

어젠다코드	2 - 8 - 23		구 분	완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	S02	작목구분코드	FC-01-0101
과제종류	공동		세부사업(약어)	-	
과 제 명	아스파라거스 수출 다변화를 위한 생산 유통기술 고도화 및 검역관리 체계 확립				
과제책임자	성 명		직 급	소속기관 및 부서	
	전신재		농업연구사	강원도원 원예연구과	
연구기간	2017 ~ 2019		참여연구기관	-	
세부과제명			부 서	세부책임자	연구기간
1) 수출 아스파라거스 안정생산을 위한 시비 및 관수 관리 기술 개발			원예연구과	전신재	'17~'19
책임용어	아스파라거스, 수출, 품질, 시비, 관수				

ABSTRACT

Asparagus is increasing in consumption and cultivation area every year in Korea. However, since the harvest was possible after the three years planting, various studies were not done. Asparagus is known to be highly resistant to soil salinity. This study was conducted to analyze the soil chemical properties of asparagus farmers and to establish future soil management standards. The average soil chemistry of asparagus farms are pH 6.1, EC 3.7 dS m⁻¹, OM 40.5g kg⁻¹, effective phosphate 1,118 mg kg⁻¹, calcium 10.7 cmol⁺ kg⁻¹, potassium 2.4, and magnesium 3.2. Overall, the content of EC, OM, phosphoric acid and substituting cations in the soil were high, and the pH was in the proper range. There was a big difference in soil chemistry by region. These differences were attributed to soil characteristics, methods, and year of cultivation. Especially in Dangiin, soil EC was high at 12.6 dS m⁻¹. It was judged that this was due to the continuous application of compost and cultivation of livestock manure liquid fertilizer with the cultivation year of more than 8 years. Therefore, this study was conducted to analyze the yield of asparagus according to the amount of NK fertilizer and obtain basic data on soil management during asparagus cultivation. The yield of asparagus were 1.39 kg/m² and 1.27 kg/m², respectively. As a result of analyzing the soil solution and soil, the concentrations of EC, nitrogen and potassium increased with increasing NK fertilizer application. In the case of 2.0 times fertilizer soil solution, nitrate concentration increased to 1,180 mg L⁻¹ and potassium increased to 4,057 mg L⁻¹ by treatment. Therefore, 20.8 kg/m² of the fertilizer currently used by farmers was considered to be the maximum fertilizer that the quantity is not lowered. Therefore, it was judged that asparagus farmers should pay attention to periodic soil analysis salt damage, also annual tests were conducted under various conditions in the future.

1. 연구목표

아스파라거스 (*Asparagus officinalis* L.)는 피로회복과 숙취해소에 좋은 것으로 알려져 있는 아스파라긴산을 다량함유하고 있는 기능성 채소이다. 우리나라에서는 전국 재배면적의 61.1 % 인 51.6 ha 가 강원도에서 재배되고 있으며, 소비량과 재배면적이 매년 늘어나는 신작목이다(Kang et al., 2017). 이러한 새로운 소득작목의 안정적 정착을 위해서는 도입초기 품종 선발, 작부체계, 시비체계, 병해충 관리 등 관련 연구가 이루어져야 한다. 그러나 아스파라거스는 정식 후 3년이 경과해야 경제성 있는 수확이 이루어지는 특성 때문에 다양한 연구가 이루어지지 못했다. 아스파라거스는 다비성 작물로 토양의 염류가 높아도 생육이 잘되는 내염성작물로 알려져 있다. 따라서 재배농가에서는 과도한 유기물의 시용과 함께 무분별한 시비로 토양 내 EC의 상승 등 토양 화학성이 악화되고 있는 실정이다. 그동안 아스파라거스 시비와 관련한 연구로 가식재배시 적정 퇴비량 구명(Seo et al., 2014), 관비재배 효과(Seo et al., 2015), 재배지역 내 지하수 오염(Phupaibul et al., 2004) 등의 연구가 있었으나 시비량에 대한 생육반응을 조사한 우리나라에서의 연구결과는 전무하다. 따라서 본 연구에서는 NK시비량에 따른 아스파라거스의 수량 등을 분석하여 아스파라거스 재배시 시비에 관한 기본자료를 습득하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

〈제1세부과제: 수출 아스파라거스 안정생산을 위한 시비 및 관수관리 기술 개발〉

(시험 1) 아스파라거스 재배농가 토양 이화학적 분석 및 시비관리 조사 분석

토양시료는 아스파라거스 재배가 종료되고, 지상부의 엽을 제거한 2017년도 12월부터 비료를 살포하기 전인 2018년 2월까지 채취하였다. 재배농가에 방문하여 아스파라거스의 품종, 재배연수, 유기물 시용 방법, 시비 및 관수관리 기준 등에 대한 기본 조사를 실시하였다. 토양채취는 대상 토양의 표면을 걷어 내고, 근권부인 10~20 cm를 중심으로 농가 및 지점당 3반복으로 토양을 채취하였다. 시료채취는 총 121지점으로 강원도는 춘천 9지점, 삼척 19지점, 홍천 3지점, 철원 2지점, 화천 12지점, 양구 32지점, 인제 5지점 등 총 7시군 82지점, 경기도는 이천 2지점, 양평 4지점 등 총 2시군 6지점, 충청남도는 논산 3지점, 당진 12지점 등 총 2시군 15지점, 전라남도는 화순 9지점, 강진 5지점 등 2시군 14지점, 경상북도는 김천군의 4지점 이었다. 채취한 토양은 풍건 후 2 mm 체에 통과된 것을 분석 시료로 사용하였다. 토양의 pH와 EC는 각각 pH meter(Model 720A, Orion)와 EC meter(Model 145A, Orion)를 사용하여 측정하였다. 토양의 유기물은 습식산화분해법인 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분석하였으며 치환성 양이온은 1N NH₄OAc용액(pH 7)으로 침출하여 ICP(INTEGRA, GBC)를 이용하여 분석하였다(RDA, 2010).

(시험 2) 아스파라거스 비가림 재배 상품성 향상을 위한 적정 시비량 구명

본 시험은 강원도 춘천시에 소재한 강원도농업기술원의 단동형 비닐하우스에서 2018년도에 수행되었다. 시험품종은 웰컴(Sakata seed co.)이었고, 6년생 시험포장을 이용하였다. 2017년 수확 종료

후, 지상부를 동년 12월 중순에 제거하였다. 그리고 2018년도 2월 10일에 아스파라거스 포장 전체에 우분퇴비 2,000kg/10a을 살포하였다. 시비처리는 시판 NK(13-0-13)비료를 이용하여 전체시비량의 1/2을 기비로 주었으며, 수확을 시작하면서 나머지 1/2을 20일 간격으로 3회에 나누어 4월 1일, 4월 16일, 5월 3일에 각각 시비하였으며, 시비량은 표 1과 같다.

