시설용수 및 영농편의용수 공급시스템 개발 (I) - FDA 시스템 개발 -

Development of Clean Water Supplying System for Greenhouse Cultivation and Convenience Water (I) - Development of the FDA System -

이광야* · 최경숙**†

Lee, Kwang-Ya* · Choi, Kyung-Sook**†

ABSTRACT

The water purification systems have been hardly used for agricultural purpose due to their complicated compositions and high costs for farmers, while only simple filtrations have been applied to irrigation systems in order to prevent the system from clogging problems. This study therefore developed a clean water supplying system, the Filter-Disinfection-Adsorption (FDA) system, especially for greenhouse cultivation of where low quality of water is available. This system has also been produced for providing convenience water to farmers in the areas of no water supply service systems for the purpose of washing their bodies or agricultural machineries after farm work. The FDA system consists of three stages of purification processes with an integral module, including disk and teflon filtrations and Ultraviolet (UV) sterilization processes. Indoor experiments were undertaken with a trial product of the FDA system to test its performance. The operation test of the process was performed as well as the condition check of each item including UV module, filters, control panel, pump, valves, etc. The results shows good performance of each test with no critical problems. The initial and maintenance costs were also analysed with other purification systems. From the comparisons, the FDA system found to be very economical and easy to use.

Keywords: FDA system development; clean water supply; greenhouse cultivation; convenience water

I. 서 론

최근 농지의 범용화와 고소득 작물재배를 원하는 농가의 증가로 인하여 시설농업이 상당히 증가하여 2008년도 기준 시설 재배면적이 9만 5천 ha에 이르고 있는 실정이다 (MFAFF, 2008).

고소득의 친환경농산물을 재배하기 위해서는 깨끗하고 건전한 용수의 공급과 양질의 토양이 무엇보다도 중요하다. 특히

친환경농산물로 판매하기 위해서는 최근 정부가 추진하는 Good Agricultural Practices (GAP: 우수농산물관리제도) 인증을 받아야 한다. 이를 위해서는 오염된 물 또는 토양, 농약, 중금속, 유해생물 등의 식품안전성에 문제를 발생시키는 요인이 반드시 관리되어야 한다. 친환경농산물을 생산하기 위해서는 품종선택, 시비, 환경제어 등 여러 요인이 있으나 그 중 청정용수 공급이 가장 중요한 인자로 대두되고 있다 (NAQS, 2006).

그러나 우리나라 시설농업의 대부분은 생산기반이 미흡하고 1 가구당 시설재배면적이 600평 이하가 전체의 51 %, 900평 이하가 71 %를 차지하는 등 경영규모가 영세한 점, 그리고 시설의 낙후 및 유통구조의 취약 등의 문제점들을 안고 있어 (MFAFF, 2006), GAP 인증 등의 고품질 친환경농산물 재배를 위한 시설용수 수질개선을 위한 고비용의 간이정수장 설치 및 운영은 전혀 고려하지 못하고 있는 것이 현실이다. 그 외에도 지하수의 고갈, 수질오염, 동절기 수원변화 등에 의한 이유

* 한국농어촌공사 농어촌연구원

** 경북대학교 농업토목공학과

† Corresponding author. Tel.: +82-53-950-5731

Fax: +82-53-950-6752

E-mail address: ks.choi@knu.ac.kr

2009년 8월 24일 투고

2009년 9월 21일 심사완료

2009년 9월 23일 게재확정

들도 깨끗한 시설용수 공급에 어려움을 더하고 있다.

우리나라 시설농업은 주로 비닐온실에 의해 작물들이 재배되고 있으며, 시설용수는 주로 지하수 혹은 지표하 유출수 사용을 위한 관정에 의존되어 왔다. 그러나 최근에는 지하수 고갈 및 범용농지의 증대로 하천수와 관개용수를 사용하고 있는 지역도 많이 증가하고 있는 추세이다. 하천수와 관개용수를 시설용수로 사용할 경우 수질오염, 작물에 따른 적정수질 확보문제, 겨울철 기온하강에 의한 결빙 및 작물의 냉해피해가 우려되는 수온조절 문제 등이 대두되고 있다.

