

과제구분	기본	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제	연구분야	수행기간	연구실	책임자	
시설채소 안정생산 기술 개발	채소	'20~'21	농업기술원 원예연구과	김진영	
아쿠아포닉스 채소재배기술 농가 현장 실증	채소	'20~'21	농업기술원 원예연구과	김진영	
색인용어	아쿠아포닉스(aquaponics), 샐러드 상추, 현장실증				

ABSTRACT

This study was conducted to verify the leafy vegetable production by environmental-friendly aquaponics system. Aquaponics leaf vegetables cultivation in Gyeonggi Province is being carried out in greenhouse-type facility and is operated at 9 farms including Yeosu, Pocheon, Anseong, Pyeongtaek, etc. The main production facilities of aquaponics by farm households consisted of deep water culture cultivation bed, circular water tank, filtering device, LED nursery system where rearing salad vegetable. Examination of water quality was in the range of pH 5.4~6.6, electrical conductivity was 0.4~1.0 ds/m, nitrate 21.0~77.6 mg/l, potassium 2.0~80.4 mg/l, calcium was 39.1~76.9 mg/l. Field consulting at aquaponics farms completed 12 times in 2020 and 25 times in 2021 including water quality maintenance techniques for fish and consulting on microbial management, pests and physiological disorders. Three types of diseases in aquaponic cultivation were identified including powdery mildew, *Cercospora* leaf spot and *phytophthora* root rot. The main pests were aphids, moths, and thrips which highly damage the leaves in summer season. The physiological disorders of leaf vegetables were investigated in three symptoms: tip-burn, bolting, and iron deficiency. Tip-burn has many differences depending on the varieties, so it is necessary to prevent them by improving the cultivation environment and selecting resistant varieties. Vegetables produced by aquaponics were sold at high prices by direct sales or local food by packing individual harvests for salad vegetables, and it was expected to contribute greatly to farm income in the future.

Key words : Aquaponics, Salad lettuce, Farm cultivation

1. 연구목표

아쿠아포닉스(Aquaponics)는 물고기의 양어(Aquaculture)와 수경재배(Hydroponics)를 합친 개념으로 채소는 물고기에서 발생하는 유기물을 이용하는 환경 친화적인 순환농법으로 재배면적이 점차 증가 추세에 있다(Rakocy et al., 2004a, b). 특히 경지면적이 좁고 노동력과 부존자원이 적은 우리나라에서는 토지와 노동력 중심의 농업에서 기술 집약적인 스마트팜 농업으로 전환이 시도되고 있고 소비자들의 안전 농산물의 수요에 부응하는 기술로 아쿠아포닉스 채소생산기술은 그 중요성이 커지고 있다. 또한 생산된 샐러드 채소는 친환경적인 이미지로 고가로 판매할 수 있어 농가소득 향상에 크게 기여할 것으로 전망된다. 하지만, 아쿠아포닉스 재배기술은 물고기의 양어와 엽채류 재배가 동시에 이루어지므로 양어와 수경재배에 대한 융·복합적 기술이 요구되고 있다(이 등, 2019). 따라서, 본 연구는 2020년에서 2021년까지 2년간 경기도내 아쿠아포닉스 재배현황을 조사 및 분석하고 농가 현장에서 실증을 통해 실용화 가능성을 검토하였다. 또한 주기적으로 현장 컨설팅을 통해 경기도에서 보급하는 아쿠아포닉스 재배 기술이 농가에 안정적으로 정착할 수 있도록 기술지원을 추진한 그 결과는 다음과 같다.

2. 재료 및 방법

<시험 1> 경기도내 아쿠아포닉스 재배현황 및 수질 조사

도내 아쿠아포닉스 재배현황을 조사하기 위하여 여주, 안성, 포천, 평택, 남양주, 연천, 파주, 용인 8개시군 9개소를 주기적으로 방문하여 생산시설, 규모, 어종, 재배형태를 조사하였다. 또한 양어수와 채소재배 베드의 수질을 분석하여 엽채류 생산의 적정 여부와 어류의 안정적인 양어에 대한 정보를 수집하였다. 수질분석 항목은 pH, DO, 수온, 탁도, 염도, 전기전도도, 질산 및 아질산 농도를 다항목수질측정기(YSI, ProDSS)와 분석용 키트(Water quality test kit, Merck)를 이용하였다. 또한 농가현장에서 채집한 채소재배 베드의 양분 함량은 pH, 전기전도도, 질산, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 염소, 황산 등 다량원소와 철분, 아연, 망간, 구리 등 미량원소로 나누어 우리 원 환경농업연구과에 수질분석을 의뢰하였다.