표 1. 시험기간 중 NK비료의 시비량 및 시비일

처리내용	시비량 (kg/10a)	시비일			
		2. 10.	4. 1.	4. 16.	5. 3.
0 S	-	-	-	-	-
0.5 S	10.4	5.2	1.7	1.7	1.7
1.0 S	20.8	10.4	3.5	3.5	3.5
2.0 S	41.6	20.8	6.9	6.9	6.9

토양용액은 토양용액채취기(DIK-8392, USEM Instruments Inc., Korea)를 사용하여 수확기였던, 2018년도 5월 6일부터 5월 10일까지 5일간 시료를 채취한 것을 이용하였다(그림 1). 토양용액 채취를 위하여 다공질 세라믹스관을 아스파라거스 근권부위에 20cm의 깊이로 매설한 후 24시간 경과 후 처리별로 토양용액을 채취하였다. 채취한 토양용액은 Ion chromatography(CH/930, Metrohm)를 이용하여 양이온과 음이온을 각각 분석하였다. 토양시료는 5월 6일에 채취하였다. 토양의 표면을 걷어 내고, 근권부인 10~20cm를 중심으로 3지점에서 채취하여 분석에 이용하였다. 채취한 토양은 풍건 후 2mm 체에 통과된 것을 분석 시료로 사용하였다. 토양의 pH와 EC는 각각 pH meter(Model 720A, Orion)와 EC meter(Model 145A, Orion)를 사용하여 측정하였다. 토양의 유기물은 습식산 화분해법인 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분석하였으며 치환성 양이온은 1N NH₄OAc용액 (pH 7)으로 침출하여 ICP(INTEGRA, GBC)을 이용하여 분석하였다. 수량조사는 2018년 3월 31일부터 5월 14일까지 45일간 총 24회 수확하였다. 시험구별로 수확 후 상품과 비상품으로 구분하여 상품을 대상으로 각각의 무게를 조사하여 수량성을 산출하였고, 당도는 5월 8일 생산된 것을 대상으로 조사하였다.

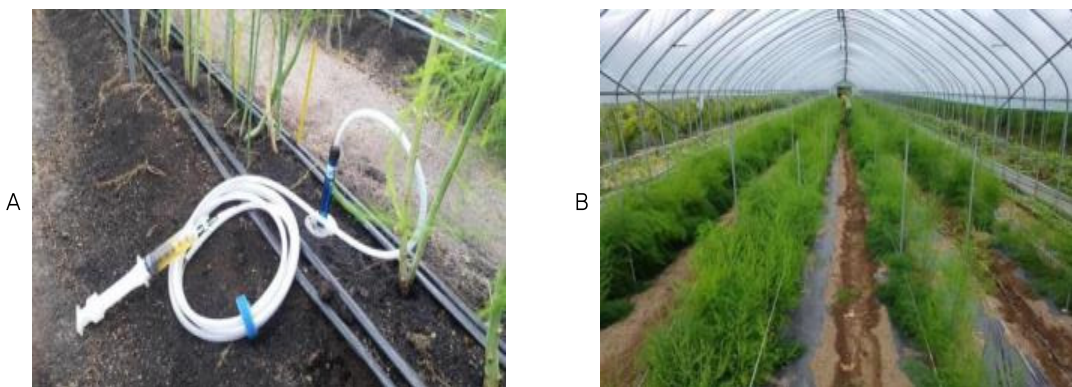


그림 1. A: 토양용액채취 B: 시험포장 전경

(시험 3) 수출용 아스파라거스 생산을 위한 적정 유기물 종류 및 시용량 구명

본 시험은 강원도 춘천시에 소재한 강원도농업기술원의 단동형 비닐하우스에서 2018년도에 수행되었다. 시험품종은 웰컴(Sakata seed co.)이었고, 6년생 시험포장을 이용하였다. 2017년 수확 종료 후, 지상부를 동년 12월 중순에 제거하였다. 처리내용은 유기물의 종류를 우분, 계분, 돈분의 3종을 사용하였으며, 시용량은 4,000, 8,000, 16,000kg/10a 등 3수준으로 처리하였다. 토양시료는 토양의 표면을 걷어 내고, 근권부인 10~20cm를 중심으로 3지점에서 채취하여 분석에 이용하였다. 채취한 토양은 풍건 후 2mm 체에 통과된 것을 분석 시료로 사용하였다. 토양의 pH와 EC는 각각 pH meter(Model 720A, Orion)와 EC meter(Model 145A, Orion)를 사용하여 측정하였다. 토양의 유기물은 습식산화분해법인 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분석하였으며 치환성 양이온은 1N NH₄OAc용액(pH 7)으로 침출하여 ICP(INTEGRA, GBC)을 이용하여 분석하였다. 수량조사는 2018년 3월 31일부터 5월 14일까지 45일간 총 24회 수확하였다. 시험구별로 수확 후 상품과 비상품으로 구분하여 상품을 대상으로 각각의 무게를 조사하여 수량성을 산출하였고, 당도는 5월 8일 생산된 것을 대상으로 조사하였다.

(시험 4) 수출기간 연장을 위한 봄재배 관수관리 기술 개발

본 시험은 강원도 춘천시에 소재한 강원도농업기술원의 단동형 비닐하우스에서 2018년도에 수행되었다. 시험품종은 웰컴(Sakata seed co.)이었고, 6년생 시험포장에서 시험을 수행하였다. 2017년 수확 종료 후, 지상부를 동년 12월 중순에 제거하였다. 그리고 2018년도 2월 10일에 아스파라거스 포장 전체에 우분퇴비 2,000kg/10a을 살포하였다. 시비처리는 시판 NK(13-0-13)비료를 이용하여 전체시비량의 1/2을 기비로 주었으며, 수확을 시작하면서 나머지 1/2을 20일 간격으로 3회에 나누어 시비하였다. 관수처리는 저설스프레이 방식을 기존 사용하고 있는 점적관수와 비교하였다. 저설스프레이는 시판용 저설스프링클러를 구입하여 사용하였고, 점적테이프는 15cm 간격으로 천공되어 있는 것을 이용하였다. 수확시기에 맞추어 수확한 후 수확물의 개수와 무게 등 기본적인 생육 및 수량을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

