

비닐하우스 재배 수수의 그루터기 재생 및 양분흡수 특성

윤을수* · 정기열 · 박창영 · 황재복 · 최영대 · 전승호

농촌진흥청 국립식량과학원 잡곡과

Characteristics of Nutrient Uptake and Stubble Regrowth of Grain Sorghum in Plastic Film House

Yun Eul-Soo*, Jung Ki-Yeul, Park Chang-Yeong, Hwang Jae-Bog, Choi, Young-Dae, and Jeon Seung-Ho

Cereal Crop Research Division, NICS, RDA, Milyang, 627-830, Republic of Korea

This study was conducted to get the basic information for absorb enhancement of accumulated soil nutrients in plastic film house. The grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) was sowing in plastic film house which soil nutrient accumulated moderately and was cutting at major growth period of sorghum. We were analyzed the regrowth pattern, biomass due to cutting time and amount of plant nutrient of grain sorghum. The obtained results were as follows. The heading date after cutting of sorghum in plastic film house was came to about 35 days. The accumulated of plant height were the longest as 379.4 cm in cutting at milk stage. The total biomass of sorghum in cutting at heading stage was 1.73 ton 10a⁻¹ in cutting at heading stage. The high grain yields were produced with non-cutting and cutting at 10 leaves stage as 75~113 kg 10a⁻¹ but the lowest grain yields were the cutting plots at booting stage as below 24 kg 10a⁻¹. The content of nutrient in sorghum plant was low as progress of growth. The concentrations in aboveground sorghum due to plant parts was in order to leaves > panicle > stalk. The nitrogen content of sorghum was 0.6~0.7% in stalk, 1.5~1.6% in panicle and 1.8~2.3% in leaves. The amount of nutrient absorbed in sorghum was 4.2 kg 10a⁻¹ in nitrogen, 1.7 kg 10a⁻¹ phosphorus and 7.7 kg 10a⁻¹ in potassium and the absorbing different by cutting time in order to booting > non-cutting > panicle formation ≥ milk ripe > 10 leaves stage.

Key words: Sorghum, Uptake, Cutting, Stubble regrowth

서 언

우리나라 시설재배지 면적은 꾸준히 증가하여 77,369 ha (2008년 기준)에 달하고 있다 (MAFF, 2010). 시설재배는 노지재배와 달리 단위면적당 자본과 노동력이 많이 투입되는 집약적 영농형태이기 때문에 연작을 할 수밖에 없다. 이러한 시설재배환경에서는 과도한 시비조건 하에서 3~4년 정도 특정작물을 연작하게 되면 염류집적과 토양병해가 발생하며 생산물의 품질과 수량도 떨어진다 (Park et al., 1994; Shon et al., 1999; Jun & Park, 2001; Bernstein, 1975).

특히, 시설재배의 시비량은 작물에 따라 다소 차이는 있어도 노지재배보다 질소, 인산, 칼리를 각각 21, 52, 34% 더 많이 사용하는 것으로 알려져 있고 화학비료와 같이 사용되는 퇴비의 경우 40~80 t ha⁻¹ 수준으로 과다투입되고 있는 반면 투입된 비료 중 작물에 흡수 이용되는 양은 대체로 질소는 30%, 인산은 3~5% 그리고 칼리는 40~50% 정도라고

보고된 바 있다 (Bernstein, 1975; Park et al., 1994; Shon et al., 1999). 따라서 우리나라 시설재배지의 약 37%가 염류집적적이고 약 28%는 집적된 염류에 피해를 받은 것으로 추정 (Kim et al., 2003)한 바 있을 정도로 심각한 문제를 일으키고 있다. 집적된 염류는 시설재배지내에서는 작물의 영양흡수장애 및 자원의 비효율적 이용 등 문제가 있겠으나, 토양이 흡착하지 못한 과잉염류가 재배지 밖으로 유출이 되면 주변 물환경 오염의 원인으로도 작용한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 객토, 심경, 관수 등의 기술을 이용하고 있으며 (Hwang et al., 1989; Kwon et al., 1998; Khoshgoftarmanesh et al., 2003) 최근에는 특정 식물이나 생물을 이용한 유용 비료자원의 이용기술은 매우 중요한 방법 (Revathi et al., 2011)으로 취급되고 있고 보리, 밀, 수수, 면화, 사탕무 등은 염류토양의 생물학적 정화작물 (Oster, 2001)로 알려져 있다. 특히, 수수는 흡비력이 높은 화분과 작물로 세계 5대 곡류작물로 알려져 있고 최근에는 다양한 중금속을 생물적으로 축적하는 능력이 높은 작물로 평가 (Revathi et al., 2011)되고 있다. 또한 화분과 C₄작물로서 건조하고 온도가 높으며 질소원이 부족한 곳에서도 광

접수 : 2012. 8. 17 수리 : 2012. 11. 23

*연락처 : Phone: +82553501262

E-mail: yesoo@korea.kr

합성을 할 수 있는 장점을 가지고 있어 (Jo et al., 2004), 재배면적이 꾸준히 증가하고 있으며 이에 따라 다양한 재배 연구도 진행 중에 있다.