<시험 2> 아쿠아포닉스 재배농가 현장컨설팅

아쿠아포닉스 재배농가를 주기적으로 방문하여 양어 및 채소재배관련 현장컨설팅을 2020년부터 2021년 2년간 농장을 직접 방문 및 유선으로 수행하였다. 주요 컨설팅 내역은 물고기 및 수질관리 요령, 육묘장 환경관리, 병해충 및 생리장해 진단 등 농업인의 애로사항을 현장에서 컨설팅하였다. 또한 농가 소득을 추정하기 위하여 아쿠아포닉스 농법으로 생산된 채소의 유통경로와 가격을 분석하였다. 소비자 만족도는 온라인 판매중인 아쿠아포닉스 채소상품의 후기를 비교 분석하여 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

<시험 1> 경기도내 아쿠아포닉스 재배현황 및 수질 조사

가. 아쿠아포닉스 재배현황

도내 아쿠아포닉스 재배는 여주, 안성, 포천, 남양주 등 9개소에서 운영하고 있었다(표 1). 운영방식은 컨테이너 재배방식인 용인을 제외하고는 대부분 연동형 시설 하우스재배로 양어용 수조와 채소재배용 베드, 여과장치 등으로 구성되었고 모종을 생산하는 별도 육묘장을 갖추고 있었다. 생산하는 채소는 대부분 샐러드용 상추의 비중이 높았으며, 일부 농장은 생산된 잎채소를 전량 식당에서 자가 소비하고, 농장체험과 채소생산을 병행하는 방식으로 도 운영하였다.

표 1. 경기도내 아쿠아포닉스 재배현황(2020~2021)

지 역	재배면적	어종	엽채류 재배방식	베드면적	하우스 형태	활용성
여 주	1,300㎡	메기	플로팅(바닥)	700㎡	2연동	채소생산
안 성	1,100㎡	메기	플로팅(고설)	600㎡	단동형	채소생산
포천A	1,000㎡	메기	플로팅(바닥)	600㎡	3연동	채소생산
포천B	400㎡	비단잉어, 철갑상어	플로팅(바닥)	240㎡	단동형	체험, 교육
평 택	1,000㎡	비단잉어, 향어	플로팅(바닥)	800㎡	2연동	채소생산
남양주	500㎡	비단잉어	플로팅(바닥)	400㎡	2연동	채소생산
연 천	600㎡	틸라피아 금붕어	수직형 (분무경)	300㎡	단동형	채소생산
파 주 ¹	700㎡	비단잉어, 틸라피아	혼합식(고설)	500㎡	2연동	체험병행
용 인	100㎡	향어	NFT	컨테이너	실내형	도시농업

¹아쿠아포닉스에서 생산된 엽채류를 전량 식당에서 소비, 체험 병행

나. 농가별 아쿠아포닉스 주요 생산시설 및 규모

경기도내 아쿠아포닉스 생산시설은 대부분 원형수조와 바닥형 담액식 DWC(Deep Water Culture) 방식의 엽채류 재배 베드가 이용되고 있었다(표 2). 이와 같은 방식은 채소를 정식하는 스티로폼 재질의 정식판을 양어수에 띄우는 방식으로 비교적 설치비용이 저렴하기 때문에 농가에서 가장 널리 이용하는 방법이다. 이 모델의 장점은 물량이 많아 뿌리의 발달이 좋은 편이지만 고온기에는 수온이 상승하여 산소 부족 현상이 발생하기 쉬워 장기적으로는 근권부 공기층을 확보할 수 있는 베드의 개선이 필요하다. 또한 안정적인 육묘를 위하여 여주, 포천을 비롯한 대부분의 농장은 농업기술원에서 제시한 LED 수직형 육묘장을 설치하여 엽채류 모종을 생산하고 있었다.

표 2. 경기도내 지역별 아쿠아포닉스 생산시설 및 농장 특성(계속)

지역별 농장 특성

사 진 자 료

- 여주 농장 : 2연동 1,300㎡
 - 원형수조, 바닥재배(담액식)
 - 여과장치(드럼스크린, 유동상여과재)
 - 물고기(메기) 수조
 - : 6개(10톤 × 6개), 1,000kg 투입
 - 채소재배베드 : 700㎡, 약 150톤
 - LED 다단 육묘장 운영



- 안성 농장 : 단동형 1,100㎡
 - 원형수조, 고설재배(담액식)
 - 아쿠아포닉스 전용 여과장치
 - 물고기(메기) 수조
 - : 2개(8톤 × 2개), 200kg 투입
 - 채소재배베드 : 600㎡, 약 30톤
 - LED 다단 육묘장 운영
 - 지역아카데미 귀농귀촌 교육 및 체험



