한국토양비료학회지 제 39권 6호
Korean J. Soil Sci. Fert. Vol. 39, No. 6, 372-379 (2006)

연구보문

팽화왕겨 처리와 점적관개에 의한 염류집적 시설재배지 염류경감 효과

조광래* · 강창성 · 원태진 · 박경열

경기도농업기술원

Effects of Compressed Expansion Rice Hull Application and Drip Irrigation on the Alleviation of Salt Accumulation in the Plastic Film House Soil

Kwang-Rae Cho*, Chang-Sung Kang, Tae-Jin Won and Kyeong-Yeol Park

Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwasong, 445-972, Korea

This study was carried out to improve chemical properties of salt-accumulated plastic film house soil. Compressed expansion rice hull was applied at 0, 2.5, 5.0, 7.5 Mg ha^{-1}, and drip irrigation was initiated at -33 kilopascals (kPa) of soil water potential and ceased adjusted up to -10 kPa. Another treatment was the application of inflated rice hull at 5.0 Mg ha^{-1} with drip irrigation starting at soil water potential -20 kPa and adjusted to -10 kPa. Lettuce(*Lactuca sativa* L.) was cultivated at sandy loam soil with 5.1 dS m^{-1} of electrical conductivity (EC). EC$_w$(1:5) of plots treated with 5.0 Mg ha^{-1} of inflated rice hull and irrigated at the point of -20 kPa and -33 kPa of soil water potential was reduced by 26% and 24% less than untreated control plot, respectively. Soil EC$_w$(1:5) has close relationship with Cl^- as well as NO_3^--N and SO_4^{2-} in the soil. Total nitrogen in leaf of lettuce was deficient in the earlier growth stage. The yield of lettuce increased by 6% by the application of inflated rice hull of 5.0 Mg ha^{-1} with drip irrigation starting at -33 kPa of soil water potential. It decreased 4% when the drip irrigation was started at -20 kPa of soil water potential. The amount of water used for irrigation was reduced with the increasing application of inflated rice hull. The watering initiated at the point of -33 kPa was more economical compared with starting at -20 kPa.

Key words : Salt, Inflated rice hull, Irrigation, Soil water potential, Lettuce

서 언

국민의 생활수준 향상으로 고품질 신선채소류에 대한 수요가 증가됨에 따라 연중 재배할 수 있는 시설채소 재배 면적이 매년 증가하고 있어 1995년 81,604 ha 기준으로 2000년은 90,627 ha로 9,023 ha 증가하였으며, 2004년은 85,608 ha로 4,004 ha 증가하였다 (MAF, 2005).

현재 우리나라 시설재배지에서 농가의 평균 시비량은 표준시비량에 비해 질소 15%, 인산 44%, 칼리 47%가 과잉 시비되고 있으며, 퇴비도 36.96 Mg ha^{-1} 시용하고 있는 실정이다(NIAST, 2000). 시설재배지의 염류집적은 화학비료와 가축분퇴비의 과다한 시용에서 유래되므로 염류집적을 방지하기 위해서는 합리적인 시비가 중요하다.

접 수 : 2006. 8. 21 수 리 : 2006. 10. 27
*연락저자 : Phone: +82312295822,
E-mail: cho228@gg.go.kr

우리나라의 시설재배지는 강우를 차단하고 지하수의 관개에만 의존하기 때문에 노지에서와 같이 장마기에 토양 하층으로의 염류 용탈이 거의 일어나지 않는다. 더욱이 시설 내부는 노지에 비하여 온도가 높아 식물에 의한 증산과 토양표면으로 부터의 증발이 많기 때문에 모세관현상에 의한 토양수의 상향이동으로 근권 토양에 염류가 집적되기 쉽다(Kim et al., 1997 ; Jung et al., 1998). 이와 같이 집적된 염류는 삼투압작용에 의해 작물의 토양수 이용률을 저하(Bernstein, 1975)시키고, 이온의 불균형과 과다이온의 존재에 의한 이온독성 발현과 타 유효이온의 흡수를 저해(Chang and Dregne, 1955)하여 작물의 생육장해를 유발시킬 수 있다.

시설재배지 토양의 문제점 중 가장 심각한 것은 표토의 염류집적이다. 전국의 시설재배지 전기전도도(EC)는 표토 3.5 dS m^{-1}, 심토 2.2 dS m^{-1}로 심토에 비해 표토에 염류가 많이 집적되어 있으며, 분포비율

은 2 dS m^{-1} 이하가 41%, 2 4 dS m^{-1} 32%, 4 dS m^{-1} 이상이 27%로서 장해기준인 2 dS m^{-1}를 초과하는 지점이 59% 였고, 작물별로는 오이, 참외, 호박 등 과채류 재배지의 염류집적이 심하였다(RDA, 2004). 한편 시설재배지에서의 전기전도도는 NO_3^--N와 Cl^- 함량과 비례하여 높아지며, 특히 NO_3^--N와 전기전도도는 고도의 정의 상관이 인정되어 토양내 질산태질소의 집적은 큰 문제점이라 지적하였다(Kowalenko, 1980).

