으면 양액내에 흐르는 전기의 량이 많아지며 따라서 EC가 증가하게 된다. 따라서 표준 EC는 온도가 25℃일 때를 기준으로 한다.

### EC전극의 K 상수

셀 상수(K)는 다음의 공식으로 결정된다.

$$K=L(\text{전극 간의 거리}) / a(\text{전극의 면적})$$

$$K=1\text{ cm} / 1\text{cm}^2 = 1\text{ cm}^{-1}$$



셀 상수(K)는 희망하는 측정범위의 적당한 전도성 셀을 결정하는 중요한 상수이다. 수경재배용으로는 일반적으로 셀상수 1의 것을 사용하면 적합하나 재배 시스템, 이나 제어하고자 하는 EC값에 따라 달라질 수 있으니 센서 제조사의 자료를 확인할 필요가 있다.

### EC전극관리

양액재배에서 많이 사용하는 EC센서는 2개의 전극사이에 낮은 교류전압을 걸어 전극 사이에 흐르는 전류를 측정하는 원리이다. EC센서는 취급이 쉽지만 양액온도에 따라 2%/℃ 정도 EC가 변한다. 따라서 온도 보정이 가능한 EC센서를 사용하는 것이 바람직하다.

사용 도중 정밀도 저하를 방지하기 위해서는 주기적으로 전극을 세척하여 관리하는 것이 중요하다.

수경재배용 EC센서는 0~5dS/m 또는 0~10dS/m 범위이면 적당하다.

센서의 설치 위치에는 용액의 흐름중에 공기층이 발생하지 않아야 한다.

또한 센서 전극주변에 금속부를 통해 전극에 가해지는 전압에 의해 누설되는 전류가 없어야 하고, 전기 누전에 의한 누설전류가 양액을 타고 전극에 영향을 주지 않도록 설치시 주의 하여야 한다.

### 참고문헌

- 농업기술 길잡이 191, 식물공장 2014 농촌진흥청
- 농업기술길잡이 71, 수경재배 2013 농촌진흥청

<허락 없이 본 자료에 대한 무단 복제 및 배포를 금합니다.>