

## 옥수수에 대한 정수 슬러지(Alum sludge)의 시용효과와 Aluminum이 옥수수의 유식물 생장에 미치는 영향

장기운, 구자공\* 임재신\* 김영한\*\*

충남대학교 농과대학 농화학과

\*한국과학기술원 토목공학과 환경시스템 연구실

\*\*한국수자원공사 수자원연구소

## Effect of Water Treatment Sludge Application on the Growth of Korean Local Corn(Zeas Mays L.)

Ki Woon Chang, Ja Kong Koo\* and Jae Shin Lim\* and Young Han Kim\*\*

College of Agriculture, Chungnam National Univ,

\*Environmental System Research Lab, Dept. of Civil Engineering, KAIST,

\*\*Water Resources Research Institute, KoreaWater Resources Corporation

### ABSTRACT

Effect of water treatment sludge(alum sludge) application on the growth of Korea local corn(Zeas Mays L.) was evaluated and phytotoxicity of alum sludge on the growth of corn roots and plant height was tested. Alum sludge itself and composted alum sludge compost were applicated by 1500kg/ha in the plot respectively. For the fertility test, yield, chlorophyll content, plant height of corn treated by alum sludge and composted alum sludge were better than that of control. No clear toxixity of alum sludge was found. At the food chemical analyses of seed corn, no obvious component variation were evaluated either.

Test of pH effect on phytotoxicity of alum sludge on corns showed that plant height and root growth of corns were inhibited at low pH 4 solution.

Phytotoxicity test of alum sludge extract which was extracted at various pH solutions, showed that growth and cations uptake inhibition were found the more serious the lower the pH. Plant height and root growth injury were serious at higher than 100ppm Al content solution.

Keywords: Alum sludge, Compost, Corn, Phytotoxicity.

\* 본 논문은 한국수자원공사의 지원을 받아 수행한 연구의 일부임.

## 초 록

본 실험은 옥수수에 대한 정수장 슬러지(Alum슬러지)의 시용효과와 다양한 pH별로 용출된 alum 슬러지 추출물이 옥수수의 유식물 생육에 미치는 영향을 평가하기 위해서 수행되었다. Alum슬러지와 부속된 Alum슬러지 퇴비를 각각 1500kg/ha를 사용하여 옥수수를 재배한 결과 수량, 엽록소함량, 초장 등의 평가에서 대조구에 비해서 비효가 인정되었으며, 뚜렷한 비효 현상은 나타나지 않았다. 처리구별 옥수수의 종실에 대한 식품화학적 분석에서도 뚜렷한 성분 변화는 발견되지 않았다. pH에 대한 옥수수 유식물의 생육은 pH 4 미만에서 지상부와 지하부의 생육저해가 나타났으며 무기이온의 흡수는 pH 4 이하에서 크게 장애를 받는것으로 나타났다. 반면 alum슬러지의 추출물에서는 pH가 낮아지면 지속적인 생육저해와 양이온 흡수저해가 나타났다. 또한 Aluminum함량이 100ppm이하에서 극심한 생육저해가 나타났다.

핵심용어: 정수장슬러지, 퇴비, 옥수수, 식물독성

### 1. 서 론

작물의 종류에 따라 식물영양원인 각원소의 요구도와 기피성이 상이하고, 과잉흡수되었을 때 작물의 내성이 다르다. 그러므로 비료나 퇴비의 신제품에 대하여는 필히 작물에 대한 비효나 내성, 그리고 시비적량 시험을 해야 한다. Alum sludge는 정수처리 과정에서 황산알루미늄  $[Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O]$ 을 응집제로 사용하기 때문에 Aluminum이 많아<sup>1)</sup>, 이에 대한 작물시험이 필수적으로 수반되어야 함으로 옥수수에 대하여 비효시험과 Aluminum이 옥수수 유식물의 생육에 미치는 영향에 대하여 실험을 실시하였다.

Aluminum은 암석중에 0.45%~10%정도 함유된 지각 구성의 주요 원소중의 하나이다<sup>11,16)</sup>. 총 Al의 함량은 모암에 따라 달라지며 치환성 Aluminum의 함량은 토양의 비옥도에 매우 중요한 의미를 갖는다<sup>4,18)</sup>. 일반적으로 중성토양용액 중에는 약 400g/L의 Al이 함유되어 있지만 pH 4.4에서의 토양용액 중에는 5,700g/L정도의 Al이 함유되어 있다고 보고되었다<sup>16)</sup>. 즉, 산성토양에서 Al의 이동성이 증가되면 식물체에

빠르게 흡수되어 생육장애를 일으키게 된다<sup>18)</sup>. 매우 낮은 pH(pH<4.0)에서 Aluminum ion은 Aluminohexahydronium ion  $[(Al_6H_{12}O)^{3+}]$ 으로서 존재하나 일반적으로  $Al^{3+}$ 로 표현한다<sup>3)</sup>.