〈제1세부과제: 수출 아스파라거스 안정생산을 위한 시비 및 관수관리 기술 개발〉

(시험 1) 아스파라거스 재배농가 토양 이화학성 분석

전국 아스파라거스 재배농가 평균 토양화학성은 pH 6.1, EC 3.7 dS m⁻¹, OM 40.5 g kg⁻¹, 유효인산 1,118 mg kg⁻¹, 치환성 양이온으로 칼슘 10.7 cmol⁺ kg⁻¹, 칼륨 2.4 cmol⁺ kg⁻¹, 마그네슘 3.2 cmol⁺ kg⁻¹ 이었다(표 2). 전체적으로 토양 내 EC, OM, 유효인산, 치환성 양이온의 함량이 적정범위 대비 높은 수준이었으며, pH는 적정범위에 있었다(RDA, 2017). 특히 유기물의 함량은 40.5 g kg⁻¹로

일반적인 시설재배토양의 25~35 g kg⁻¹ 보다 높았고, 최고 143.8 g kg⁻¹ 까지 조사되었다. 전체적으로 우리나라 시설재배단지의 평균과 비교하여 높았던 것은 다비재배를 하고 있는 아스파라거스 시비법과 함께 아스파라거스의 수확이 종료된 동절기에 토양이 마른 상태로 방치되기 때문에 하층의 양분이 물의 이동과 함께 점점 표층으로 모여 들어 인산, 칼리 등 비료성분이 집적된 것으로 판단되었다(Yoon et al., 2017). 금번 조사항목에서는 제외하였으나 가축분 퇴비의 과다 사용으로 재배 중 토양 내 질소의 함량도 높았을 것으로 추측된다. 질산성 질소의 경우 관수 및 강우 등에 의하여 지하로 용출되는 특성이 있다. 이와 같은 아스파라거스 재배농가의 과다시비는 우리나라뿐만 아니라 국외에서도 안고 있는 문제점이다. Phupaibul 등(2004)등이 태국의 아스파라거스 재배단지의 시비 특성을 조사한 결과, 질산성질소의 과다사용과 이의 용출에 따라 지하수의 오염이 우려된다고 보고하였다. 우리나라에서는 아직 아스파라거스 단지의 지하수에 대한 모니터링 결과는 없지만 과다 시비로 인한 문제점이 발생할 수 있다고 판단된다.

표 2. 전국 아스파라거스 토양의 화학성

구분	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation(cmol ⁺ kg ⁻¹)			
					Ca	K	Mg	
자료	평균	6.1	3.7	40.5	1,118	10.7	2.4	3.2
	(최저~최고)	(4.0~8.1)	(0.2~21.4)	(10.8~143.8)	(151~2,942)	(1.7~25.0)	(0.3~7.5)	(0.5~13.7)
적정범위*	6.0~7.0	2.0 이하	25~35	300~550	5.0~6.0	0.50~0.80	1.5~2.0	

* RDA, 2017

지역별 아스파라거스 재배농가의 토양화학성은 지역별로 큰 차이를 보였다(표 3). 이러한 지역별 차이는 모암의 특성, 시비방법, 재배연차 등에 따른 차이로 판단된다. pH는 지역별로 춘천 5.7, 홍천 5.5, 화천 5.6, 양구 5.5, 논산 5.3, 당진 5.7, 강진 5.9로 낮은 편이었고, 삼척, 철원, 김천 지역은 7.0 이상으로 높았다. 토양 pH는 무기성분의 유효도에 영향을 미치기 때문에 작물생육과 밀접한 관계가 있어 중요하다. 일반적으로 유기물의 사용연차가 길어지고, 사용량이 많아질수록 pH는 증가하는데(Kim et al., 2000), 본 연구에서는 유기물의 사용량이 많았음에도 pH의 증가가 뚜렷하지는 않았다. 그러나 Chang과 Entz(1991)는 우분퇴비의 사용량이 많을수록 pH가 낮았는데 이는 치환성 칼슘, 마그네슘 및 칼슘의 용탈이 pH에 영향을 끼쳤던 것으로 판단하였다. 아스파라거스는 산성토양보다는 알칼리성을 선호하는 작물로 재배에 적합한 pH는 5.5~6.4이다(Kang et al., 2017). 따라서 pH가 낮은 지역에서는 토양분석 등을 통하여 적절한 양의 석회를 사용하여야 할 것으로 판단되었다. 토양 내 EC는 대부분의 지역에서 시설재배 표준인 2.0 dS m⁻¹ 보다 높았다. 특히 충청남도 당진의 경우에는 토양 내 EC가 12.6 dS m⁻¹으로 매우 높았으며, 최대 21.4 dS m⁻¹ 인 농가도 있었다. 충남 당진 지역의 아스파라거스 재배단지는 우리나라에서 가장 오래된 재배단지 중의 하나로 재배연차는 10년차 이상이며, 이 지역 대부분의 농가는 시비를 위하여 돈분액비를 사용하고 있다. 이러한 돈분액비의 지속적 사용과 과다사용으로 칼슘은 최대 25.0 cmol⁺ kg⁻¹, 칼륨은 6.2 cmol⁺ kg⁻¹, 마그네슘은 13.7 cmol⁺ kg⁻¹이었으며, 인산은 2,942 mg kg⁻¹까지 집적된 것으로 판단되었다. 이것은 가축분 퇴비의

연용에 따라 토양 내 EC가 증가하고, 유효인산과 치환성 칼륨의 증가가 두드러진다(Hwang et al., 2002; Yun et al., 2009)는 많은 연구결과와 일치하였다. 따라서 충남 당진지역의 경우 좀 더 다양한 접근법을 통한 토양의 화학성 조사가 이루어져야 할 것으로 판단되었다. 유기물의 함량이 가장 높은 지역은 이천 지역이었다. 그러나 이천의 농가는 금년도가 재배 1년차였는데, 이것은 유기물을 초기에 많이 사용한 결과로 판단된다. 일반적으로 시설재배의 토양 중 적정 유기물 함량은 20~30 g kg⁻¹ 으로 알려져 있다(RDA, 2017). 토양 내 높은 유기물의 함량은 토양의 물리성 개선 등에 긍정적인 효과가 있으나 무분별한 과다 시용은 염류집적의 주요한 원인이 될 수 있다. 유효인산은 이천지역이 2,073 mg kg⁻¹ 으로 가장 높았고, 철원지역이 557 mg kg⁻¹ 로 가장 낮았으며, 칼륨은 논산, 화천 지역이 4.0 cmol⁺ kg⁻¹ 이상으로 높았고 양구, 삼척, 홍천, 강진, 김천 등이 2.0 cmol⁺ kg⁻¹ 이하로 낮았다.