우리나라에서 수수는 국민의 생활수준 향상으로 건강에 대한 관심이 급증하여 잡곡에 대한 소비량이 꾸준히 늘어나면서 전통적인 쌀 혼식용으로서 뿐만 아니라 건강기능성 효과 등을 통해 새로이 주목받고 있는 작물이다 (Sung and Kwon, 2011). 수수의 재생력을 이용한 Ratoon 재배법은 농가에서 토지, 노동력, 농기구 등의 절감을 목적으로 한번 심은 후 두 번 종실을 수확하는 다모작체계로서 미국 남부지역을 중심으로 재배가 증가되는 작부체계이다 (Gerik et al., 1990).

따라서 본 연구는 수수의 재생력을 이용하여 시설재배지에 집적된 토양양분과 농자재를 효율적으로 재이용할 합리적인 영농기술을 개발하기 위하여 하우스재배 수수의 예취시기별 생육특성 및 양분흡수량을 평가하였다.

재료 및 방법

하우스 수수 재배 우리나라 시설재배지 토양의 문제점으로 알려져 있는 양분집적을 해결하기 위한 방법의 일환으로 잡곡을 이용한 생물학적 양분흡수 (bio-absorption)량을 평가하기 위하여 일반적으로 농가에서 많이 재배되고 있는 붉은찰수수를 이용하여 국립식량과학원 기능성작물부 (경남 밀양 내이동) 구내포장에서 수행하였다. 수수는 비닐하우스 유공비닐 멀칭 조건하에서 5월 6일 재식거리는 60×20 cm로 파종하였고 시비량은 N 9, P_2O_5 7, K_2O 8, 퇴비 $1,500 \text{ kg } 10a^{-1}$ 를 시용하였다. 하우스 내 기상을 감안하여 시험구는 난괴법 4반복으로 수행하였다. 수수의 예취시기에 따른 생육특성을 알아보기 위하여 10엽기, 유수분화기, 출수기, 유숙기 등 4시기에 지상 10 cm 부위를 예취하였고

관행은 종실수확용과 같이 예취를 하지 않았다.

생육조사 및 토양·식물체 분석 수수의 양분흡수량 평가를 위해 생육 및 수량은 농촌진흥청의 농업과학기술 연구조사분석기준 (RDA, 2003)에 준해 각 예취시기별로 간장, 생체중, 건물중, 분지특성을 조사하였고 아울러 관행구의 생육 및 수량, 출아율, 출수기 등도 조사하였다. 시험 전후 토양시료를 채취하였고 예취시기별 식물체는 건물중을 조사한 다음 식물체분석 시료로 이용하였다.

토양화학성 및 식물체 분석은 농촌진흥청 농업과학원 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 따라 pH는 초자전극법, 유기물은 Tyurin법, 질소는 Kjeldahl 증류법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 $1N-NH_4OAc$ (pH 7.0)로 침출하여 ICP (Perkin Elmer 3300)를 이용하여 분석하였다. 식물체는 $60^\circ C$ 에서 72 시간 동안 건조 후 곱게 분쇄한 시료를 $H_2SO_4-HClO_4$ 혼합액으로 분해하여 T-N은 Kjeldahl법, 인산은 Ammonium Vanadate법, 양이온은 ICP(Perkin Elmer 3300)를 이용 분석하였다.

결과 및 고찰

수수 예취시기별 생육과 수량 예취한 다음 재생경의 출현은 예취시기가 빠를수록 빨라지는 경향을 보였는데 유수분화기에 예취한 경우 재생경의 출현 양상은 Fig. 1과 같이 예취 다음날 출현 흔적을 보였고 예취 3일 후에는 속 줄기가 신장하였고 예취 후 10일에는 재생경의 잎이 전개되었다.