Al에 대한 식물 독성에 대해서는 많은 연구가 수행되어졌지만<sup>2,7,8,12,13,15,17)</sup>, 식물에 대한 Al의 생리학적 기능은 분명하지 않다<sup>16)</sup>. 낮은 농도의 Al은 양분흡수와 식물체의 성장을 자극하는 긍정적인 역할을 하기도 하지만<sup>3)</sup>, 산성토양에서는 Al의 이동성이 증가되면서 식물체의 뿌리 생육 일차적으로 장애가 일어난다<sup>3,16,18)</sup>. 또한 토양중의 인산을 고정하여 인산의 이용성을 감소시킨다<sup>4,5,6)</sup>. Al 독성의 증상은 Mg, Fe, K, Mn 등의 양이온 흡수감소<sup>3,9,13,16)</sup>, Mucilage분비 방해<sup>6)</sup>, DNA복제 방해에 따른 세포분열 방해와 같은 역할을 하여<sup>10,14)</sup> 최종적으로 뿌리와 지상부의 생육을 저해하는 작용을 한다. Aluminum은 또한 유기물과 강한 결합을 하여 치환성 Aluminum을 고정하는 특징이 보고되었다<sup>3)</sup>.

따라서 본 연구의 목적은 정수장슬러지와 유기물과 혼합부속시킨 부속 정수장슬러지 퇴비를 옥수수에 시비하여 비효를 평가하고, pH와 다

양한 pH별로 용출된 정수장 슬러지 추출물에서 옥수수 유식물의 생육정도를 평가하였다.

## 2 재료 및 방법

### 2. 1 Alum sludge 퇴비의 시용이 토양 이화학 성 및 옥수수의 생육에 미치는 영향

정수처리 과정에서 발생하는 Alum sludge 를 톱밥, 도시하수 슬러지와 혼합하여 부숙시킨 후 토양에 시용하여 옥수수의 생육과 수량에 미치는 영향과 옥수수 종실의 식품화학적 가치를 알기 위해 다음과 같이 실험을 수행하였다.

#### 2. 1. 1 공시품종

한국 재래종 흰찰옥수수(*Zea Mays L.*)를 재배하였다.

#### 2. 1. 2 공시토양

본 시험은 대전광역시 유성구 어은동에 위치한 충남대학교 농과대학 부속농장의 신개간지 경작토를 이용하였다. 시험전 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

#### 2. 1. 3 Alum sludge 퇴비의 제조방법 및 이화학적 조성

Alum sludge 퇴비의 제조는 호기성 퇴비화 방식에 의하여 43일간 부숙시킨 것으로서 Alum sludge 퇴비의 이화학적 조성은 Table 2와 같다.

#### 2. 1. 4 처리내용 및 재배관리

옥수수 재배를 위한 시험구의 넓이는 1구가 2.4×3m, 옥수수의 재식거리는 60×30cm(44

Table 1. Chemical composition of the soil used.

pH (1:5)	T-N (%)	T-C (%)	Ava. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exch. cation(ppm)				Ava. Al (ppm)	C. E. C (m.e/100g)
				K	Ca	Mg	Na		
6.6	0.02	0.21	121	0.2	7.1	0.6	0.3	13.1	9.31

Table 2. Chemical composition of Alum compost.

pH (1:5)	T-N (%)	T-C (%)	C/N ratio	Ava. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exch. cation(ppm)				Ava. Al (ppm)	C. E. C (m.e/100g)
					K	Ca	Mg	Na		
6.7	1.29	30.10	23.3	1,650	2.4	4.5	4.7	1.4	1.4	71.40

Table 3. Design of Korea local corn experiment.

Treatment	Level of fertilizer application(Kg/ha)				
	N	P	K	Alum sludge	Alum sludge compost
Control	-	-	-	-	-
NPK	20	15	20	-	-
Compost	-	-	-	-	-
Alum sludge	-	-	-	1500	-
NPK + Compost	20	15	15	-	1500
Al + Compost	20	15	15	1500	-

주/plot) 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였다. 흰찰옥수수의 처리내용은 Table 4와 같이 대조구(control)는 질소, 인산 칼리 및 Alum sludge와 숙성퇴비 무시용구이고, NPK 처리구는 N-P-K(20-15-15kg/ha)를 기비와 추비로 나누어 시비하였다. Alum sludge 처리구는 Alum sludge 1500kg/ha만을 기비로 사용하였다. NPK-Alum sludge 처리구와 Al+Compost 처리구는 Alum sludge와 숙성퇴비를 각각 1500kg/ha씩 기비로 시비하고 N-P-K(20-15-15kg/ha)를 기비와 추비로 나누어 시비하였다. 기타 경종법은 충청도 표준 경종법에 준해 수행하였다.