염류집적 경감에 관한 연구로는 관수(Jung and Yoo. 1975), 담수(Hwang et al., 1993), 심토반전(Kim et al., 1996), 심토파쇄와 암거배수(Kim et al., 2001), zeolite 시용(Park et al., 1987), 볏짚과 왕겨의 시용(KPRDA, 1994), 유기물 시용과 객토(Ryu et al., 1995) 등이 보고되어 있다. 그러나 앞의 방법들은 현실적으로 농가에서 활용하기 어려운 실정이어서 대부분이 담수에 의한 방법이나 휴경기에 비닐을 제거하여 강우에 의해 염류를 제거하는 것이 일반적이다. 그러나 이러한 방법은 일시적인 효과는 있으나 근원적으로 염류를 제거하기는 어렵고, 또한 환경적인 측면에서 수질오염의 원인이 될 수 있다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 염류가 집적된 시설재배지에서 탄질율 (C/N Ratio)이 높은 팽화왕겨의 시용과 점적관개에 의한 염류경감 효과를 검토코자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2001년도에 경기도농업기술원의 시설재배지(비가림 하우스)에서 팽화왕겨의 시용량과 점적관개에 의한 염류경감 효과를 검토코자 포장시험을 수행하였다. 시험포장의 Electrical conductivity (EC)는 5.1 dS m^{-1}인 사양토로, 전국의 평균 EC 3.5 dS m^{-1}(RDA, 2004)와 비교할 때 염류가 매우 집적된 토양이었다(Table 1).

시험포장에 사용한 팽화왕겨의 이화학성은 Table 2에 나타내었는데, OM/N비는 294 이고 수분함량은 15%이었으며, 입자밀도는 0.15 Mg m^{-3} 이고 입경 분포비율은 0.5 1 mm가 44.6%로 가장 많았다.

처리내용은 팽화왕겨 무시용구를 대조로 하여 팽화왕겨 2.5 Mg ha^{-1}, 5.0 Mg ha^{-1}, 7.5 Mg ha^{-1} 시용하여 토양수분포텐셜 -33 kPa시 관개구와 팽화왕겨 5.0 Mg ha^{-1}시용구의 -20 kPa시 관개구 등 5처리를 두었다. 시험구면적은 2.3×2.4 = 5.52 m^2로 난괴법 3반복으로 수행하였으며, 팽화왕겨를 시험작물 정식 1주 전에 시험포장에 전면 살포한 후 경운 및 정지하였다.

시험에 사용한 작물은 청치마상추로서 4월 1일부터 7월 9일까지 재배하였으며, 정식거리는 휴폭 25 cm, 주간 25 cm이었다. 화학비료 3요소 시용량은 작물별 시비처방기준(NIAST, 1999)에 의거 토양검정 시비 추천량인 질소 0 kg ha^{-1}, 인산 0 kg ha^{-1}, 칼리 142 kg ha^{-1}을 공통으로 시용하였다. 화학비료로 칼리질비료는 염화칼리로 시용하였으며, 분시비율은 기비로 40% 시용하고, 추비는 60%를 3회 분시하였다.

관개는 시험구의 중앙에 상추 정식 1일전 tensiometer(Daiki-3161)를 토심 15 cm 지점에 묻고 수량계가 부착된 점적호스를 이용하여 관개하였다. 관개량은 상추 정식 당일에는 시험구 모두 -10 kPa시까지 충분히 관개하고 그 후부터는 각각의 처리별로 -33 kPa시 또는 -20 kPa시 관개를 시작하여 -10 kPa시 관개를 종료하였다.

토양의 EC는 입경이 2 mm 이하인 건토와 증류수를 1:5 비율로 혼합하여 30분간 진탕한 후 여액을 EC meter(ATI orion 170)로 측정하였으며, NO_3^--N는 습토를 2 M KCl 용액으로 침출하여 Kjeldahl법으로 분석하였다. Cl^-은 EC를 조사한 후 0.01N-$AgNO_3$로 적정하였으며, SO_4^{2-}는 비탁법으로 정량하였다. 상추와 팽화왕겨의 전질소는 시료를 습식분해하여 Kjeldahl법

Table 1. Physico-chemical properties of soil used in the experiment.

pH	OM	Av. P_2O_5	Exch. Cation			EC	NO_3^--N	Cl-	SO_4^{2-}	Texture
			K	Ca	Mg					
1:5	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	------------ $cmol_c$ kg^{-1} ------------			dS m^{-1}	------------- mg kg^{-1} -------------			
6.5	25	923	1.08	10.9	2.7	5.10	4.48	300	558	Sandy loam

Table 2. Physico-chemical characteristics of inflated rice hull used in the experiment.