시설용수를 지하수로 공급하든 혹은 하천수 및 관개용수로 공급하든 간에 고품질의 안전 농산물 재배를 위해서는 깨끗한 수질확보가 관건이다. 시설농업지역의 현장조사 결과 기존의 시설농업에 사용되고 있는 수질정화제품은 농업기술원, 연구소, 시험장 등에서 운영하는 대단위시설농업규모에 사용되는 정화제품으로서 지역특성상 발생하는 수질오염문제 (석회석, 철분, 칼슘 등의 문제)를 해결하기 위해 특별주문 제작한 제품으로 용량이 100 톤에서 200 톤가량으로 매우 커 제품의 제작비나 유지관리 비용이 매우 비쌌다.

일반 농업시설농가에서는 수질정화를 목적으로 개인단위로 수질정화제품을 구입하여 설치하기에는 단가가 비싸기 때문에 이러한 시설을 거의 사용하고 있지 않았으며, 단지 관개장치의 노즐 막힘 현상을 방지하기 위해 설치한 단순 간이여과기 제품만을 주로 사용하고 있었다 (Photo 1). 대부분의 농가에서 사용하고 있는 이 같은 여과기 제품은 관수로나 양수기에 설치하여 사용하고 있었으며, 이는 깨끗한 용수의 공급을 위해서라기보다는 관개시설 (관 또는 노즐)의 원활한 유지를 위해서 필터를 선 처리를 하고자 하는 목적을 가지는 경우가 대부분인 것으로 조사되었다.

시장조사 결과 현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 간이여과기 제품은 이스라엘 제품인 네파뎀 브랜드로 가격이 국내 여과기의 3배 정도로 비쌌으나 농민들은 상대적으로 싼 국내산 제품보다는 이 제품의 사용을 선호하는 것으로 나타났다. 이에 대한 가장 큰 이유는 네파뎀이 국내산 제품보다 내구성 우수하며 사용상 수압에 의한 디스크 필터의 변형이 거의 일어나지 않는다는 점이었다. 간이여과기외의 기존의 수질정화제품들에 대한 조사도 병행한 결과 기존 여과기의 경우 필터 내 살균 기능이 없어 교체시기를 놓쳤을 경우 세균 번식이 우려되는 점과 정밀한 수질정화제품의 경우 복잡한 공정에 따른 설비비가 비싸고 사후 유지관리비가 비싼 점, 이물질 제거용의 단순 필터제품이거나 혹은 복잡한 시스템으로서 농업용이 아닌 생활용수용이 대부분인 점, 그리고 무엇보다도 기술의 외국의존도가 커서 국내 기술발전을 저해 한다는 점 등이 문제점으로 파악되었다.

Photo 1 Filtrations used in fields

이러한 기존 수질정화시스템들의 문제점을 개선하고 일반 시설농가에서 손쉽게 사용할 수 있는 제품개발이 절실하였으며, 특히 농산품의 단가를 최소로 하면서 고품질의 친환경농산물 생산이 가능한 저비용의 시설용수공급시스템 개발이 요구되었다.

한편 상수시설이 있는 농가가 원거리에 위치한 평야지대의 영농작업시 관개용수와 용수수요, 즉 손, 발 등의 세정 및 농기구의 세척에 필요한 용수수요가 많이 발생하고 있으나 상수시설이 없어 많은 불편을 겪고 있다. 일부 농민은 관개용수로의 물로 손 발 등을 세정 하거나 혹은 농기계 세척수로 이용하고 있으나 이런 경우 발진 등 피부병, 세균감염, 전염병 매개 등과 같은 위해성 문제가 대두되며 농약, 비료 살포 후 농기구 세척은 농업지역의 수질오염을 유발시키고 특히 하류 관개용수 오염의 요인이 되고 있다.

실제 수리시설관리자 및 농민을 대상으로 한 사전 설문조사 결과 양수장이나 배수장 및 소규모의 배수갑문 작업장에서는 상·하수시설이 없기 때문에 관개기간 또는 수리시설 가동기간 동안 손 또는 전신을 씻기 위해 멀리 위치한 상수시설 설치지역까지 다녀와야 하는 불편함이 있는 것으로 조사되었다. 그러나 이러한 불편함을 해소하기 위해 상·하수시설을 설치하기에는 초기투자비가 너무 많이 소요되어 엄두를 못 내고 있는 형편이었다. 현재 전국적으로 가동 중인 양·배수장은 총 3,932개소이며 방조제는 154개이나 이 중 상·하수시설이 설치된 경우는 불과 10 % 정도로 작업자의 안전과 농촌작업

환경개선을 위하여 영농편의 용수공급 시설이 반드시 필요한 것으로 조사되었다 (MIFAFF, 2005).