예취처리 시기에 따른 수수 생육 특성을 알아보기 위해 예취시기별 수수 초장을 비교한 결과는 Table 1과 같다. 비닐하우스에서 예취 후 생육 전 기간의 누적초장은 유숙기에 예취한 처리구에서 가장 긴 379.4 cm로 나타났으며 출수기 359.8 cm, 유수형성기 302.7 cm, 10엽기 243.4 cm로 예취



1 day after cutting



3 days after cutting



10 days after cutting

Fig. 1. Regrowth pattern after cutting at panicle formation stage of grain sorghum in plastic film house.

Table 1. Comparison of the plant height of grain sorghum as affected by different cutting time in plastic film house.

Days after sowing (date)	Cutting stage				No cut
	10 leaves	Panicle formation	Booting	Milk	
	----- cm -----				
40 (Jun.15)	60.3 [†]	63.9	65.1	62.9	65.2
55 (Jun.30)	98.9	122.9 [†]	122.6	118.3	119.7
70 (Jul.12)	146.2	48.7	162.2 [†]	187.0	181.5
75 (Jul.26)	160.3	108.9	71.7	190.1 [†]	193.5
90 (Aug.12)	171.6	179.8	154.3	106.7	193.3
105 (Aug.27)	183.1	-	197.6	189.3	185.3
Accumulated plant height	243.4	302.7	359.8	379.4	193.5

[†]Plant height before cutting.

Table 2. Comparison of booting date after cutting of grain sorghum due to different cutting time in plastic film house.

Content	Cutting stage				No cut
	10 leaves	Panicle forma.	Booting	Milk	
Cutting date (date)	Jun.16	Jun.30	Jul.12	Jul.26	-
RDBAC (days) [†]	36	36	44	35	-
BDAC (date) [‡]	Jul.22	Aug.05	Aug.25	Aug.30	Jul.12

[†]RDBAC : Required days for booting after cutting, [‡]BDAC : Booting date after cutting.

Table 3. Comparison of biomass and grain yield of sorghum by different cutting time in plastic film house.

Growth stage at cutting	Biomass of sorghum				Grain yield
	Cutting	Harvest	Ratoon after harvest	Total	
	----- kg 10a ⁻¹ -----			ton 10a ⁻¹	kg 10a ⁻¹
10 leaves	73.2	606.0	300.0	0.95±0.20	74.7±17.6
Panicle formation	619.8	589.2	46.8	1.25±0.26	24.3±14.1
Booting	892.2	787.8	53.4	1.73±0.38	22.2±15.2
Milk	924.0	531.6	-	1.46±0.23	24.9± 9.8
No cut	-	901.8	649.8	1.55±0.49	113.3± 4.6

시기가 늦을수록 작은 경향을 보였으며 특히, 유숙기 예취구와 예취를 하지 않은 관행구와의 차이는 186 cm로 약 2배의 초장 차이를 보였다.

예취한 후 재생경이 출수하는데 소요되는 일수는 Table 2에서 나타난 바와 같이 10엽기와 유수형성기 예취시는 36일 소요된 반면 출수기는 가장 긴 44일 소요되었으나 유숙기 예취시는 35일이 소요되어 생육기와는 일정한 경향은 나타나지 않았다. 수수 정식 후 출수기까지 소요일수는 평균 77.4일 (Yoon et al., 2010)이라는 보고와 8월 1일 이전 정식구에서는 51~53일, 8월 11일 정식구는 57~59일이라는 보고 (Kim et al., 2006)보다는 현저히 짧은 소요일수를 나타냈다. 이러한 차이를 보이는 것은 Ratoon 재배시 생육기간의 단축된다고 보고 (ICRIST, 1988)와 유사하였고 대표적인 C₄ 식물인 수수는 옥수수와 함께 광합성 호흡율이 높아

(Jo et al., 2004) 노지보다 고온인 시설재배에서 생육이 뛰어난 것으로 보여진다.

예취 시기별 수수의 Biomass 비교에서는 Table 3과 같이 출수기에 예취한 처리구에서 가장 많은 1.73 Mg 10a⁻¹을 나타낸 반면 예취시기가 가장 빠른 10엽기 처리구에서는 가장 적은 0.95 Mg 10a⁻¹로 182% 차이를 보였으며 다음으로는 유수형성기<유숙기<무예취구 순으로 나타났다. 이러한 초장과 Biomass와의 차이는 재배환경에 따른 C₄ 식물의 광합성 호흡율의 차이에 의한 것으로 추측되며 추후 이에 대한 자세한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 종실수량은 무예취구와 10엽기 예취구가 각각 111.3과 74.7 Mg 10a⁻¹로 많았던 반면, 영양생장기 예취구에서는 22.2와 24.3 Mg 10a⁻¹로 매우 적었다. 이는 Ratoon 재배시 40~50%의 종실수량이 감소를 보인다 (ICRIST, 1988)는 보고와 함께 시험

연도에 기상이 수수 생육후기까지 고온다습으로 유지됨에 따른 병해충의 지속적인 피해에 의한 것으로 사료되어 추후 보다 정밀한 연구가 이루어져야 할 것이다.