#### 2. 1. 4 조사항목 및 이화학적 분석방법

옥수수의 생육측정은 초장, 엽록소함량을 측정하였고, 수확후 옥수수의 Ear weight, 100 kernel weight를 측정 하였다.

토양분석은 시료를 채취하여 음지에서 1주일간 풍건후 2mm체로 친 후, 가용성 인산은 Truog법, CEC는 1N-Ammonium acetic acid법, 기타 무기이온은 Atomic absorption spectrometer(Shimizu AA-680)을 이용하였고, 치환성 Al은 1N KCl로 추출하여 ICP(Leeman Labs Co.Ltd. PS 1000)로 분석하였다. 유기물(Tyurin법)과 질소(Kjeldahl법)는 0.5mm체를 통과한 시료를 이용하여 분석하였다. 식물체의 일반성분은  $H_2SO_4-H_2O_2$ 법으로 분해후 여과하여 분석에 이용하였고, 조지방은 Soxhlet 추출장치를 이용하여 정량하였다.

#### 2. 2 Aluminum의 식물 독성에 관한 연구

Alum sludge중에 함유되어있는 aluminum의 식물독성 평가를 하기 위하여 다음과 같은 실험을 실시하였다.

#### 2. 2. 1 배양액 제조 및 처리

##### (1) pH용액 제조

증류수에 1N-HCl을 가하여 용액의 pH를 각각 3, 4, 5, 6(pH-3, pH-4, pH-5, pH-6)으로 조정하고, Hyponex 식물영양배지를 각각의 제조된 용액에 1g/L농도로 첨가하여  $\phi$  24mm×L240mm 시험관에 분주하였다.

##### (2) sludge 추출용액

Alum sludge 60g(건조중량)을 500ml Erlenmeyer flask에 정확히 취한후 증류수를 가하여 300mL로 조절후, 1N-HCl용액으로 pH를 각각 3, 4, 5, 6(AS-3, AS-4, AS-5, AS-6)으로 조정하였다. 24시간 간격으로 1N-HCl용액을 이용하여 pH를 조정하면서, 5일간 진탕하였다. 진탕이 완료된 시료들은 원심분리하여 상정액을 일정량 취한 후 각각의 용액에 Hyponex 식물영양배지를 1g/L농도로 첨가하여  $\phi$  24mm×L240mm 시험관에 분주하였다.

##### (3) Al 농도 처리구

증류수에  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ (assay:above 97.0%)를 0, 100, 300, 500ppm(Al-0, Al-100, Al-300, Al-500) 농도로 용해하여 농도별 용액을 조제하였다. 각각의 처리구에 Hyponex 식물영양배지를 1g/L농도로 첨가하여  $\phi$  24mm×L240mm 시험관에 분주하였다.

#### 2. 2. 2 독성실험 조건

옥수수를 2% Sodium hypochlorite 용액으로 10분간 침지하여 살균후 30°C 암조건 항온실에서 3일간 발아시킨 후, 일정한 크기로 뿌리가 신장한 종자를 선별하여 배양용액이 들어있는 시험관에 1개체씩 식재하고, 25°C 항온실에서 암조건 12시간, 명조건 12시간씩 조절한 상태에서 뿌리 및 지상부의 신장을 2일 간격으로 측정하였다.

2. 2. 3 화학성분조사

K, Ca, Mg, Na은 Atomic absorption spectrophotometer(Shimazu AA-680), Al은 ICP(Leeman Labs Co.Ltd. PS 1000), 그리고 EC(Electric Conductivity)는 EC meter(TOA CM-11P)로 측정하였다. 화학성분의 분석은 실험 전후로 나누어 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1 Alum sludge 퇴비의 시용이 토양 이화학성 및 옥수수의 생육에 미치는 영향

3. 1. 1 생육상황 및 수량

Alum sludge, 톱밥, 도시하수슬러지를 호기성 퇴비화방식에 의해 부숙시켜 제조한 퇴비가 옥수수의 초장에 미치는 영향은 Fig. 1과 같다.