표 3. 전국 아스파라거스 토양의 지역별 화학성

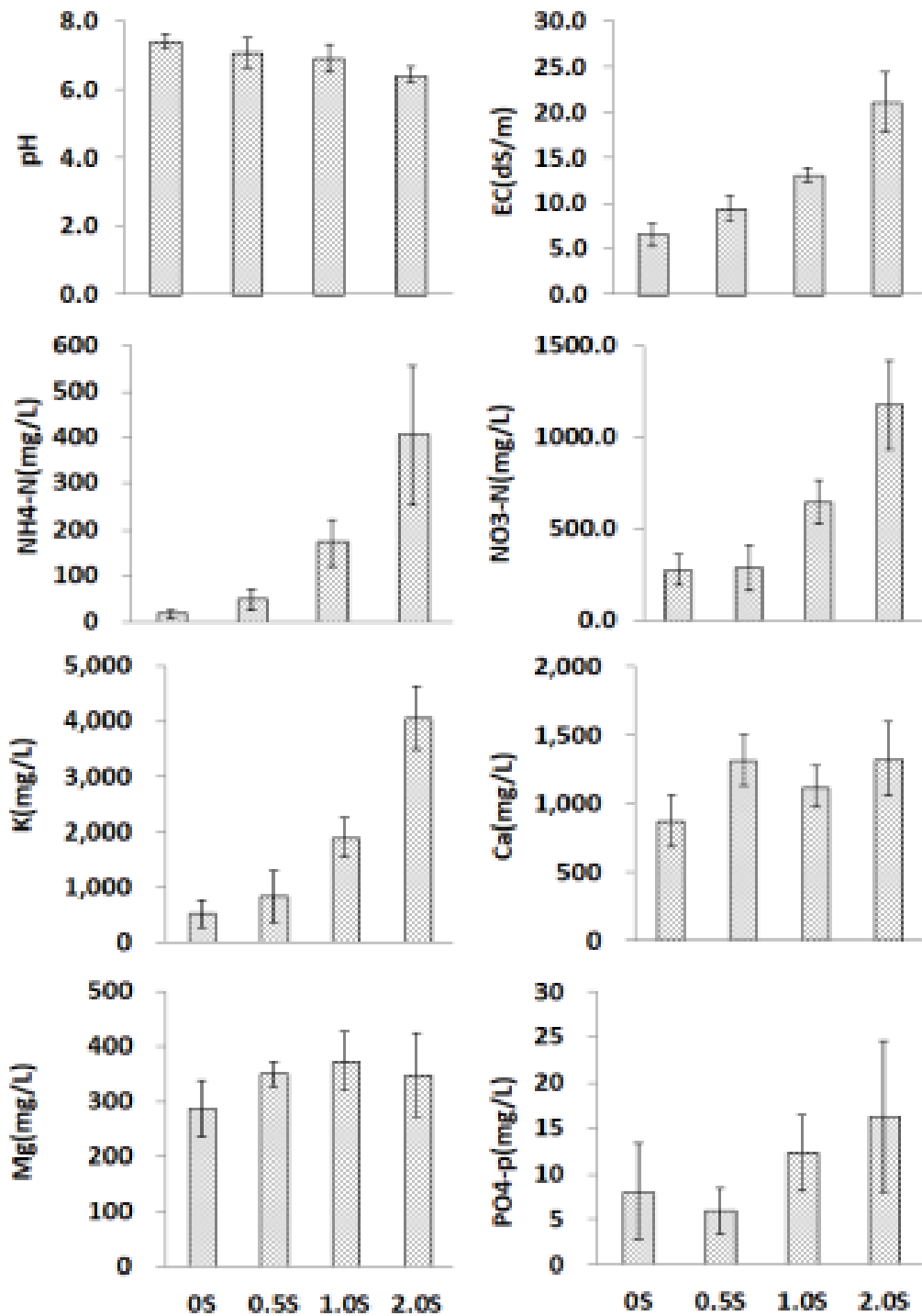
지역		pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation(cmol ⁺ kg ⁻¹)		
						Ca	K	Mg
춘천	평균	5.7	3.1	48.8	1,763	8.9	2.9	2.1
	범위	(4.9~6.7)	(0.8~5.7)	(30.2~85.8)	(1,353 ~2,124)	(5.7~13.7)	(1.5~5.1)	(1.2~3.4)
삼척	평균	7.1	2.3	30.5	649	13.7	1.7	2.6
	범위	(5.8~8.1)	(0.2~9.8)	(10.8~55.3)	(151 ~1,385)	(5.9~24.2)	(0.4~5.8)	(1.1~6.6)
홍천	평균	5.5	1.6	26.8	871	5.7	2.0	2.7
	범위	(4.6~6.5)	(0.8~2.6)	(17.9~42.5)	(432 ~1,104)	(1.7~10.6)	(0.3~3.3)	(0.6~4.3)
강원 철원	평균	7.2	4.3	47.6	557	10.8	2.9	3.2
	범위	(6.8~7.6)	(3.9~4.7)	(41.5~53.7)	(550 ~565)	(10.2~11.5)	(1.7~4.0)	(3.2~3.2)
화천	평균	5.6	3.5	48.1	1,470	8.3	4.0	2.6
	범위	(4.0~7.9)	(1.2~6.9)	(30.4~78.0)	(858 ~2,408)	(2.3~14.4)	(2.1~7.5)	(0.9~5.1)
양구	평균	5.5	2.2	39.7	951	6.9	1.4	2.3
	범위	(4.0~7.0)	(0.2~9.1)	(21.5~89.1)	(263 ~1,638)	(2.3~16.1)	(0.5~4.8)	(0.5~7.9)
인제	평균	6.5	2.3	39.1	1,444	12.3	2.9	3.2
	범위	(5.8~7.2)	(0.7~4.8)	(17.4~67.2)	(855 ~2,133)	(6.3~19.0)	(0.8~6.6)	(1.8~5.4)
경기 이천	평균	6.9	2.1	62.7	2,073	24.1	2.5	5.2
	범위	(6.6~7.2)	(1.3~2.9)	(55.2~70.2)	(1,842 ~2,305)	(23.9~24.3)	(2.0~3.0)	(4.9~5.5)
양평	평균	6.7	3.1	54.9	1,321	13.0	2.6	4.6
	범위	(6.6~6.9)	(1.7~6.1)	(37.4~93.5)	(601 ~2,129)	(9.3~19.0)	(2.0~3.2)	(3.3~6.2)
충남 논산	평균	5.3	8.5	57.4	958	11.8	4.5	3.4
	범위	(4.1~6.0)	(1.1~15.7)	(24.3~96.8)	(740 ~1,216)	(4.2~16.0)	(1.2~6.4)	(0.8~5.1)
당진	평균	5.7	12.6	54.1	1,561	13.9	3.7	6.4
	범위	(4.5~6.7)	(4.8~21.4)	(29.3~143.8)	(733 ~2,942)	(7.3~25.0)	(2.5~6.2)	(2.1~13.7)