수수 예취시기별 양분흡수 특성 본 시험을 수행한 비닐하우스 토양의 시험 전·후 화학성은 Table 4와 같다. 시

험전 토양의 화학성은 EC 0.9 dS m⁻¹, OM 19 g kg⁻¹, Avail. P₂O₅ 277 mg kg⁻¹ 치환성 K⁺는 0.86 cmol_c kg⁻¹로 우리나라 시설재배지 토양화학성 (Kim and Kang, 2010) 평균보다 낮은 수준이었고 시험 후 토양은 치환성 Ca을 제외한 모든 화학성분이 시험 전보다는 높은 경향을 보였다. 토양 치환성 K 함량이 시험 전에 비해 시험 후 토양이 낮은 것의 차이는

Table 4. Soil chemical properties of before and after experiment.

Cutting stage	Soil layer	pH	T-N	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	Ex. cations		
							K	Ca	Mg
		1:5	%	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹		
Before	Top soil	6.5	1.72	0.90	18.7	277	0.86	6.67	1.65
	Subsoil	5.7	1.83	3.23	20.8	342	0.82	6.70	1.64
10 leaves	Top soil	5.9	1.63	2.02	17.5	243	0.55	6.51	1.54
	Subsoil	5.9	1.73	2.50	18.2	342	0.73	6.72	1.66
Panicle formation	Top soil	6.1	1.58	1.74	19.8	273	0.45	6.39	1.54
	Sub soil	5.7	1.71	3.01	17.9	353	0.74	6.40	1.58
After Booting	Top soil	6.0	1.55	1.73	16.0	257	0.47	6.52	1.52
	Sub soil	6.1	1.64	1.68	20.2	325	0.60	6.60	1.60
Milk	Top soil	6.3	1.48	1.17	17.7	242	0.43	6.57	1.53
	Sub soil	5.2	1.74	2.68	17.5	272	0.58	6.38	1.52
No cut	Top soil	5.8	1.62	1.70	17.5	245	0.48	6.69	1.56
	Sub soil								

Table 5. Nutrient concentration (dry weight basis) in aboveground part of sorghum at different cutting time of growth stage.

Growth stage at cutting	Sampling time	Plant part	Nutrient				
			T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
			----- % -----				
10 leaves	Cutting	Whole	3.39	1.43	3.99	0.95	0.48
		Stalk	0.61	0.44	2.80	0.39	0.10
	Harvest	Leaves	1.79	0.71	1.22	1.47	0.50
		Whole	1.87	0.62	3.73	0.62	0.41
Panicle formation	Cutting	Whole	1.97	0.78	4.14	0.77	0.46
		Stalk	0.60	0.33	3.56	0.46	0.14
	Harvest	Leaves	1.52	0.55	1.63	0.97	0.33
		Whole	2.14	0.94	3.04	0.38	0.26
Booting	Cutting	Stalk	0.63	0.43	3.83	0.99	0.51
		Panicle	1.61	0.62	1.58	0.41	0.43
	Harvest	Stalk	0.87	0.37	2.64	0.32	0.16
		Leaves	1.99	0.64	1.55	0.91	0.38
Milk	Ratoon after harvest	Whole	2.21	1.00	2.65	0.30	0.19
		Stalk	0.75	0.65	3.18	0.58	0.35
	Cutting	Panicle	1.55	0.81	0.95	0.35	0.37
		Leaves	2.32	1.01	2.43	1.57	0.57
Harvest	Stalk	0.76	0.35	2.13	0.35	0.16	
	Leaves	2.19	0.67	1.69	0.77	0.29	
No cut	Harvest	Stalk	0.77	0.30	2.84	0.40	0.10
		Panicle	1.55	0.75	1.56	1.42	0.56
	Ratoon after harvest	Whole	1.67	0.56	3.63	0.57	0.47

Table 6. Total nutrient uptake in aboveground part (without grain) of sorghum at different cutting time of growth stage.