생육과정중 초장의 증가는 모든 처리구가 대조구(Control)보다 컸으며, Alum처리구와 Compost 처리구가 비슷한 경향이었다. 또한, NPK, NPK+Compost, Alum+Compost 처

리구들도 큰 차이가 없었다. 최종적으로 초장의 증가는 NPK+Compost>Alum+Compost>NPK>Alum sludge>Compost>Control의 순으로 나타났다. 결과적으로 Alum sludge 자체와 Alum sludge 퇴비의 비효가 인정됨을 알 수 있었다. Alum sludge와 Alum sludge 부숙퇴비는 NPK와 혼용 시비하였을때 보다 효과적임을 알 수 있다.

생육기간중 엽록소 함량은 영양 생장기가 생식 생장기보다 비교적 높은 함량을 나타내고 있음을 보여주고 있다. 시기별로 모든 처리구가 대조구보다 높은 함량을 나타냈으며, Alum sludge 처리구와 부숙퇴비구는 비슷한 함량하였고, NPK처리구 및 NPK혼용 처리구는 다른 처리구에 대해서 월등히 높은 함량을 나타내었다(Fig. 2).

Fig. 3에 나타낸 바와 같이 처리구별 옥수수의 Ear weight 및 100 Kernel weight는 모든 처리구가 대조구에 대해서 높은 수치를 나타냈으며, 부숙퇴비구와 Alum sludge 처리구는 현저한 유의성을 찾을 수가 없었다. NPK 처리

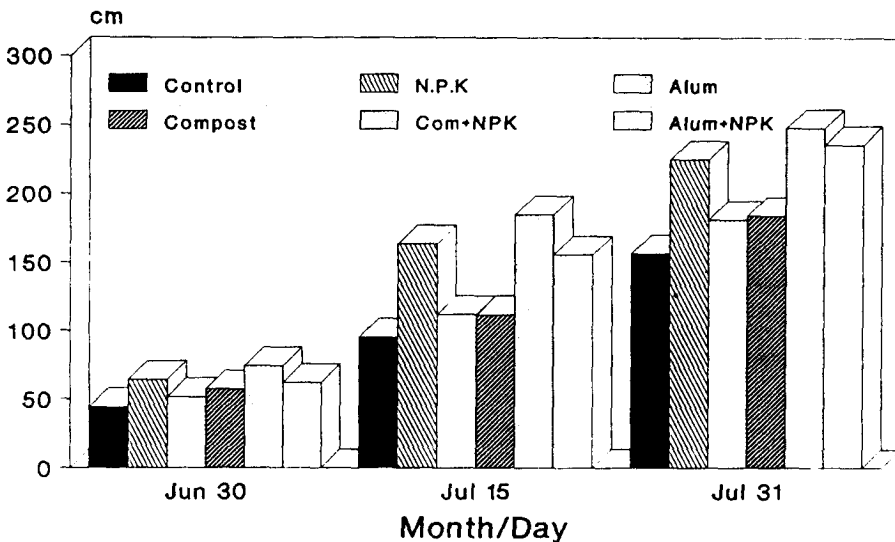


Fig. 1. Changes of Plant height of corns at the different treatments during growth stage.

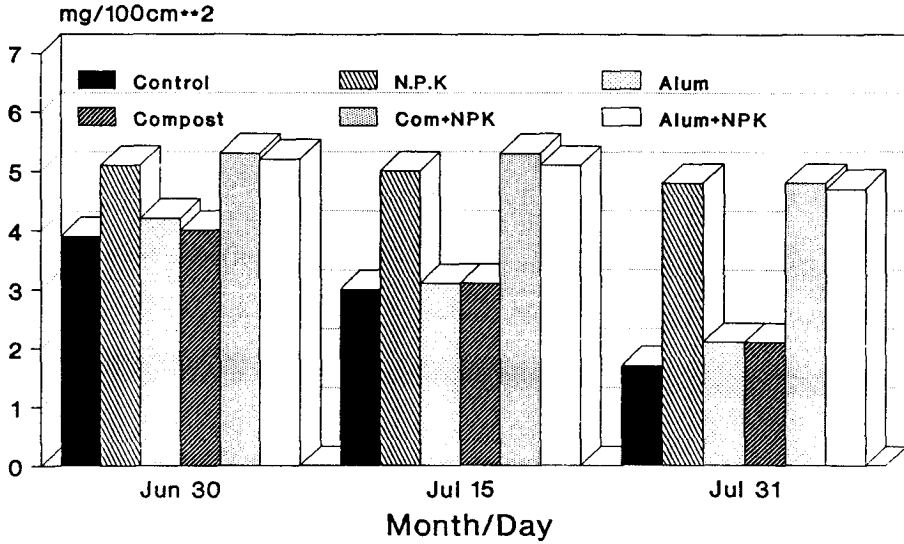


Fig. 2. Changes of chlorophyll content of corns at the different treatments during growth stage.