지역	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation(cmol ⁺ kg ⁻¹)				
					Ca	K	Mg		
경북	평균	7.3	2.8	19.5	770	11.6	2.0	4.4	
	범위	(6.8~7.7)	(2.1~3.7)	(11.1~26.1)	(521 ~1068)	(10.7~13.4)	(1.5~2.5)	(3.6~4.8)	
전남	강진	평균	5.9	1.7	24.0	691	9.4	1.9	2.3
		범위	(5.6~6.5)	(0.7~3.3)	(14.6~37.5)	(292 ~926)	(7.3~10.2)	(0.8~3.2)	(0.7~3.6)
	화순	평균	6.7	3.3	34.0	1,164	14.9	2.7	4.0
		범위	(5.9~7.2)	(1.7~5.8)	(22.2~43.8)	(778 ~1,501)	(10.9~22.5)	(1.0~4.3)	(2.2~5.8)

아스파라거스는 영년생작물로 고품질 다수확을 위한 토양관리는 중요하다. 그러나 우리나라에는 아직 아스파라거스 시비기준이 확립되어 있지 않아 재배농가의 무분별한 유기물 및 화학비료의 사용으로 토양 내 염류집적이 높았던 것으로 판단된다. 시설 재배 토양의 염류집적과 그로 인해 발생하는 여러 문제에 대한 근본적인 해결책은 토양 비옥도를 평가하여 알맞은 시비량을 결정하는 것이다. 이를 위하여 금후 아스파라거스 시비량에 따른 수량성 조사 등 심도있는 연구와 함께 지속적인 토양 화학성의 모니터링이 필요할 것으로 판단되었다.

(시험 2) 아스파라거스 비가림 재배 상품성 향상을 위한 적정 시비량 구명

아스파라거스 재배 중 NK비료의 사용량이 토양 화학성과 수량에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행한 토양용액 분석결과는 Fig. 1과 같다. 아스파라거스 재배에 적합한 토양의 pH는 5.5~6.4이고, 산성토양은 피하는 것이 좋다(Kang et al., 2017)는 보고가 있으며, 본 시험이 수행된 토양의 pH가 적정범위를 벗어나 약간 높았으나 연구의 결과를 보면 시비량이 많아짐에 따라 pH가 7.4에서 6.4로 낮아지는 것으로 나타나 재배 적정범위에 근접하는 경향을 보였다. 질소성분의 함량은 암모니아태 질소(NH₄-N)와 질산태 질소(NO₃-N) 모두 시비량이 많아짐에 따라 증가함을 알 수 있었다. 그동안 토양용액을 채취하여 분석하는 방법을 통하여 시비량을 결정짓기 위한 많은 연구가 수행되었다. Lim 등(2001)은 시설 오이 재배지의 토양용액의 질산태 질소 함량은 질소시비량과 정의 상관관계를 나타내며, 질소를 800 kg ha⁻¹ 시비하였을 때 토양용액의 질산태 질소는 900 mg L⁻¹ 이었다고 보고하였다. 본 연구에서의 질산태 질소 함량은 NK비료 41.6kg/10a 투입 시 1,180 mg L⁻¹ 으로 분석되었는데, Lim 등(2001)이 보고한 토양 내 질산태 질소 함량과의 차이는 시비량과 함께 채취시기 등이 큰 영향을 미친다는(Lee et al., 2012) 보고와 관련이 있는 것으로 생각된다. 치환성 양이온 함량의 차이는 NK비료를 사용하였기 때문에 치환성 칼륨의 함량은 정의 상관관계로 증가하였으나 칼슘과 마그네슘은 처리 간에 차이가 없었다. 이상의 암모니아태 질소, 질산태 질소, 치환성 칼륨의 증가로 전기전도도(EC) 역시 시비량의 증가에 따라 6.5 dS/m에서 21.1 dS/m로 높아져 유효한 양분의 양이 증가함을 알 수 있었다. 유효인산의 함량은 시비량에 증가에 따라 높아지는 경향이었으나 유의적인 차이는 나타내지 않았다.



* 0 S: non-fertilizer; 0.5 S: 10.4 kg/10a; 1.0 S: 20.8kg/10a; 2.0 S: 41.6 kg/10a

그림 2. 시비량에 따른 토양용액 특성

표 4에서 보는 바와 같이 시비량에 따른 아스파라거스 각각의 순의 무게와 당도는 시비 처리 간 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나, 수확량에 있어서는 차이를 보였다. 순의 수확개수는 무시용에서 48.6개/m² 이었고, 0.5배와 1배량은 각각 52.7, 45.2개이었으나 2배량에서는 33.1개로 적었다. 또한 수확량은 0.5배량에서 1.39kg/m²로 가장 많았고 1.0배량, 0배량 순이었으며 2배량 시험구는 0.89kg/m²로 가장 적었다. 이러한 결과를 볼 때 아스파라거스의 수량증대에 적절한 NK비료의 사용량은 0.5배량이 효과적인 것으로 나타났다. 하지만 아스파라거스의 성장특성 중 전년도에 생산된 동화산물이 근권으로 이동하여 익년도 순의 생산에 사용된다(Kitazawa et al, 2014)는 보고를 고려할 때 무시용구에서 1.21kg/m²의 수량성을 얻었던 것은 금년도 시비량의 효과 뿐만 아니라, 뿌리 내 저장되었던 동화산물의 수준도 영향을 끼쳤을 것으로 판단되며, 이는 당년의 수량 조사뿐만 아니라 차년도의 수량을 조사하여 시비 처리에 따른 동화산물의 근권이동 저장되어 나타날 영향도 조사되어야 함을 시사한다. 2.0배량 처리에서 수확 된 순의 수와 수량이 유의하게 줄어든 것은 NK 비료의 과다사용으로 인한 염류과잉에 의한 장애로 사료되며, 기준 시비량 이상의 비료를 사용하는 것은 생리장애로 인한 손실뿐만 아니라 토양 염류 과다집적에 따른 재배환경 악화로 지속적인 재배에 어려움을 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