이에 본 연구는 우리나라 농촌현실에 적합하면서 고품질의 친환경 농산물 생산을 위한 양질의 청정용수 공급이 가능하고, 농민의 편의와 안전을 도모하기 위한 영농편의 용수 공급이 가능한 시설용수 및 영농편의 용수공급시스템을 개발하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구개발 방법

앞서 언급한 바와 같이 기존의 정화시설은 하수처리장과 같은 대규모 시설이나 가정에서 쓰고 있는 정수기로 구분되고 있는데 아직까지 농업용수를 정화하기 위한 용도로 개발된 제품은 없다. 본 연구에서는 지속가능한 시설농업에 필요한 친환경 청정용수를 공급하고 영농작업의 위해성에 대한 안전의 확보와 편의를 제공하는 영농편의 용수를 공급하기 위해 처리 대상수의 탁도를 현저히 낮추는 동시에, 부유 물질 및 미생물을 효율적으로 제거시켜 시설농작물 재배에 적합한 청정 농업용수를 제공할 뿐만 아니라, 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 유해성에 대한 안전을 목표로 농업용 수질정화용 용수공급시스템인 Filter - Disinfection - Adsorption (FDA) 시스템을 개발하고자 하였다.

FDA 시스템은 각각 모듈 방식으로 개발하여 지역별로 최소한의 필요한 시스템만 설치 가능하게 함으로써 농촌 현실에 적합한 비용의 최소화를 달성하고자 하였다. FDA 시스템 시작품은 3단계의 적정성 평가과정을 거쳐 개발하도록 하였다. 1단계는 시설용수 공급시스템의 시스템 구조계산 및 구성품별 적절한 사양결정의 적정성 평가, 2단계는 시설용수공급용 여과장치 및 적정 살균장치 설계의 적정성 평가, 3단계는 시설용수 공급시스템 시작품 평가분석 (수질, 수량) 및 개선방안 도출에 대한 평가로써 각 단계별 평가를 거쳐 시작품이 개발되도록 하였다.

2. FDA 시스템 구성

본 시스템은 농촌 현실에 적합하고 시스템의 복잡한 공정을 지양하며 비용의 최소화를 위해 여과와 흡착 그리고 자외선살균 과정으로 구성된 필수적인 모듈로만 구성하여 개발하였다.

FDA 시스템의 1차 여과기는 디스크필터 2조를 사용하여 입자가 비교적 큰 부유 물질을 여과할 수 있도록 구성하였고, 2차 여과기에서는 테프론 필터 (Teflon filter)를 10조 사용하여 입자가 비교적 작은 부유 물질과 이온상태의 미립자를 여과,

Fig. 1 FDA system process

흡착할 수 있도록 구성하였다. 필터형식은 수평형으로 설치하여 미세여과망을 이용하여 제거하는 구조로서 처리수는 스트레너 (Strainer)에 장착된 여과망의 미세 틈으로 통과되면서 부유물질이 여과되는 원리이다.

세척과 여과는 동시에 진행되도록 고안하였는데 세척은 내장된 흡입노즐에 의해 완전하게 제거되도록 하였고, 세척수량이 최소화 될 수 있도록 집중역세가 가능하게 돌출 되어진 다수의 소구경 노즐이 여과망 본체의 잔류수압에 의하여 집중 세척하여 오염물질을 완벽히 제거하도록 구성하였다. 자외선 모듈에서는 1, 2차 여과기를 통과한 처리수를 일정시간동안 수조에 체류시켜 용수에 함유되어 있는 대장균을 사멸하도록 설계하였다. Fig. 1은 FDA 시스템의 처리과정을 나타내는 모식도이다. 유입펌프를 통해 장치내로 유입된 처리대상수를 1차여과기인 디스크 필터에서 비교적 큰 입자의 부유물질을 제거하고 2차여과기인 테프론 필터에서 미세입자 및 이온상태의 미립자를 여과 및 흡착하는 과정을 거쳐 마지막 단계인 자외선 탱크에서 처리대상수를 살균 소독하는 과정을 거쳐 공급펌프를 통해 재배지에 처리수를 공급하게 되는 구성이다.

본 연구에서는 시설용수공급과 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 안전을 겸한 시설용수 공급시스템 모듈통합기법을 시스템 개발에 적용하였다. 본 연구에서 개발한 시설용수 공급시스템 모듈통합기법은 다음과 같다.