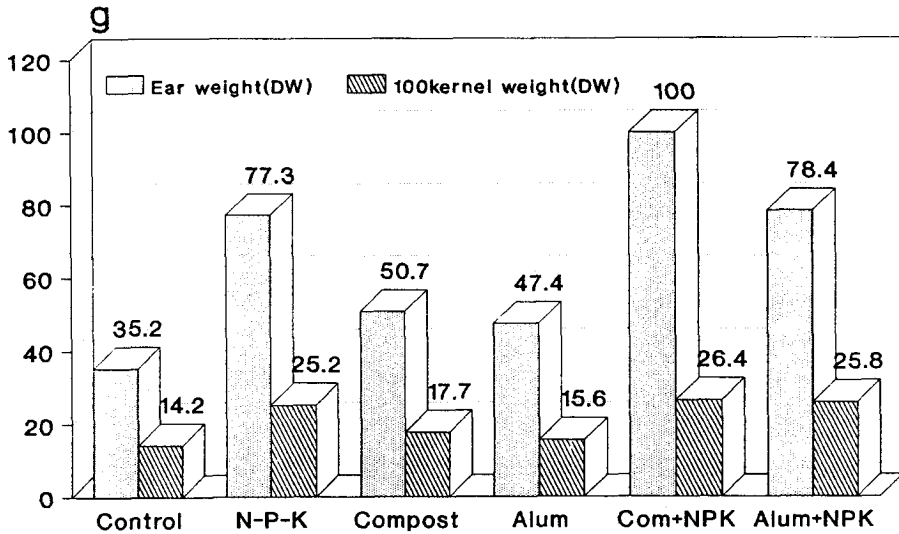


Fig. 3. Changes of ear & 100 kernel weight of corns at the different treatments during growth stage

구보다 Com+NPK, Al-NPK 처리구가 높은 값을 나타냈다.

### 3. 1. 2 토양 이화학성분의 변화

Alum sludge 및 부숙퇴비를 사용함에 따라 pH, 질소, CEC, 인산의 함량이 증가하였으며, 토양중 치환성 Aluminum의 함량도 증가하였다.

Table 4. Physico-chemical properties of the soil after experiment.

Treatments	pH (1:5)	T-C (%)	T-N (%)	Ava. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exch. cation(me/100g)				Ava. Al (%)	CEC (me/100g)
					K	Ca	Mg	Na		
Control	6.64	0.02	0.23	140	0.16	6.20	0.80	0.36	14.8	14.03
NPK	6.70	0.03	0.22	213	0.18	6.35	0.84	0.40	15.9	13.00
Compost	6.60	0.06	0.10	210	0.20	6.62	0.82	0.34	16.7	15.16
Alum	6.80	0.04	0.40	211	0.14	7.62	0.66	0.40	23.1	16.50
Com+NPK	6.80	0.06	0.92	300	0.22	6.91	0.64	0.58	16.8	15.40
Al+NPK	6.17	0.07	0.38	280	0.16	6.82	0.62	0.30	23.8	14.78

Table 5. Inorganic compounds at various part of corn among the treatments.

Plant parts	Treatments	K	Ca	Mg	Na	Al
		ppm				
Root	Control	2.50	0.07	0.10	0.09	0.13
	NPK	2.24	0.09	0.16	0.08	0.17
	Compost	2.46	0.08	0.14	0.08	0.30
	Alum	2.13	0.08	0.13	0.07	0.36
	Com+NPK	1.88	0.08	0.13	0.09	0.18
	Al+NPK	1.43	0.07	0.13	0.09	0.40
Stem	Control	3.01	0.08	0.26	0.06	0.01
	NPK	2.24	0.11	0.18	0.03	0.01
	Compost	2.99	0.10	0.36	0.08	0.01
	Alum	2.01	0.13	0.24	0.05	0.02
	Com+NPK	2.35	0.10	0.18	0.07	0.01
	Al+NPK	2.68	0.13	0.25	0.04	0.02
Leaves	Control	1.76	0.18	0.31	0.03	0.10
	NPK	2.24	0.34	0.27	0.02	0.10
	Compost	1.92	0.19	0.26	0.05	0.10
	Alum	2.01	0.21	0.25	0.03	0.10
	Com+NPK	2.29	0.33	0.34	0.02	0.08
	Al+NPK	2.76	0.03	0.34	0.02	0.08
Ear	Control	0.91	0.01	0.13	0.06	-
	NPK	0.70	0.01	0.13	0.07	-
	Compost	0.78	0.01	0.12	0.08	-
	Alum	0.74	0.01	0.12	0.08	-
	Com+NPK	0.82	0.01	0.14	0.08	-
	Al+NPK	0.75	0.01	0.13	0.07	-