T-N	OM	OM/N ratio	Moisture	Bulk density	Distribution of particle size (%)				
					>2mm	1~ 2mm	0.5~ 1mm	0.25~ 0.5mm	<0.25mm
--------- g kg^{-1} ----------			%	Mg m^{-3}	---------------------------------- % ----------------------------------				
2.9	854	294	15	0.15	7.4	35.8	44.6	10.9	1.3

으로 분석하였고, 아질산산화균 등 기타는 농촌진흥청 농업기술연구소 토양화학분석법(IAS, 1988)에 준하였다.

유기물 종류별 수분흡수율은 시료 10 g에 물 200 ml를 가하여 실험실 내에 방치하면서 시간별로 조사하였다.

결과 및 고찰

토양화학성 팽화왕겨의 시용량과 토양수분포텐셜별로 토양 염농도〔(EC_w(1:5)〕를 경시적으로 조사한 결과는 Table 3에 나타내었다. 토양수분포텐셜 -33 kPa시 관개구에서 상추 정식 후 10일 60일 사이의 EC는 팽화왕겨 시용구가 무처리구에 비해 모두 낮았다. -33 kPa시 관개구의 팽화왕겨 시용량별 EC를 보면 정식 후 10일에서는 2.5 Mg ha^{-1} 시용구에서 EC의 감소효과가 가장 컸으나, 정식 후 30일에서는 7.5 Mg ha^{-1} 시용구에서 정식 후 60일에서는 5.0 Mg ha^{-1} 시용구에서 EC의 경감효과가 제일 좋았다. -20 kPa시 관개구의 EC는 정식 후 10일에서는 팽화왕겨 시용구가 무처리구에 비해 높았으나, 정식 후 30일과 60일에서는 낮은 것으로 나타났다. 이와 같이 정식 후 10일 60일 사이에 팽화왕겨 시용량과 토양수분포텐셜 간에 시기별로 EC의 변화가 일정한 경향이 없었던 것은 토양수에 의한 무기성분의 용해도, 관개에 의한 무기성분의 하향 이동, 증발산에 의한 무기성분의 상향 이동 등이 각각의 처리 마다 서로 상이하여 이들 요인이 EC 변화에 영향을 미친 것으로 생각된다. 따라서 토양수분포텐셜을 -33 kPa 상태에서 정식 후 100일에 EC 변화를 조사한 결과, -33 kPa시 관개구에서는 무처리구 3.79 dS m^{-1}에 비해 팽화왕겨 2.5 Mg ha^{-1} 시용구는 3.74 dS m^{-1}로 비슷하였으나 7.5 Mg ha^{-1} 시용구는 3.34 dS m^{-1}로 12% 감소하였으며, 5.0 Mg ha^{-1} 시용구에서는 2.88 dS m^{-1}로 24% 감소하여 EC의 경감효과가 가장 컸다. 이는 시설재배지에 볏짚이나 왕겨를 5.0 Mg ha^{-1} 시용시 EC가 23% 감소 한다(KPRDA, 1994)는 결과와 유사한 경향이었다. 일반적으로 탄질률이 높은 유기물을 많이 시용하면 시용할수록 토양내의 EC가 더욱 감소된다고 판단되지만, 본 시험에서와 같이 시험전 토양 EC가 5.10 dS m^{-1}인 사양토에서는 반대의 결과로 5.0 Mg ha^{-1} 시용구에 비해 7.5 Mg ha^{-1} 시용구가 EC의 감소효과가 적었다. 그러므로 시험전 토양 EC가 5.10 dS m^{-1} 보다 높은 토양에서 이에 관한 연구의 검토가 필요하다고 생각된다. 한편 팽화왕겨 5.0 Mg ha^{-1} 시용구에서 토양수분포텐셜 간의 EC를 비교해 보면, 관개량이 많았던 -20 kPa시 관개구(Table 10)가 -33 kPa시 관개구에 비해 EC의 경감효과가 다소 좋았으나 큰 차이는 없었다. -20 kPa시 관개구가 -33 kPa시 관수구 보다 EC의 감소효과가 좋았던 것은 토양내의 무기성분과 팽화왕겨 간의 미생물학적인 작용에 의한 것이라기 보다는 단순히 관개량이 염류경감에 영향을 주지 않았나 생각된다(Hwang et al., 1993). 따라서 관개량을 감안할 때, 염류가 집적된 시설재배지에서 팽화왕겨를 시용할 경우는 5.0 Mg ha^{-1}을 시용하고, 토양수분포텐셜이 -33 kPa 일때 관개를 시작하는 것이 경제적인 측면에서 효과적이라 생각된다.