표 4. 시비처리에 따른 아스파라거스의 수량 및 품질특성

처리내용	순 개수 (개/m ²)	상품수량 (kg/m ²)	순무게 (g/spear)	당도 (°Brix)
0 S	48.6 ±2.0	1.21 ±0.09	25.0 ±1.4	5.2 ±0.03
0.5 S	52.7 ±1.8	1.39 ±0.17	26.5 ±3.8	5.0 ±0.12
1.0 S	45.2 ±7.6	1.27 ±0.24	28.1 ±1.8	5.1 ±0.11
2.0 S	33.1 ±5.5	0.89 ±0.13	27.2 ±2.9	5.0 ±0.19

* 0 S: non-fertilizer 0.5 S: 10.4 kg/10a 1.0 S: 20.8kg/10a 2.0 S: 41.6 kg/10a

봄 재배 종료 후 토양 특성은 표 5와 같다. 시비가 이루어지지 않았던 처리구의 pH는 7.7이었고 시비량이 증가함에 따라 pH는 7.3~6.6으로 낮아지는 경향을 나타내 재배 중 토양용액 분석 결과와 같은 경향이였다. 전기전도도(EC)는 시비량이 많아짐에 따라 2.1 dS/m에서 4.5 dS/m로 높아져 정의 상관관계를 나타냈으며, 이는 NK비료 투입에 따른 질산태 질소, 암모니아태 질소, 치환성 칼륨 함량의 증가에 따른 결과로 생각된다. 일반적인 시설재배지의 적정 EC농도가 2.0 dS/m이하인 것을 감안하면 다소 높은 편이나 유기물 투입 등을 통해 높은 EC농도에 따른 염류장애 피해를 줄이는 방법도 생각해 볼 수 있다. 각 처리구 간의 유기물, 치환성 칼슘과 마그네슘의 함량 차이는 없었으나, 치환성 칼륨의 함량은 시비량이 많아짐에 따라 2.0 cmol⁺/kg에서 4.4 cmol⁺/kg로 높아졌다.

표 5. 시비량에 따른 아스파라거스 재배토양의 화학성

처리내용	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation(cmol ⁺ kg ⁻¹)		
					Ca	K	Mg
0 S	7.7 ±0.0	2.1 ±0.6	21.8 ±2.8	1,193 ±185	9.9 ±1.0	2.0 ±0.1	2.8 ±0.6
0.5 S	7.3 ±0.1	2.6 ±0.5	23.1 ±5.1	1,443 ±213	11.2 ±1.1	2.7 ±0.5	3.1 ±0.6
1.0 S	6.8 ±0.5	4.2 ±0.5	33.3 ±3.6	1,866 ±68	11.8 ±0.7	3.6 ±1.0	2.9 ±0.7
2.0 S	6.6 ±0.2	4.5 ±0.9	25.7 ±9.3	1,592 ±388	9.5 ±1.6	4.4 ±0.7	1.9 ±0.4

* 0 S: non-fertilizer 0.5 S: 10.4 kg/10a 1.0 S: 20.8kg/10a 2.0 S: 41.6 kg/10a

NK비료 사용수준에 따른 아스파라거스 수량은 0.5배량과 1.0배량에서 큰 차이가 없었고, 2.0배량에서는 수확량이 유의하게 낮아졌고, 토양용액 및 토양분석결과 염류의 농도가 높아진 것을 본 시험을 통하여 확인할 수 있었다. 이는 토양의 과도한 염류가 아스파라거스 생산량에 부정적 영향을 미친다는 것을 의미하며, 따라서 아스파라거스 재배농업인은 이에 대한 해결책으로 주기적인 토양분석을 실시하여 토양 비옥도를 확인한 후 적절한 비료 사용량을 결정해야 할 것으로 생각된다. 또한, 아스파라거스 생산에서의 저장양분이 차년도 수량에 미치는 영향 분석과 토양 염류집적에 대한 연차간 시험이 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

(시험 3) 수출용 아스파라거스 생산을 위한 적정 유기물 종류 및 사용량 구명

2018년도 시험결과 유기물 종류에 따른 주당 수량은 우분, 계분, 시판퇴비 및 무처리를 비교 하였을 때 우분이 전체적으로 가장 많았으며, 계분과 시판퇴비는 비슷한 수준이었다. 유기물의 종류에 따라서는 모든 처리에서 사용량이 증가함에 따라 수량도 많아지는 경향 이었다. 특히 우분의 경우 1배에서 251g, 4배에서 280g으로 많아졌다.

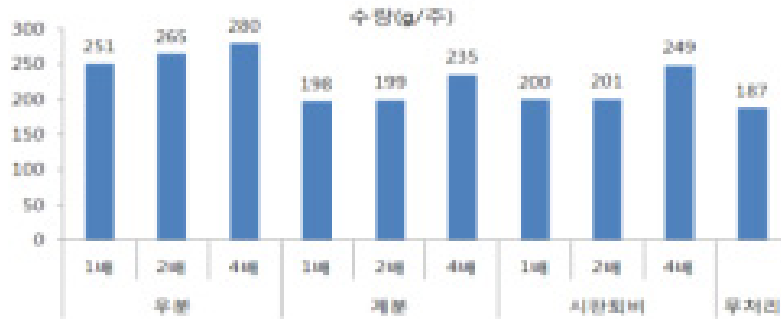


그림 3. 유기물의 종류와 양에 따른 수량성(2018)

종류와 양에 따른 토양 화학성은 pH의 경우 우분이 7.4~7.9로 높았으며 계분이 6.7~7.0으로 낮은 편이었다. EC는 우분의 경우 사용량이 증가함에 따라 증가폭이 크지 않았으나 계분은 사용량에 따라 EC가 높아졌다. 유기물의 함량은 우분과 계분간 큰 차이가 없었다. 또한 치환성양이온인 Ca, K, Mg의 함량은 처리 간 큰 차이가 없었다.

표 6. 유기물의 종류와 양에 따른 토양 화학성(2018)

처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	SOM (g/kg)	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅ (mg/kg)	
				(cmol ⁺ /kg)				
무퇴비	7.5	2.3	16.8	10.9	2.2	2.3	852	
우분	10	7.8	22.1	17.6	5.0	2.9	1,092	
	20	7.4	23.9	17.4	2.9	3.3	1,748	
	40	7.9	2.2	21.2	12.6	4.4	4.6	1,446
계분	10	6.7	4.6	28.5	13.0	2.2	2.6	1,400
	20	7.0	6.0	28.2	11.2	4.5	3.3	1,965
	40	6.9	7.9	23.3	10.7	3.3	1.8	1,158

처리내용		pH (1:5)	EC (dS/m)	SOM (g/kg)	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
					(cmol ⁺ /kg)			
시판퇴비	10	7.7	2.4	18.2	11.9	4.8	3.1	900
	20	7.3	3.5	16.9	12.2	6.0	4.1	1,334
	40	7.5	3.2	17.8	9.0	5.1	2.4	1,150

처리에 따른 시기별 아스파라거스의 당도는 표와 같다. 유기물의 종류에 따라서는 계분이 우분보다 0.2 Brix 높았으며, 시기별로는 초기 수확분의 당도가 높았다. 유기물의 사용량이 많아짐에 따라 당도는 낮아지는 경향이었으나 큰 차이는 없었다.