3. 1. 3 처리구에 따른 옥수수의 부위별 무기 성분 함량 변화

옥수수의 식물체중 Aluminum의 집적순서는 뿌리>잎>줄기>종자의 순서였으며, 뿌리의 경우 Aluminum함량의 증가에 따라 약간의 양이 온 흡수저해의 경향을 보였지만 큰 유의차는 없었다. 처리구별 옥수수의 부위별 무기성분함량 변화는 Table 5와 같다.

3. 1. 4 처리구에 따른 옥수수 종자의 식품화학적 성분 변화

옥수수 종자의 열량은 Al+NPK처리구가 가장 높았고, 부숙퇴비 처리구가 가장 낮았다. 당도는 대조구가 가장 높았으며 처리구간에 특별한 경향을 보이지는 않았다. 처리구별 옥수수종자의 식품화학적 성분내용은 Table 6과 같다.

3. 2 Aluminum의 식물 독성에 관한 연구

3. 2. 1 EC 및 무기이온 성분 변화

처리구별로 시험전과 시험후에 EC 및 무기이온 성분변화를 비교하였다.

Aluminum은 식물체가 각종 영양염류의 흡수를 방해한다<sup>2,7,12)</sup>. 또한, 과다한 염류는 식물의 생육에 지장을 준다. 토양의 염류는 토양수중에 녹아 ion상태로 되어 전기의 전도를 용이

하게 해주므로 전기전도도를 측정하므로써 염류의 농도를 간접적으로 알 수 있다. 그러므로 전도도를 측정하는 것은 전도도 자체에 관심이 있어서가 아니라 전도도가 토양 또는 토양수중의 염분농도의 지표가 되기 때문이다, 즉 용액에 대한 전도도 측정 목적은 용액중의 염분 농도를 알려는데 있다<sup>20)</sup>. Table 7에 나타낸 바와 같이 pH가 낮은 용액에서 진탕 추출했을 때 Al 및 기타 양이온의 용출량이 많았고, 이에 비례하여 EC값이 높았다. 실험 전후의 EC의 감소율이 적다는 것은 식물체가 양이온을 흡수하는데 지장을 받았다는 것을 의미한다. 그러므로 같은 pH에서 EC의 감소율이 AS-3<pH-3, AS-4<pH-4, AS-5<pH-5, AS-6<pH-6 이었으므로 추출시 용출된 Al에 의해서 식물체가 양이온을 흡수하지 못하였음을 알 수 있었다. Al의 농도별 실험에서도 용액중 Al의 농도가 높을수록 EC값의 감소율이 적어졌으므로 같은 결과를 예측할 수 있다. 그러나 AS처리구에서 양이온의 흡수장애가 Al농도에 의한 장애인지, 과량의 염류집적에 의한 장애인지에 대해서는 지속적인 연구가 필요하였다.

3. 2. 2 처리구별 식물체의 뿌리신장을 변화

Fig. 4에 나타낸 바와 같이 용액의 pH가 낮

Table 6. Food chemical properties of corn among the treatment.

Treatments	Energy Kcal	Protein %	Fat %	Carbohydrate(%)		Sugar %
				Nonfibrous	Fiber	
Control	202.5	4.1	4.6	36.6	1.4	17.4
NPK	206.7	4.3	5.0	36.7	1.3	15.8
Compost	197.0	4.1	4.6	36.6	1.3	16.6
Alum	202.6	4.0	4.6	36.5	1.6	16.5
Com+NPK	209.4	4.2	5.3	37.3	1.0	16.5
Al+NPK	213.1	4.4	5.6	37.3	1.0	16.1

\* FAO/WHO 에너지 환산계수(옥수수). 단백질: 2.73, 지방: 8.37, 탄수화물: 4.03



Table 7. Changes of EC and chemical composition among the treatment.