상추 정식 후 100일에 토양수분포텐셜을 -10 kPa로 조절하여 토심별로 EC를 조사한 결과는 Table 4와 같다. EC는 팽화왕겨 시용 여부에 관계없이 토심 15 cm에서 60 cm 까지 깊이 내려갈수록 계속 감소하여 심토 보다는 표토에서 염류가 집적되는 경향이었으며(Hwang et al., 1993; Kim et al., 1997), -33 kPa시 관개구 보다는 -20 kPa시 관개구에서 EC가 더 감소되었다. 토양수분포텐셜 -33 kPa시 관개구에서 팽화왕겨 시용구의 EC는 무처리구에 비해 토심 15 cm에서는 35 58%, 30 cm에서는 16 31%, 45 cm에서는 30 41%, 60 cm에서는 46 48% 각각 감소되었으며,

Table 3. Changes of soil electrical conductivity after the lettuce *(Lactuca sativa* L.) transplanting in salt-accumulated soil treated with inflated rice hull and drip irrigation.

Treatment		10 DAT§	30 DAT§	60 DAT§	100 DAT§
Inflated rice hull	Irrigation point†				
Mg ha^{-1}	kPa‡	------ dS m^{-1} ------			
0	-33	3.26	7.26	11.75	3.79
2.5	-33	2.40	6.52	6.27	3.74
5.0	-33	2.79	4.75	5.16	2.88
7.5	-33	2.72	4.45	5.99	3.34
5.0	-20	3.84	6.62	8.32	2.79

†The level of soil water potential when drip irrigation started and adjusted to -10kPa.

‡ Kilopascals

§ Days after transplanting of the lettuce (*Lactuca sativa* L.)

Table 4. Soil depth-dependent electrical conductivity 100 days after the lettuce transplanting when soil water potential leveled up to -10 kPa in salt-accumulated soil treated with inflated rice hull and drip irrigation.

Treatment		EC at depths			
Inflated rice hull	Irrigation point	15cm	30cm	45cm	60cm
Mg ha^{-1}	kPa	---------- dS m^{-1} ----------			
0	-33	4.03	2.31	2.02	1.96
2.5	-33	2.61	1.93	1.19	1.01
5.0	-33	1.82	1.59	1.38	1.05
7.5	-33	1.71	1.69	1.41	1.04
5.0	-20	0.82	0.79	0.76	0.75

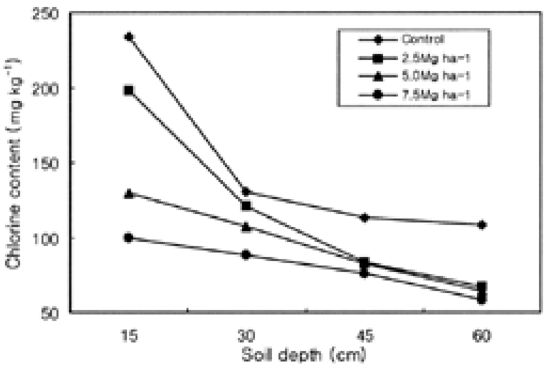

Fig. 1. Soil depth-dependent chlorine content 100 days after the lettuce transplanting when water potential adjusted to -10 kPa.

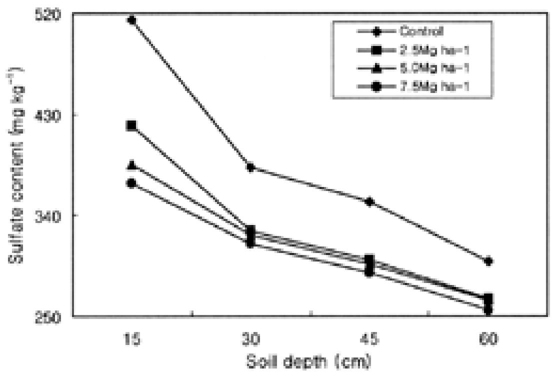

Fig. 2. Soil depth-dependent sulfate content 100 days after the lettuce transplanting when water potential adjusted to -10kPa