Growth stage at cutting	Total dry weight	Amount of nutrient uptake in aboveground plant					Cutting times
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
----- kg 10a ⁻¹ -----							
10 leaves	209.1	3.85	1.29	7.67	1.32	0.85	3
Panicle formation	240.7	3.43	1.40	7.60	1.74	0.76	3
Booting	362.7	5.55	1.92	8.59	2.33	1.28	3
Milk	240.1	3.68	1.94	5.22	1.97	1.01	2
No cut	344.3	4.64	1.84	9.39	2.70	1.30	2
Average	279.4	4.23	1.68	7.70	2.01	1.04	-

타 작물에 비해 수수의 K 흡수량이 많음 (William, 1994)에 따른 것으로 추정된다.

예취한 식물체의 각 부위 및 전체 양분함량은 Table 5와 같았다. T-N 함량은 예취시 3.39%로 10엽기에서 가장 높게 나타났으며, 수확시에서는 유숙기의 앞에서 2.19%로 높았다. 식물체 부위별 농도에는 잎>이삭>줄기 순으로 나타났으며 잎은 1.8~2.3%, 이삭 1.5~1.6%, 줄기는 0.6~0.7%로 보였다. P₂O₅와 K₂O 모두 대체적으로 생육시기 초기인 10엽기에서 높은 농도를 보였다. P₂O₅ 함량은 0.33~1.43%로 수확시기에는 줄기보다는 앞에서 높은 함량을 보인 반면, K₂O에서는 줄기에서 잎보다 대체적으로 약 2배 이상의 높은 함량을 나타냈다. 칼슘, 마그네슘 함량은 유숙기의 예취시 앞에서 가장 높은 1.57%와 0.57%를 보였으며 전반적으로 수확시기의 앞에서 함량이 높게 나타났다.

양분흡수 능력을 알아보기 위하여 예취시기별 지상부의 양분흡수량을 나타낸 결과는 Table 6과 같다. 수수의 양분흡수량은 평균적으로 N은 4.23 kg 10a⁻¹, P₂O₅과 K₂O는 1.68와 7.70 kg 10a⁻¹이었으며 예취시기별로는 출수기>무예취기>유수형성기≥유숙기>10엽기 순이었다. 특히 N의 흡수량이 가장 많은 예취시기는 전체 건물중이 가장 많은 출수기로 5.55 kg 10a⁻¹이었으며 가장 낮은 유수형성기보다 161% 더 흡수한 것으로 나타났다. P₂O₅을 제외한 K₂O, CaO, MgO는 무예취기에서 가장 많은 흡수량을 보였으며 평균 흡수량보다 모든 비료성분이 높은 처리구는 출수기와 무예취구였다. 이러한 양분흡수의 차이는 전체 건물중과 뚜렷한 관련을 보였다. 따라서 수수의 재생력을 이용한 시설재배지에 집적된 토양양분의 효율적인 재이용을 위해서는 다양한 토성 및 온도 조건에서 추가 실험이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

요 약

수수의 재생력과 양분 흡수력을 이용해 시설재배지에 집적된 토양양분의 효율적 이용방법 개발을 위한 기초자료

를 얻고자 비닐하우스에 수수를 재배하여 주요 생육시기별로 예취한 후 재생경의 생육 및 양분흡수 특성을 구명한 결과는 다음과 같다.

예취 후 재생경의 출수 소요일수는 유숙기 예취시 35일로 가장 짧게 나타났으며, 가장 긴 소요일수를 보인 출수기도 44일로 관행재배시보다 짧은 소요일수를 나타냈다. 예취 후의 누적 초장에서는 유숙기에서 379.4 cm로 가장 길게 나타났고, 예취 시기가 늦을수록 작은 경향을 보였으며 가장 짧은 무예취구와는 약 2배의 차이를 보였다. 그러나 수수의 Biomass는 초장과 달리 출수기 예취구가 1.73 Mg 10a⁻¹로 가장 많은 생산량을 나타냈으며 종실은 무예취구에서 가장 많은 수량을 나타냈다. 식물체 부위별 농도에서 T-N은 잎>이삭>줄기 순으로 나타났으며, 대체적으로 생육초기인 10엽기에서 각 부위별로 높은 양분함량을 보였으며 수확시기에서는 K₂O를 제외한 나머지 P₂O₅, CaO와 MgO가 줄기보다는 앞에서 높은 함량을 보였다. 지상부의 양분흡수량은 예취시기에 따라 출수기>무예취기>유수형성기≥유숙기>10엽기 순으로 나타났다. N의 흡수량은 출수기의 P₂O₅을 제외한 K₂O, CaO, MgO는 무예취구에서 가장 많은 흡수량을 보였으며 평균 흡수량보다 모두 높은 처리구는 출수기와 무예취구로 나타났다.