Treatments		K	Ca	Mg	Na	Al	EC (mmho/cm)	Decrease rate of EC(%)
		ppm						
pH-3	Before <sup>1)</sup>	238.5	4.4	7.1	6.0	2.1	1.34	2.9
	After <sup>2)</sup>	228.3	4.3	7.0	6.0	2.1	1.30	
pH-4	before	246.3	4.3	7.8	5.9	1.0	1.16	15.9
	after	148.6	4.2	7.3	7.6	1.0	0.97	
pH-5	before	254.2	4.0	8.6	15.9	0.6	1.1	235.8
	after	152.5	3.6	7.3	8.6	1.4	0.72	
pH-6	before	359.7	5.4	9.2	11.9	1.6	1.10	42.3
	after	66.5	3.4	6.0	10.9	1.1	0.64	
AS-3	before	324.5	2,137.4	70.5	200.0	49.1	8.82	2.4
	after	269.8	1,924.7	68.7	193.9	47.6	8.61	
AS-4	before	332.0	1,092.2	67.0	38.9	47.3	6.40	6.4
	after	326.8	981.6	52.6	32.5	39.8	5.99	
AS-5	before	213.0	989.0	42.0	88.1	9.8	5.05	10.9
	after	156.4	801.6	28.9	58.3	8.5	4.50	
AS-6	before	301.1	641.9	25.5	23.2	3.8	4.26	17.4
	after	203.3	621.4	21.9	21.2	3.6	3.52	
Al-0	before	246.3	4.2	8.5	7.3	2.0	0.96	58.4
	after	54.8	3.1	4.7	5.6	1.6	0.40	
Al-100	before	258.1	1.8	8.5	16.4	108.0	2.07	6.7
	after	258.1	1.6	8.2	14.4	87.9	1.93	
Al-300	before	269.8	2.0	7.2	11.2	301.0	3.76	6.7
	after	254.2	2.0	7.2	11.0	281.0	3.51	
Al-500	before	254.2	7.4	9.7	9.2	537.0	5.42	2.0
	after	246.3	7.4	9.5	9.2	491.0	5.31	

을 수록, Al의 농도가 높을 수록 식물체의 뿌리 신장에 장애를 주는 현상을 확인하였다. 특히 Al의 농도에 의한 실험에서는 100ppm이상 수준일 때 작물의 생육에 피해를 주었다.

AS-3, AS-4 처리구와 pH-3, pH-4 처리구는 옥수수의 지상부와 지하부가 모두 생육장애를 입었다. 그러나 이것이 pH의 영향인지 Al의 영향인지에 대해서는 더 구체적인 실험이 요구되었다. Al농도 100 ppm 이상부터 식물생육

에 장애를 주었으며 100ppm이하의 농도에서 실험이 요구되었다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 pH가 낮아질 수록, 낮은 pH에서 추출할 수록, Al함량이 높을 수록 식물체 뿌리의 건물중은 감소했다. pH처리구보다 sludge 추출처리구(AS 처리구)의 뿌리 건물중량이 적은 것으로 보아 추출처리구의 Al 혹은 기타 염류에 의해 장애가 있는 것으로 판단된다.

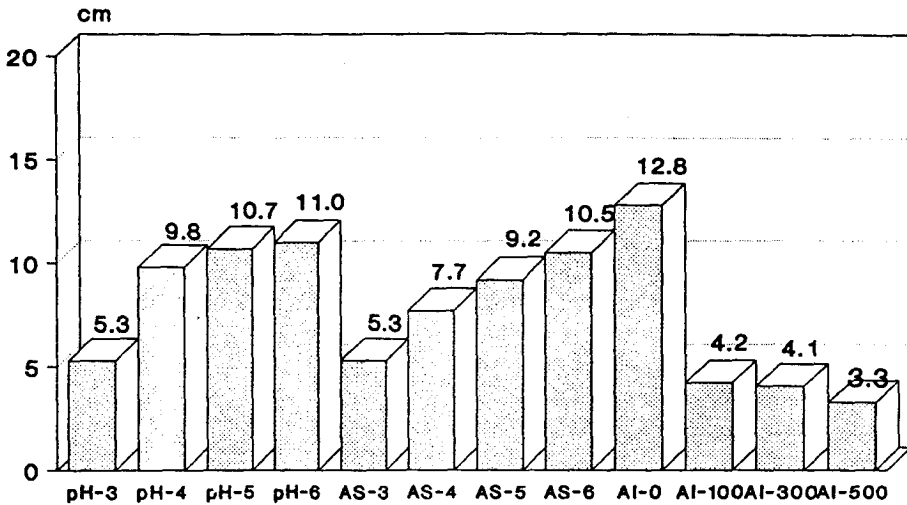


Fig. 4. Root length of corns among treatments.