팽화왕겨의 시용량별로는 토심 15 cm에서는 7.5 Mg ha^{-1} 시용구에서, 토심 30 cm에서는 5.0 Mg ha^{-1} 시용구에서, 토심 45 cm와 60 cm에서는 2.5 Mg ha^{-1} 시용구에서 EC가 낮아져 시용량 간에 일정한 경향이 없었다. 이는 본 시험포장에서 투수량 차이가 EC와 상관이 있는 무기성분의 용탈량에 관여하지 않았나 생각된다. 팽화왕겨 시용시 -33 kPa 관개구에서 토심별로 Cl^-과 SO_4^{2-} 함량을 조사한 결과는 Fig. 1과 2에 나타내었다. 무처리구에 비해 Cl^-과 SO_4^{2-} 함량은 팽화왕겨를 시용함으로써 감소하였으며, 시용량도 증가할수록 적어졌고, 또한 심토로 갈수록 계속 줄어드는 경향이었다. 따라서 팽화왕겨를 시용함으로써 EC에 관여하는 요인인 Cl^-, SO_4^{2-}(Table 7) 등 무기이온들도 토심이 깊을수록 감소하여 EC가 줄어든다는 것을 알 수 있었다. 이는 본 시험과 같은 토양조건하에서 팽화왕겨 시용시 -10 kPa시 관개를 하여도 토양 교질물에 무기이온 등이 흡착되어 토양수에 의한 하향 이동이 적다는 것을 의미한다.

한편 토심별로 NO_3^--N 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다. NO_3^--N 함량도 EC와 같은 경향으로 토심이 깊을수록 계속 감소하는 경향이었으며, 표토 보다는 심토에서 집적량이 많았고, 관개구별로는 -20 kPa시 관개구가 -33 kPa시 관개구에 비해 적었다. 따라서 팽화왕겨를 시용함으로써 호소수의 부영양화 요인인 NO_3^--N 용탈량도 감소되어 수질오염 가능성이 경감되리라 생각된다.

Table 5. Soil depth-dependent nitrate content 100 days after the lettuce transplanting when soil water potential adjusted to -10 kPa in salt-accumulated soil treated with inflated rice hull and drip irrigation.

Treatment		Nitrate content at depths			
Inflated rice hull	Irrigation point	15cm	30cm	45cm	60cm
Mg ha^{-1}	kPa	---------- mg kg^{-1} ----------			
0	-33	272	153	119	118
2.5	-33	127	90	52	50
5.0	-33	77	66	63	59
7.5	-33	78	71	64	50
5.0	-20	70	63	52	45

상추 재배시험 후(정식 후 100일)에 토양수분포텐셜 -33 kPa시 시료를 채취하여 토양화학성을 조사한 결과는 표 6과 같다. 무처리에 비해 OM, Av. P_2O_5, Exch. Cation 함량 등은 팽화왕겨 7.5 Mg ha^{-1} 시용구에서만 다소 증가하는 경향이었으며, 2.5 Mg ha^{-1} 5.0 Mg ha^{-1} 시용구에서는 비슷한 수준이었다. 그러나 NO_3^--N, Cl^-, SO_4^{2-} 함량은 상추 정식 후 100일의 EC와 같은 경향으로 팽화왕겨 시용구가 무처리구에 비해 낮아지는 경향이었다. 토양 EC에 기인하는 요인들을 보면, EC와 NO_3^--N, Cl^-, SO_4^{2-} 등의 음이온 간에는 고도의 정의 상관이 인정되었으나 양이온간에는 유의성이 없었으며(Table 7), EC에 관여하는 정도는 Cl^->NO_3^--N>SO_4^{2-} 순으로 상관이 높았다. 이는 Cl^-, NO_3^--N(Lee et al., 1987), NO_3^--N, SO_4^{2-}(Jung et al., 1994), NO_3^--N(Jung et al., 1998) 등이 EC에 대한 기여도가 높다고 밝힌 결과와 유사하였다. 따라서 염류가 집적된 시설재배지에서 토양 EC 경감을 위해서는 EC의 기여도가 큰 성분들의 제거와 시비시 비종의 선택이 중요하다고 생각된다.

아질산산화균 밀도 토양수분포텐셜과 팽화왕겨 시용량 간의 아질산산화균 밀도를 조사한 결과는 Table 8에 나타내었다. 아질산산화균 밀도는 무처리에 비해 상추 정식 후 10일에서는 팽화왕겨 2.5 Mg ha^{-1} 시용구의 -33 kPa 관개구에서, 상추 정식 후 60일에서는 팽화왕겨 5.0 Mg ha^{-1} 시용구의 -33 kPa 관개구에서 가장 높았다. 토양 EC(Table 3)와 아질산산화균

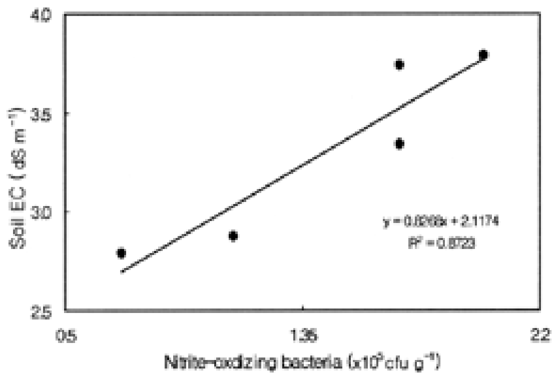

Fig. 3. Relationship between electrical conductivity and nitrite-oxdizing bacteria of soil 100 days after the lettuce transplanting.