표 7. 유기물의 종류와 양에 따른 아스파라거스 당도 변화

처리내용		1차(4월19일)	2차(5월8일)	평균
우분	1배	5.45	5.09	5.27
	2배	5.38	4.95	5.16
	4배	5.20	5.00	5.10
계분	1배	5.78	5.30	5.54
	2배	5.66	5.28	5.47
	4배	5.59	4.98	5.28
시판퇴비	1배	5.88	5.28	5.58
	2배	5.34	5.36	5.35
	4배	5.56	5.43	5.49
무처리		5.43	5.00	5.21

2019년도 유기물의 종류와 양에 따른 아스파라거스의 수량은 우분 4배 처리에서 가장 수량이 많았고, 무처리(무퇴비구)를 제외하고는 수량에서의 큰 차이는 없었다.



그림 4. 유기물의 종류와 양에 따른 수량성(2019)

2019년도 토양의 화학성분분석결과 pH는 우분퇴비가 계분퇴비 사용구 보다 높았고, EC는 계분 사용 처리구가 높았으며, 유기물의 함량, 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 인산등의 함량은 처리가 큰 차이가 없었다.

표 8. 유기물의 종류와 양에 따른 토양 화학성(2019)

처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	SOM (g/kg)	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅ (mg/kg)
				(cmol ⁺ /kg)			
무퇴비	7.5	2.3	16.8	10.9	2.2	2.3	852
우분	10	7.8	22.1	17.6	5.0	2.9	1,092
	20	7.4	3.0	23.9	17.4	2.9	1,748
	40	7.9	2.2	21.2	12.6	4.4	1,446
	계분	10	6.7	4.6	28.5	13.0	2.2
계분	20	7.0	6.0	28.2	11.2	4.5	1,965
	40	6.9	7.9	23.3	10.7	3.3	1,158
	10	7.7	2.4	18.2	11.9	4.8	900
시판퇴비	20	7.3	3.5	16.9	12.2	6.0	1,334
	40	7.5	3.2	17.8	9.0	5.1	1,150

아스파라거스는 재배시 계분을 사용할 경우 수량성은 우분 등과 비교하여 큰 차이 없었으나, 토양 내 EC가 지속적으로 높아지는 문제점이 있었다. 아스파라거스 재배시 적정 유기물의 종류와 시비량을 검정하기 위하여 2년간 시험을 수행한 결과 적합한 유기물의 종류는 우분으로 판단되었고, 시용량은 40톤/10a 까지 높여주어도 수량성이 높아지는 것으로 조사되었다.

(시험 4) 수출기간 연장을 위한 봄재배 관수관리 기술 개발

아스파라거스 재배농가는 봄철 수확을 위하여 이른 봄부터 관수를 시작한다. 따라서 아스파라거스의 수량증대를 위한 관수관리의 기술은 매우 중요하다. 아스파라거스 수량을 조사한 결과 수확개수는 스프레이 관수와 점적관수 처리에서 큰 차이가 없었다. 그러나 주당 수량에서는 스프레이가 295g, 점적관수와 205g으로 스프레이 관수가 43% 증수되는 효과가 있었다. 이러한 수량증가의 원인은 각각의 아스파라거스 순의 무게가 증가한 것으로 판단되었다. 두 가지 처리에서 관수량을 동일하게 하여 시험을 수행하였는데, 점적관수에서 수량이 낮았던 것은 관수방법에 의한 차이뿐만 아니라 관수 방법 간 적정 수분함량의 차이 및 토성 등도 영향을 끼쳤던 것으로 판단되었다. 아스파라거스는 관습에는 약하지만 수분을 좋아하는 작물로 알려져 있다. 따라서 충분히 배수성이 좋은 토양을 선택하여 재배 하면서 스프레이 등을 이용하여 넓고 충분히 관수하는 것이 아스파라거스의 수확량 증대를 위하여 필요한 기술인 것으로 판단되었다.

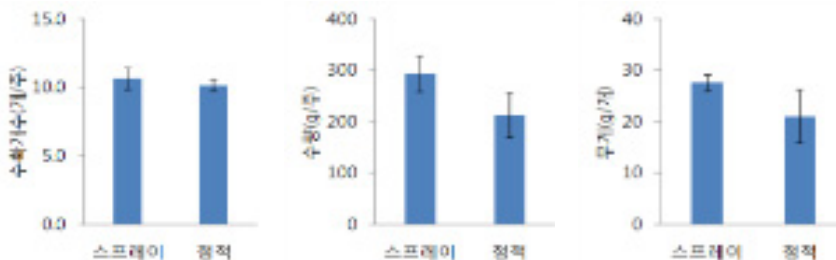


그림 5. 관수방법에 따른 수량 및 품질 특성

4. 적 요

(시험 1) 아스파라거스 재배농가 토양 이화학성 분석 및 시비관리 조사 분석

- 가. 전국 아스파라거스 재배농가 평균 토양화학적성은 pH 6.1, EC, 3.7 dS m⁻¹, OM 40.5 g kg⁻¹, 유효인산 1,118 mg kg⁻¹, 치환성양이온으로 칼슘 10.7 cmol⁺ kg⁻¹, 칼륨 2.4 cmol⁺ kg⁻¹, 마그네슘 3.2 cmol⁺ kg⁻¹ 이었음.
- 나. 전체적으로 토양 내 EC, OM, 유효인산, 치환성양이온의 함량이 높았으며 pH는 적정범위에 있었음.
- 다. 지역별 토양화학적성은 토양특성, 시비방법, 재배 연차 등에 따른 것으로 판단되었음. 특히 당진군의 경우 토양 EC가 12.6 dS m⁻¹ 으로 높았으며 이는 10년 이상의 재배연차와 지속적인 퇴비 및 가축분뇨액비의 시용에 기인한 것으로 판단되었음.