### 3. 결 론

옥수수에 대한 Alum sludge 및 부숙퇴비를 2ton/10a(dry weight)을 시비했을때, 비해는 발견되지 않았으며, 대조구에 대하여 엽록소 함량을 비롯한 여러 항목의 생육조사에 있어서 모든 처리구가 대조구에 대해서 비효도가 있음을 알수 있었다. 특히 Alum sludge와 부숙퇴비는 NPK 무기비료와 혼용시 높은 비효가 인정되었다. 한계 시비량 및 적정시비량을 구하기 위해서는 2ton/10a(dry weight) 이상의 처리에 대한 실험이 필요하였다. 옥수수의 부위별 Aluminum의 집적은 뿌리>잎>줄기의 순서로 집적되었으며, 종실중에는 검출되지 않았다. 뿌리의 경우 Aluminum의 함량 증가에 따라 약간의 양이온의 함량이 떨어지는 경향이였으나, 양이온 흡수저해현상을 발견할수는 없었다. 처리구별 옥수수종실에 대한 식품화학적 성분분석에서 처리구간에 뚜렷한 경향을 보이지는 않았으므로 Alum sludge 및 부숙퇴비의 시용이 옥수

수종자의 식품성분에 특별한 영향을 주지는 않았다.

Alum sludge를 pH 3, 4, 5, 6의 용액으로 추출했을 때, pH가 낮은 용액일 수록 식물체 생장에 저해를 주었다. 본 실험에서 공시작물에 대한 식물독성이 Aluminum 자체에 대한 영향인지, 혹은 Alum sludge에서 용출된 염류에 의한 해인지에 대해서는 구체적인 실험이 요구되었다. 또한 Al의 농도가 100ppm일 때부터 식물생육 저해를 주었으며, 100ppm 이하의 저농도에서의 실험이 필요할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- 1) 한국수자원공사. 1993. 정수장 슬러지 처분 및 활용방안 연구.
- 2) Bennet, R.J. and Breen, C.M., 1991. The aluminium signal: New dimensions to mechanisms of aluminium tolerance, Plant-soil interactions at

- low pH, Kluwer academic publishers, Netherlands, 703-716
- 3) Brady, N.C., 1990. The Nature and properties of soils tenth edition, Macmillan publishing company, New York,
  - 4) Brady, N.C., et al., 1984. Agronomy, Academic press, New York, Vol. 37, 251-303.
  - 5) Edwards, A.C., 1991. Soil acidity and its interactions with phosphorus availability for a range of different crop types, Plant-soil interactions at low pH, Kluwer academic publishers, Netherlands, pp.299-305
  - 6) Forth, H.D., 1978. Fundamentals of soil science sixth edition, John Wiley & Sons, New York, 201-224.
  - 7) Godbold, D.L., 1991. Aluminium decreases root growth and calcium and magnesium uptake in *Picea abies* seedlings, Plant-soil interactions at low pH, Kluwer academic publishers, Netherlands, 747-753.
  - 8) Horst, W.J., et al., 1991. Short-term responses of soybean roots to aluminium, Plant-soil interactions at low pH, Kluwer academic publishers, Netherlands, 733-739.
  - 9) Horst, W.J., Wagner, A. and Marschner, H., 1982. Mucilage protects the root meristem from aluminum injury. Z. Pflanzenphysiol. 105, 435-444.
  - 10) Horst, W.J., Wagner, A. and Marschner, H., 1983. Effect of aluminium on root growth, cell division rate and mineral element contents of roots of *Vigna unguiculata* genotypes. Z. Pflanzenphysiol. 109, 95-103.
  - 11) Johon, L.J., 1979. Introductory soil science, Macmillan publishing, New York, 3-42.
  - 12) Kinraide, T.B., 1991. Identity of the rhizotoxic aluminium species, Plant-soil interactions at low pH, Kluwer academic publishers, Netherlands, 717-728.
  - 13) Marschner, H., 1991. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils, Plant-soil interactions at low pH, Kluwer academic publishers, Netherlands, 683-702
  - 14) Morimura, S. and Matsumoto, H., 1978. Effect of aluminium on some properties and template activity of purified DNA. Plant Cell Physiol. 19, 429-436.
  - 15) Nichol, B.E., et al., 1991. The effects of short and long term aluminium treatment on potassium fluxes in roots of an aluminium sensitive cultivar of barley, Plant-soil interactions at low pH, Kluwer academic publishers, Netherlands, 741-746.
  - 16) Pendias, H., and Pendias, A.K., 1985. Trace elements in soils and plants, CRC Press, Boca Raton, Florida
  - 17) Pegtel, D.M., 1987. Effect of ionic Al in culture solutions on the growth of *Arnica montana* L. and *Deschampsia flexuosa*(L.) Trin. Plant and Soil. 102, 85-92
  - 18) Tisdale, S. and Nelson, W., 1975. Soil fertility and fertilizers third edition, Macmillan publishing, New York.