Table 6. Soil chemical properties 100 days after the lettuce transplanting when soil water potential adjusted to -33 kPa in salt-accumulated soil treated with inflated rice hull and drip irrigation.

Treatment		pH	OM	Av. P_2O_5	Exch. Cation			NO_3^--N	Cl^-	SO_4^{2-}
Inflated rice hull	Irrigation point				K	Ca	Mg			
Mg ha^{-1}	kPa	1:5	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	--------- $cmol_c$ kg^{-1} ---------			------------ mg kg^{-1} ------------		
0	-33	6.2	26	967	0.32	8.7	1.9	251	259	526
2.5	-33	6.3	26	981	0.36	8.6	1.9	234	248	505
5.0	-33	6.4	27	949	0.33	9.3	2.1	166	178	482
7.5	-33	6.3	29	996	0.36	8.8	2.0	200	218	490
5.0	-20	6.4	27	1,002	0.32	8.7	2.0	159	170	433

Table 7. Correlation coefficients between the soil electrical conductivity and the chemical component 100 days after the lettuce transplanting in salt-abundant soil.

Component	NO_3^--N	Cl^-	SO_4^{2-}	Av. P_2O_5	Ex. K	Ex. Ca	Ex. Mg
EC	0.8976**	0.9541**	0.8859**	NS	NS	NS	NS

** Significant at 1% level

Table 8. Number of nitrite-oxdizing bacteria in salt-accumulated soil treated with inflated rice hull and drip irrigation.

Treatment		10 DAT	60 DAT	100 DAT
Inflated rice hull	Irrigation point			
Mg ha^{-1}	kPa	------------------------------------- cfu g^{-1} -------------------------------------		
0	-33	1.7×10^5	1.3×10^5	2.0×10^5
2.5	-33	2.2×10^5	1.7×10^5	1.7×10^5
5.0	-33	1.1×10^5	2.2×10^5	1.1×10^5
7.5	-33	1.4×10^5	1.4×10^5	1.7×10^5
5.0	-20	1.1×10^5	0.5×10^5	0.7×10^5

밀도와의 관계를 비교해 보면 일정한 경향이 없었다. 이는 토양시료 채취시기에 관개량(Table 10)에 의한 토양내의 수분함량의 차이(Fig. 5)가 아질산산화균 활성에 영향을 미친 것이 아닌가 생각된다. 그러나 토양수분이 일정한 정식 후 100일에서의 아질산산화균의 밀도는 EC가 높았던 무처리구에서 높았고, EC가 낮았던 팽화왕겨 5.0 Mg ha^{-1} 시용구의 -20 kPa 관개구에서는 낮았다. 즉 아질산산화균과 EC와는 유의 있는 정의 상관(Fig. 3)이 있어 아질산산화균의 밀도가 높아지면 EC도 증가하는 경향이었다.

식물체 질소함량과 수량 상추 생육시기별 엽중의 질소함량과 수량을 조사한 결과는 Table 9와 같다. 팽화왕겨 시용구의 엽중 질소함량은 생육초기인 정식 후 28일에는 무처리구 31.3 g kg-1에 비해 낮았으나, 그 후 부터는 높아지는 경향이었다. 생육초기에 팽화왕겨 시용구에서 엽중 질소함량이 낮았던 것은 상추와 토양에 시용된 팽화왕겨 간의 질소경합에 의한 일시적인 질소결핍 현상으로 생각된다. 수량은 처리간에 유의적인 차이가 없었지만 무처리구 88.24 Mg ha-1에 비해 -33 kPa시 관개구의 팽화왕겨 시용구는 2 6% 증가하였으나, -20 kPa시 관개구의 팽화왕겨 시용구는 4% 감소하였다. 수량이 감소된 요인은 근권내의 과습으로 산소가 부족하여 뿌리의 활력이 떨어져 양분흡수가 원활하지 못해 지상부의 생육량이 저해되지 않았나 생각된다.