- (1) 기존 펌프 배관에 시설용수 공급시스템 모듈 장치 연결
- (2) 여과필터는 1차 여과와 2차 여과로 구분하여 부유 물질 및 탁도 제거
- (3) 자외선 모듈의 설치 시 자외선램프가 완전히 물에 잠기도록 하며, 설비 상부면으로 공간을 두어 자외선램프의 유지관리가 가능하도록 제작
- (4) 자외선램프 성능의 지속성을 위하여 자외선 모듈에 무동력 마찰푸싱 세척 장치로 동력비 절감 (무동력 세척 장치는 Ultraviolet (UV) 소독 램프의 자외선 조사량을 유지하기 위한 방법으로 이 물질 바이오막이 형성되기 전에 이를 방지 및 역

Table 1 FDA system performance criteria

Item	Unit	Outflow
SS	mg/ℓ	10
BOD	mg/ℓ	6
Turbidity	NTU	4
Coliform	MPN/100mℓ	50

제하기 위한 시스템임)

(5) 멀티 필터로 수질 급변 상황에 따라 알맞은 구조로 변경

(6) 평상시 시설농작물에 급수하며, 손·발 등의 세정 및 기타 세척용으로도 이용

본 연구에서 목표로 하는 FDA 시스템의 수질정화 기준은 Table 1과 같다. Suspended Solid (SS), Biological Oxygen Demand (BOD), 탁도, 대장균은 일반적으로 농업용수 특성상 가장 기본이 되는 수질항목이다. 또한 우리나라 농업관행을 볼 때 시설재배의 용수공급에서 SS는 노즐 막힘의 원인이 되며 흡착성 BOD와 탁도와 매우 밀접한 연관이 있고, 영농편의용수로 이용하기 위해서는 반드시 대장균 항목도 포함되어야 한다. 따라서 시설용수 및 영농편의를 위한 목표수질기준을 설정하기 위해 위 4가지 수질항목을 선택하였다.

III. 결과 및 고찰

1. FDA 시스템 시작품 개발

본 연구에서 개발된 FDA 시스템 시작품의 구성도는 Fig. 2와 같으며, 시스템 구조계산을 통해 채택된 시스템 구성품별 사양은 Table 2와 같다. FDA 시스템 시작품의 몸체는 600×1,200 mm (1식)의 규모로 관로형 자외선 소독장치의 역할을 하며, 몸체 내에 내장된 자외선램프는 아크 전류에 의해 열을 받아 작동되는 수은-인듐 저압의 원리로 제작된 145 W 짜리 6개로 구성하여 체류시간을 극소화 하였다. 또한 자외선램프의 배열은 석영관과 같은 유수의 길이 방향으로 방류수의 흐름에 수평으로 균일한 간격으로 배열하여 저류조 내에 자외선 조사가 골고루 진행되어 극대의 살균효과를 도모하였다. 자외선 살균조의 예상동력은 약 0.87 kW로써 처리용량은 600 m³/day 정도이다. UV소독 램프의 자외선 조사량을 유지하기 위한 방법으로 이물질에 의한 바이오막이 형성되기 전에 이를 방지 및 억제하기 위한 장치로써의 UV 세척장치는 수평형 마찰부싱와이프 구조 형식의 자동세척방식을 채택하였다.

원수의 이송펌프용량은 25 m³/hr의 3마력펌프로써 지표수 압송을 위해 설치하였다. 1차여과기의 경우는 플라스틱 재질의 디스크 필터 형식으로 100×600 mm 규격의 2식으로 구성하였으며, 여과기 최대압력은 12 atm으로 필터 최대처리용량은

Fig. 2 FDA system diagram

Table 2 FDA system constitution

Item	No. of item	Type	Size	Conditions
Disk filter	2	PP	D50mm	25m ³ /hr 12atm 25ton/hr/ea
Inflow pump	1	Ground pump	3HP	25ton/hr
Teflon filter	10	STS304	D65φ*L750	25m ³ /hr 3.5bar 9ton/hr/ea
UV lamp tank	1	Friction pushing wiper washing	145W*6EA	Automatic washing system φ24.5*2,000mm*1.5nmt
Control box	1	SUS304	L400*H600	220V (single - phase)
Pressure gage	2	Oil filled style	63.7*85	
Temp. gage	1	TPR	100*38	