(시험 2) 아스파라거스 비가림 재배 상품성 향상을 위한 적정 시비량 구명

- 가. 아스파라거스의 수량은 0.5배량과 1.0배량에서 각각 1.39 kg/m²과 1.27 kg/m² 으로 많았으며, 0배량 1.21 kg/m², 2배량은 0.89 kg/m² 수준이었음.
- 나. 토양용액과 토양을 분석한 결과 NK시비량 증가에 따라 EC, 질소, 칼륨의 농도가 높아졌음. 토양용액의 경우 관행 시비의 2배량 처리에서 질산태 질소가 1,180 mg L⁻¹, 칼륨은 4,057 mg L⁻¹ 까지 높아졌음.
- 다. 농가에서 현재 사용하고 있는 시비량인 20.8kg/10a 는 수량이 낮아지지 않는 최대시비량 일 것으로 생각되었음.

(시험 3) 수출용 아스파라거스 생산을 위한 적정 유기물 종류 및 시용량 구명

- 가. 아스파라거스는 재배시 계분을 사용할 경우 수량성은 우분 등과 비교하여 큰 차이 없었으나, 토양 내 EC가 지속적으로 높아지는 문제점이 있었음.
- 나. 아스파라거스 재배시 적정 유기물의 종류와 시비량을 검정하기 위하여 시험을 수행한 결과 적합한 유기물의 종류는 우분으로 판단되었고, 시용량은 40톤/10a 까지 높여주어도 수량성이 높아지는 것으로 조사되었음.

(시험 4) 수출기간 연장을 위한 봄재배 관수관리 기술 개발

- 가. 아스파라거스 수량을 조사한 결과 수확개수는 스프레이 관수와 점적관수 처리에서 큰 차이가 없어 스프레이가 295g, 점적관수와 205g으로 스프레이 관수가 43% 증수되는 효과가 있었음.
- 나. 수량증가의 원인은 각각의 아스파라거스 순의 무게가 증가한 것으로 판단되었음.
- 다. 아스파라거스는 관습에는 약하지만 수분을 좋아하는 작물로 알려져 있음. 따라서 충분히 배수성이 좋은 토양을 선택하여 재배하면서 스프레이 등을 이용하여 넓고 충분히 관수하는 것이 아스파라거스의 수확량 증대를 위하여 필요한 기술인 것으로 판단되었음.

5. 인용문헌

- Rural development Administration National Academy of Agricultural Science (2010) Methods of Soil Chemical Analysis
- Rural development Administration (2017) A Field Survey and Evaluation Criteria of Resources and Agricultural Environment – Soil Chemical Property.
- Chang, S., Sommerfeldt, T., Entz, T. (1991) Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. *J Environ Qual* 20:475–480.
- Kang, H. M., Kim, K. S., Kim, B. S., Kim, S. K., Kim, I. S., Ku, Y. G., Park, N. I., Yong, Y. R., Lee, J. K., Seo, H. T., Jeon, S. J., Hong, S. J. (2017) *Asparagus*, p.216, World Science, Seoul, Korea.
- Kim, J. G., Lee, K. B., Lee, S. B., Lee, D. B., Kim, S. J. (2000) The effect of long-term application of different organic material sources on chemical properties of upland soil. *Korean Society Of Soil Sciences And Fertilizer*. 12:416–431.
- Lee, J. H., Bae, J. H., Ku, Y. G. (2013) Effect of two cultivars of asparagus with low temperature treatment on bud breaking and spear growth, *Kor J Hort Sci Technol* 31(2):141–145.
- Phupaibul, P., Chitbuntanorm, C., Chinoim, N., Kangyawongha, P., Match, T. (2004) Phosphorus accumulation in soils and nitrate contamination in underground water under export-oriented asparagus farming in nong ngu lauem village, nakhon pathom province, thailand. *Soil Sci Plant Nutr* 50(3): 385–393.
- Seo, H. T., Kim, Y. J., Jang, E. H., Hong, D. K., Bang, S. B., Kang, H. M. (2014) Effects of amount of compost, mulching and planting density on root growth of asparagus(*Asparagus officinalis* L.) in temporary planting. *Kor J Hort Sci Technol* 31(1):74.
- Seo, H. T., Kim, Y. J., Jang, E. H., Won, J. H., Bang, S. B., Kang, H. M. (2016) Effect of pinching height and time on growth and yield of *Asparagus officinalis* L.) in open field culture. *Kor J Hort Sci Technol* 34(2):83.
- Seong, K. C., Kim, C. H., Lee, J. S., Kim, J. S., Eum, Y. C. (2006) Optimum number of mother stalks for better yield and quality in asparagus(*Asparagus officinalis* L.). *Journal of Bio-Environment Control* 15(1):197–201.
- Seong, K. C., Kim, C. H., Moon, D. G., Lee, J. S. (2010) Low temperature treatment for off-season asparagus(*Asparagus officinalis* L.) production in December. *Kor J Hort Sci Technol* 28(1):52–52.
- Seong, K. C., Kim, C. H., Lee, J. S., Eum, Y. C., Moon, D. K. (2012) Determination of optimum heating date for off-season production of asparagus(*Asparagus officinalis* L.). *Journal of Bio-Environment Control* 21(3):276–280.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2017(1년)	홍 보	아스파라거스 일본 수출 선적식
2018(2년)	논문게재	강원도 아스파라거스 파충채벌레 방제를 위한 종합적 방제방안
	학술발표	아스파라거스 재배농가 토양 이화학성 및 시비관리 조사 분석
2019(3년)	논문게재	전국 아스파라거스 재배농가의 토양 화학적 특성
	논문게재	질소칼리 시비량에 따른 토양 화학성 및 아스파라거스 수량 반응
	학술발표	수확기 아스파라거스 총채벌레 방제를 위한 종합적 방제안안
	영농활용	우리나라 아스파라거스 재배지의 토양 화학성

성과지표명		연도	1년차(2017)		2년차(2018)		3년차(2019)		계	
			목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문 게재	비SCI	-	-	1	1	2	2	3	3	
학술 발표	국내	-	-	1	1	1	1	2	2	
영농 활용	정보	-	-	-	-	1	1	1	1	
홍보		3	3	3	3	3	3	9	9	
시험수출		1	1	1	1	1	1	3	3	
계		4	4	6	6	8	8	18	18	

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'17	'18	'19
과제책임자	강원대학교	교수	김경수	과제 총괄			○
협동책임자	원예연구과	농업연구사	전신재	세부주관 수행	○	○	○
공동연구자	원예연구과	농업연구사	이원경	품질조사 지원	○	○	○
	원예연구과	농업연구사	김경원	품질조사 지원		○	○
	원예연구과	공업서기	박기진	품질조사 지원	○	○	○
	인삼약초연구소	소장	엄남용	평가분석 지원			○
	환경농업연구과	농업연구관	김기선	평가분석 지원		○	