관개량 상추를 100일간 재배하여 관개량을 조사한 결과는 Table 10과 같다. 토양수분포텐셜 -33 kPa시 관개구의 관개량은 팽화왕겨 시용구가 무처리구에 비해 모두 적어 5.0 Mg ha^{-1} 시용구에서는 6%, 7.5 Mg ha^{-1} 시용구에서는 9% 각각 감소되어 팽화왕겨의 시용에 의해 관개량이 다소 절수되었다. 관개량이 절약된 원인을 구명하기 위하여 -33 kPa시 관개구에서 상추를 정식한 직후에 토양수분상태를 -10 kPa로 올려놓고 토양수분포텐셜 변화를 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 팽화왕겨 시용구의 수분포텐셜 변화는 무처리구에 비해 적었으며, 또한 시용량의 증가에 따라 수분포텐셜 변화도 더 줄어드는 경향이었다. 이는 팽화왕겨를 시용하면 관개된 수분이 팽화왕겨에 흡수(Fig. 5)되어 관개량이 감소된다는 것을 의미한다. 그러나 팽화왕겨 2.5 Mg ha^{-1} 시용구에서의 관개량은 무처리구와 차이가 없었다. 이로 보아 관개량이라는 측면만 고려할 때 시설재배지에서는 팽화왕겨를 5.0 Mg ha^{-1} 이상 시용해야 적어도 사양토에서는 절수의 효과가 있을 것으로 생각된다. 팽화왕겨 5.0 Mg ha^{-1} 시용시 토양수분포텐셜 간의 관개량를 비교 하면 -20 kPa시 관개구에서는 3,703 Mg ha^{-1}으로 -33 kPa시 관개구에 비해 997 Mg ha^{-1} 많았으며, 무처리구에 비해서도 839 Mg ha^{-1} 많아 상추 재배시 토양수분포텐셜을 -20 kPa로 조절하여 관개를 시작하는 것은 수량성과 관개량을 감안할 때 경제적으로 비효율적이라 생각된다.

Table 10. Amount of drip irrigation in salt-accumulated soil treated with inflated rice hull for 100 days after transplanting of the lettuce.

Treatment		Irrigation water amount
Inflated rice hull	Irrigation point	
Mg ha^{-1}	kPa	Mg ha^{-1}
0	-33	2,864
2.5	-33	2,837
5.0	-33	2,706
7.5	-33	2,614
5.0	-20	3,703

Table 9. Changes of nitrogen content in leaves and yield of the lettuce in salt-accumulated soil treated with inflated rice hull and drip irrigation.

Treatment		Average nitrogen content in leaves				Yield
Inflated rice hull	Irrigation point	28 DAT	51 DAT	73 DAT	94 DAT	
Mg ha^{-1}	kPa	g kg^{-1}				Mg ha^{-1}
0	-33	31.3	28.4	28.9	34.5	88.24
2.5	-33	28.6	29.1	30.5	36.1	90.57
5.0	-33	29.1	29.4	31.5	36.7	93.20
7.5	-33	28.8	29.7	31.0	35.5	90.10
5.0	-20	27.6	29.1	30.4	35.8	84.99
L.S.D(5%)						NS
C.V(%)						5.7

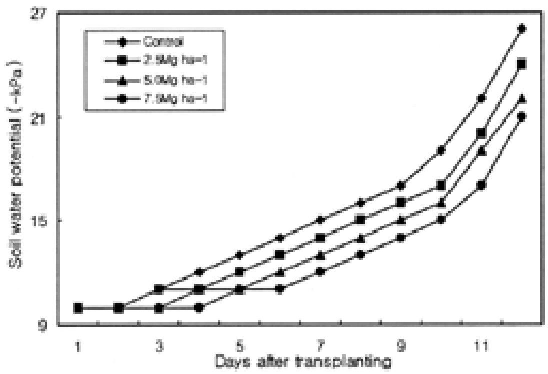

Fig. 4. Changes of soil water potential after the lettuce transplanting in salt-accumulated soil treated with inflated rice hull.

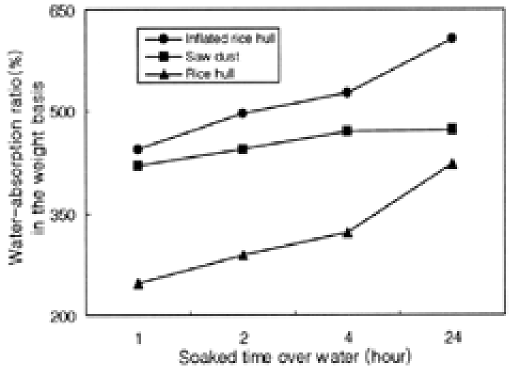

Fig. 5. Changes of water-absorption ratio of inflated rice hull, saw dust and rice hull.