25 ton/hr/ea 로 하여 자외선 살균처리용량과의 균형을 이루었다. 2차여과기의 경우는 테프론 필터로써 D 65×750 mm 규격의 10식으로 구성하여 미립자까지 여과·흡착되도록 하였다. 여과기 최대압력은 3.5 bar 이며 필터 최대처리용량은 9 ton/hr/ea이다. 두 여과기 모두 처리용량은 25 m³/hr, 즉 600 m³/day로써 UV 살균조의 처리용량과 동일하게 구성하였다. 시스템 사용 전력은 220 V 단상으로 구성하여 일반적으로 사용되고 있는 전력장치를 그대로 이용하게 함으로써 추가적인 전력 장치의 설치 없이도 사용가능하도록 하였으며, 작동 방식을 자동운전 타이머와 수동 스위치식으로 구성하여 사용자의 편리를 도모하였다.

특히 본 시스템의 특징은 여과를 통과한 처리수를 가능한 한 짧은 체류시간 동안에 살균처리가 이루어지도록 하여 실시간으로 바로 용수 공급을 할 수 있도록 함으로써 용수공급량의 변동에 탄력적으로 대처할 수 있도록 하여 사용편리성을 높였으

Photo 2 FDA system trial product

며, 실시간 처리방식으로 인한 자외선 저류조의 규모를 최대한 줄임으로서 시스템 설치의 어려움을 제거하고 제작비 단가를 최대한 절감하였다. 또한 최종공급펌프는 처리시스템과 별도로 두어 용수공급처를 달리할 경우 자동밸브를 이용하여 사용자가 자유로이 용수공급처를 조작할 수 있도록 함으로써 시스템 사용편의성과 유지관리의 편리성도 높였다. Photo 2는 FDA 시스템 요소별 설계 기준에 따라 제작한 시작품을 시설농업 현장에 설치한 전경을 보여주고 있다.

2. 시작품 평가

본 연구에서는 FDA 시스템 시작품의 제작과 더불어 시작품의 평가를 위해 실내 성능시험을 수행하였다. 여러 가지 시험 항목별로 성능기준에 부합하는지를 시험하여 각 구성별 작동상태를 파악하였다. Table 3은 FDA시스템 시작품의 실내성능시험 결과를 나타낸 것으로 시험 항목별로 Table 2에 제시한 각 요소별 기준에 부합한 양호한 결과를 보여주었다. Table 4는 UV살균장치에 대한 살균 성능 평가결과를 나타낸 것으로 UV램프를 이용하여 대장균 밀도에 따른 살균효과를 평가한 결과 처리수의 수질이 모두 상수원 1급수 수준이었으며, 특히 대장균의 밀도가 100 ml당 10,000 이하인 경우 처리효율이 100%로 높은 처리효과를 나타내었다.

또한 본 연구에서는 FDA 시스템과 타 정화제품과의 정확기능 및 가격에 대한 비교분석도 실시하였다. Table 5는 기존에 많이 사용되고 있는 여과기 제품과 FDA 시스템과의 특성 및 가격에 대한 비교분석표이다. 기존 여과기제품은 여과만 되고 살균은 별도로 설치해야 하는 불편함이 있는 대신 FDA 시스템은 살균 여과가 동시에 진행되는 시스템으로써 동일처리용량을 기준으로 오히려 기존의 여과기제품보다 초기투자비가 훨씬 적게 드는 장점이 있었다. 또한 FDA 시스템은 시설농업 현장

Table 3 The results of FDA system performance tests

Project Name		FDA system test	
NO	Item	Content	Result
1	UV module tank	Lamp operation	good
		Material and size	good
		Welding condition	good
		Lamp size	good
		Module no. check	good
2	Filters	Filter air pressure test	good
		Material and size	good
		Welding condition	good
3	Control box	Material and size	good
		Voltage indication	good
		Panel operation	good
4	Valve, pump, etc	Pump volume and operation	good
		Automatic valve operation	good
		gauge operation	good

Table 4 UV disinfection test

No.	Before UV (MPN/100ml)	After UV (MPN/100ml)
1	15,000	8
2	10,000	2
3	5,000	0
4	2,500	0
5	1,000	0