인 용 문 헌

- Bernstein I., 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.* 13:295-312.
- Gerik T.J., W.D. Rosenthal and W.F. Seavey. 1990. Phenology, early growth, and yield of planted and ratoon grain sorghum. *Field Crops Res.* 23(3):205-219.
- Hwang, N.Y., J. Ryu, J.S. Na, and J.K. Kim. 1989. Studies on the cause of injury by continuous cropping and the effect of soil conditioner on red pepper (*Capsicum annuum* L.). II. Effects of soil conditioners applied on continuous cropping fields. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 22(3):205-214.
- Icrisat. http://icrisat.org/vasat1/learning_resources/crops/

- sorghum/sorghum_prodpractices/html/ m713/resources/1883.html
- Jo, J.Y. et. 32. 2004. Upland crop. Hyangmoonsa. Seoul, Korea. pp. 178-225. (In Korean)
- Jun, H.S., and W.C. Park. 2001. Soil chemical characteristics and comparison with infested status of nematode (*Meloidogyne Spp.*) in plastic house continuously cultivated oriental melon in sonju. Korean J. Environ. Agric. 20(2):127-132.
- Khoshgoftarmanesh, A.H., H. Shariatmadari, and R. Vakil. 2003. Reclamation of saline soils by leaching and barley production. Commun. Soil Soc. Plant Anal. 34:2875-2883.
- Kim, M.S., and S.S. Kang. 2010. Management of soil fertility for soil environment conservation -rational soil management information systems for the agricultural environment-. National Agricultural and Science anf Technology, RDA. pp. 93-112.
- Kim, S.S., S.J. Lee, and J.G. Chie. 2006. Study on cultivation technique of cereals crops after spring crop. Reports for Agricultural Research. Gangwon-do Agricultural Research & Extensions Services. pp. 235-240.
- Kim, T.Y., K.D. Kim, I.H. Cho, and E.Y. Nam. 2003. Effects of slat reduction for leaf vegetable cultivation on high temperature in salt accumulation house. Proceedings of Korean Society for Bio-Environment Control Conference. pp. 213-216.
- Kwon, T.Y., K.C. Jung, S.D. Park, S.G. Sim, and B.S. Choi. 1998. Cultural and chemical control of root-knot nematode, *Meloidogyne Sp.*, on oriental melon in plastic film house. RDA J. Crop Protect. 40(2):96-101.
- Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries. 2010. Statistical Yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries. NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology), 2000. Methods of soil Chemical Analysis. Suwon, Korea. pp. 103-146. (In Korean)
- Oster, J.D. 2001. Sustainable use of saline-sodic irrigation waters. 2001 California Plant and Soil Conference. Feb. 2001. Dept. of Environmental Sciences. UOC, Riverside, CA.
- Park, B.G., T.H. Jeon, Y.H. Kim, and Q.S. Ho. 1994. status of farmer's rates of chemical fertilizer and farm manure for major crops. Korean J. Soil Sci. Fert. 27(3):238-246.
- RDA (Rural Development Administ ration). 2003. Agricultural Science Technology Standards for Investigation of Research. Suwon, Korea. pp. 318-320. (In Korean)
- Revathi K, T.E. Haribabu, and P.N. Sudha. 2011. Phyto-remediation of Chromium contaminated soil using Sorghum plant. Int. J. Environ. Sci. 2(2):417-428.
- Sohn, B.K., J. S. Cho, J.G. Kang, J.Y. Cho, K.Y. Kim, H.W. Kim, and H.L. Kim. 1999. Physico-chemical properties of soils at red pepper, garlic and onion cultivation areas in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 32(2):123-131.
- Sung, M.H., and D.H. Kwon. 2011. The survey and analyze of circulation realities on Koeran minor cereal crops. Korea Rural Economic Institute. 145p. (In Korean)
- William F. B. 1994, Nutrient Deficiencies and Toxicities In Crop Plants. The American Phytopathological Society APS press. 201p.
- Yoon, S.T., X.Z. Yu, Q.Y. Zhang, I.S. Kim, T.H. Kim, and J.C. Nam. 2010. Agronomic Characteristics of Sorghum bicolor (L.) Moench Germplasm. Korean J. Crop Sci. 55(1):83-90.