적　　요

토양염류가 집적된 시설재배지에서 팽화왕겨의 시용량과 점적관개에 의한 염류경감 효과를 검토코자, 팽화왕겨를 0, 2.5, 5.0, 7. 5 Mg ha^{-1} 각각 시용한 후 토양수분포텐셜이 -33 kPa 일때 관개한 처리와 5.0 Mg ha^{-1} 시용후 -20 kPa시 관개한 처리 등 5처리를 두어 관개 종료시점을 -10 kPa로 하여, 시험전 토양 EC가 5.10 dS m^{-1} 인 사양토에서 적축면상추를 시험작물로 포장시험을 수행하였다. 정식 후 100일에서 팽화왕겨 5.0 Mg ha^{-1} 시용구의 토양 EC는 무처리구에 비해 토양수분포텐셜 -20 kPa 시 관개구에서는 26%, -33 kPa 시 관개구에서는 24% 각각 감소하였다. 정식 후 100일에서의 토양 EC와 NO_3^--N, Cl^-, SO_4^{2-} 등의 음이온 간에는 고도의 정의 상관이 있었고, EC에 관여하는 정도는 $Cl^- > NO_3^-\text{-N} > SO_4^{2-}$ 순으로 상관이 높았다. 정식 후 100일에서의 아질산산화균의 밀도는 EC가 높았던 무처리구에서 높고, EC가 낮았던 팽화왕겨 5.0 Mg ha^{-1} 시용구의 -20 kPa 관개구에서는 낮았다. 상추의 엽중 질소함량은 생육초기에만 다소 부족한 경향이었으며, 수량은 팽화왕겨 5.0 Mg ha^{-1} 시용구의 -33 kPa 시 관개구에서는 6% 증가하였으나, -20 kPa 시 관개구에서는 4% 감소하였다. 관개량은 팽화왕겨의 시용량이 증가함에 따라 감소하였으며, 관개시점을 토양수분포텐셜 -20 kPa 보다는 -33 kPa로 했을때 경제적이었다.

인 용 문 헌

Bernstein, L. 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. Ann. Rev. of Phytopathology. 13:295-312.

Chang, C.W. and H.E. Drenge. 1955. The effect of exchangeable sodium on soil properties on growth and cation content of alfalfa and cotton. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19:29-35.

Hwang, S.W., Y.S. Kim, B.Y. Yeon, Y.J. Lee, and Y.D. Park. 1993. The effect of several desalting methods applied to vinyl house soils. Rural Development Administration J. Agri. Sci. (Soil ＆ Fert.) 35:276-280.

IAS (Institute of Agricultural Sciences). 1988. Methods for Chemical Analysis of Soil.

Jung, B.G., J.W. Choi, E.S. Yun, J.H. Yoon, Y.H. Kim, and G.B. Jung. 1998. Chemical properties of the horticultural soils in the plastic film houses in Korea. Korean J. Soil Sci. and Fert. 31:9-15.

Jung, G.B., I.S. Ryu, and B.Y. Kim. 1994. Soil texture, electrical conductivity and chemical components of soils under the plastic film house cultivation in northern central areas of Korea. Korean J. Soil Sci. and Fert. 27:33-40.

Jung, Y.S., and S.H. Yoo. 1975. Effect of watering on eluviation of soluble salts in the vinyl house soils. Korean J. Soil Sci. and Fert. 8:53-60.

Kim, J.G., C.H. Lee, H.S. Lee, J.G. Jo, and Y.H. Lee. 1996. Subsoil inverting depth and fertilizer needs in salt accumulated soils of plastic film house. Rural Development Administration J. Agri. Sci. (Soil ＆ Fert.) 38:370-375.

Kim, L.Y., H.J. Cho, B.K. Hyun, and W.P. Park. 2001. Effects of physical improvement practices at plastic film house soil. Korean J. Soil Sci. and Fert. 34:92-97.

Kim, P.J., D.K. Lee, and D.Y. Chung. 1997. Vertical distribution of bulk density and salts in a plastic film house soil. Korean J. Soil Sci. and Fert. 30:226-233.

Kowalenko, C.G. 1980. Transport and transformation of fertilizer-N in a sandy field plot using tracer technique. Soil Sci. 129:218-221.

KPRDA (Kyonggi Provincial Rural Development Administration). 1994. Studeis on desalting in salt-accumulated plastic film house soils. Res. Report. p.433-438.

Lee, S.E., J.K. Park, J.H. Yoon, and M.S. Kim. 1987. Studies on the chemical properties of soils under the vinyl-house cultivation. Rural Development Administration J. Agri. Sci.(P丶M ＆ U) 29:166-171.

MAF (Ministry of Agriculture and Forestry). 2005. Agricultural ＆ Forestry Statistical Yearbook. p.80.

NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 1999. Fertilizer Application Recommendation for Crop. p.56.

NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology).

2000. Res. Report(Agricultural Environment).
Park, E.H., Y.P. No, and Y.T. Jung. 1987. Effect of soil amendment application on green pepper continuously grown soil in vinyl house. Rural Development Administration J. Agri. Sci.(P · M & U.) 29:160-165.
RDA (Rural Development Administastion). 2004. Annual Report of the Monitoring Project on Agricultural Environment Quality. p.9-12.
RDA (Rural Development Administastion). 2002. Fermentation and utilization of compost. p.44.
Ryu, I.S., I.H. Lee, and S.W. Hwang. 1995. The chemical properties of plastic- house soil and yield responses of green pepper. Korean J. Soil Sci. and Fert. 28:241-248.