Table 5 Comparison of the purification systems

Class.	PCF-Filter	Aqua Disk Filter	FDA System
Mode	continuous lateral flow gravity type (excluding disinfection function)	continuous lateral flow gravity type (excluding disinfection function)	disinfection and filtration
Production	Korea	USA	Korea
Initial cost	Volume : 600m ³ /day	Volume : 600m ³ /day	Volume : 600m ³ /day
	₩62,000,000	₩65,000,000	₩47,000,000
Maintenance cost (1year)	₩15,104,225	₩5,932,840	₩1,533,906

여건에 따라 필요한 요소들만 선택적으로 사용가능하도록 함으로써 불필요한 처리공정을 생략할 수 있으며, 이로 인해 시스템 전체 제작비용을 감소시킬 수 있는 장점도 있었다. 유지관리 측면에서도 FDA 시스템은 비용 및 사용상의 편의성이 타 제품보다 월등히 유리한 것으로 조사되었다.

이러한 결과들을 종합해 볼 때 FDA 시스템 시작품은 성능과 가격 그리고 사용상 매우 유리하다고 판단되며, 본 연구의 목적에 부합되는 역할을 충분히 담당할 수 있을 것으로 평가되었다. 본 연구를 통해 개발된 시스템의 산업화를 위해 실시된 FDA 시스템 시작품에 대한 현장적용성 평가는 Lee and

Choi (2009)에 기술하였다.

IV. 결 론

최근 증가하고 있는 범용농지와 시설재배지의 경우 작물에게 공급할 용수량 확보가 무엇보다도 중요하며 겨울철에도 깨끗한 용수공급이 가능한 4계절 용수공급시설이 요구되고 있다. 그러나 시설용수로 흔히 사용되고 있는 지하수, 하천수, 관개수 모두 고품질의 친환경 농산물 생산을 위해서는 대부분의 경우 적절한 정화처리시스템의 이용이 필요하여, 이에 대한 해결책 마련이 절실히 요구되었다. 이에 본 연구는 우리나라 농촌현실에 적합한 시설용수 공급시스템의 개발과 더불어 상수시설이 없는 지역에서의 농민의 영농편의와 위해성으로부터 안전을 확보하기 위해 영농편의 용수공급이 가능한 시스템을 개발하고자 하였다.

이러한 목적을 위해 기존 필터제품의 문제점을 개선하고 보다 경제적이고 기능적인 면을 고려하여 시설재배단지에 청정용수공급을 목표로 FDA 시스템을 개발하였다. 시설용수 공급시스템과 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 안전을 겸한 모듈통합기법으로 개발된 FDA 시스템은 부유물질제거 및 살균소독 모듈을 거치는 과정으로 구성하였다. FDA 시스템 시작품의 제작을 통해 여러 가지 실내 성능실험을 수행하였으며 그 결과 각 요소별 기준에 부합한 양호한 결과를 보여 주었다. 본 시스템은 부유물질 제거 및 살균효과가 뛰어나 깨끗한 시설용수공급은 물론 영농작업 및 기타 농촌지역에서 발생하는 용수수요에 대해 편의 및 유해성에 대한 안전 확보에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단되었다. 비용면에서도 본 시스템은 타 제품보다 동일처리용량 기준으로 초기설치비가 적은 반면 기능적인 면이 훨씬 뛰어났으며, 유지관리측면에서도 매우 유리한 것으로 조사되었다. 본 연구를 통해 개발된 FDA 시스템은 경지정리나 수리시설 개보수 사업의 일환으로 현장에 설치함으로 시설농업 용수공급 문제를 해결하는데 적극 활용할 수 있을 것이며, 이로 인해 건전한 친환경 농업기반 조성에 일익을 담당할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 농림기술관리센터의 연구비 지원 (과제번호: 107035-03-3-SB010)에 의하여 수행되었음.

REFERENCES

1. Lee, K. Y., and K. S. Choi, 2009. Development of clean water supplying system for greenhouse cultivation and convenience water (II) - Assessment of the FDA system through a site application -, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 51(5): 101-106 (in Korean).
2. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF), 2005. Annual statistics of agricultural production infrastructure improvement projects. Korea Rural Community Corporation (in Korean).
3. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF), 2006. Ministry for food, agriculture, forestry and fisheries customized upland infrastructure improvement. Korea Rural Community Corporation (in Korean).
4. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF), 2008. Annual agricultural statistics (in Korean).
5. National Agricultural Products Quality Management Service (NAQS), 2006. Implementing GAP (Good Agricultural Practice) (in Korean).