- 포천 농장 : 단동형, 1,000㎡
 - 원형수조, 고설재배(담액식)
 - 아쿠아포닉스 전용 여과장치
 - 물고기(메기) 수조
 - : 2개(8톤 × 2개), 200kg 투입
 - 채소재배베드 : 600㎡, 약 30톤
 - LED 다단 육묘장 운영
 - 지역아카데미 귀농귀촌 교육 및 체험



표 2. 경기도내 지역별 아쿠아포닉스 생산시설 및 농장 특성

지역별 농장 특성	사 진 자 료
<p>○ 남양주 농장 : 연동형 1,100㎡</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원형수조, 바닥재배(담액식) - 정수용 여과장치 - 물고기(비단잉어) 수조 : 2개(8톤 × 2개) - 채소재배베드 : 400㎡, 약 10톤 - LED 다단 육묘장 운영 	
<p>○ 평택 농장 : 연동형 1,000㎡</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원형수조, 바닥재배(담액식) - 유동상 여과장치, 침전조 - 물고기(비단잉어, 메기, 향어) 수조 : 3개(10톤 × 3개) - 채소재배베드 : 800㎡, 약 100톤 - LED 다단 육묘장, 발아실 운영 	
<p>○ 파주 농장 : 연동형 700㎡</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원형수조, 고설형(담액식) - 여과장치, 침전조 - 물고기(비단잉어, 틸라피아) 수조 : 1개(사각수조, 8톤) - 채소재배베드 : 500㎡, 약 60톤 - LED 육묘장 및 발아실 운영 - 체험 및 생산 겸용 	

다. 농가별 아쿠아포닉스 수질 조사

아쿠아포닉스 양어수는 물고기와 채소를 순환하는 구조로 물고기와 채소의 생육 환경을 동시에 만족해야 하므로 수질관리가 지속적으로 필요하다. 농가에서 채집한 수질을 분석한 결과 대부분 pH의 범위는 5.4~6.6, 전기전도도는 0.4~1.0 ds/m, 질산염의 농도범위는 21.0~77.6mg/l, 칼륨은 2.0~80.4mg/l, 칼슘은 39.1~76.9mg/l의 범위에 있었다. 실제 수질 내 함유된 무기양분은 아쿠아포닉스 적용 시기별로 다소 차이가 있으며 특히 칼륨 함량이 농장 간 차이가 높았다. 하지만 엽채류 재배에서 생리장해는 크게 발생하지 않았으며 이와 같은 결과는 칼륨 요구도가 낮은 엽채류 특성에서 기인하는 것으로 생각된다. 양어수 내 미량원소 함량은 표 4에서와 같이 철분을 제외하고는 성장요인에 크게 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다(이 등, 2019). 또한 여주 농장의 수질을 경시적으로 분석한 결과 질산, 아질산, pH 등 양어에 적합한 환경이 조성되었으며, 하절기에는 채소 생육에 불리한 고온이 형성되어 근권부 수온을 제어하는 시설이 추가적으로 요구되었다(그림 1).

표 3. 아쿠아포닉스 양어수 및 채소재배 베드의 양분 함량(다량원소)

지역	pH	EC (dS/m)	함 량 (mg/l)								
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	Na	Cl	SO ₄
적정 범위	6.0~ 6.5	0.5~ 1.5	-	30~ 100	10~ 30	10~ 150	30~ 80	15~ 30	10~ 30	30~ 40	20~ 80
안성	5.9	0.7	4.4	44.3	28.4	9.9	60.3	15.6	26	72	41
여주	6.6	0.6	1.4	36.3	14.8	2.0	76.9	5.5	27	55	45
포천	5.8	0.8	1.0	40.4	9.4	8.0	39.1	8.9	17	19	34
평택	5.7	0.4	1.4	21.0	12.0	8.0	36.0	11.0	11	35	6
파주	5.4	1.0	3.0	28.0	22.0	8.0	64.0	16.0	42	35	86
화성	6.0	1.0.	5.8	77.6	6.7	80.4	70.1	16.0	24	52	31

표 4. 아쿠아포닉스 양어수 및 채소재배 베드의 양분 함량(미량원소)

지역	함 량 (mg/l)			
	Fe(mg/l)	Zn(mg/l)	Mn(mg/l)	Cu(mg/l)
적정범위	1~2	0.5~1.0	0.05~1.0	0.05
안성	0.6	0.6	0.10	0.01
여주	0.8	1.6	0.02	0.05
포천	0.7	1.8	0.02	0.02
평택	1.5	0.8	0.03	0.06
파주	2.7	0.6	0.16	0.04
화성	1.0	1.1	0.05	0.05

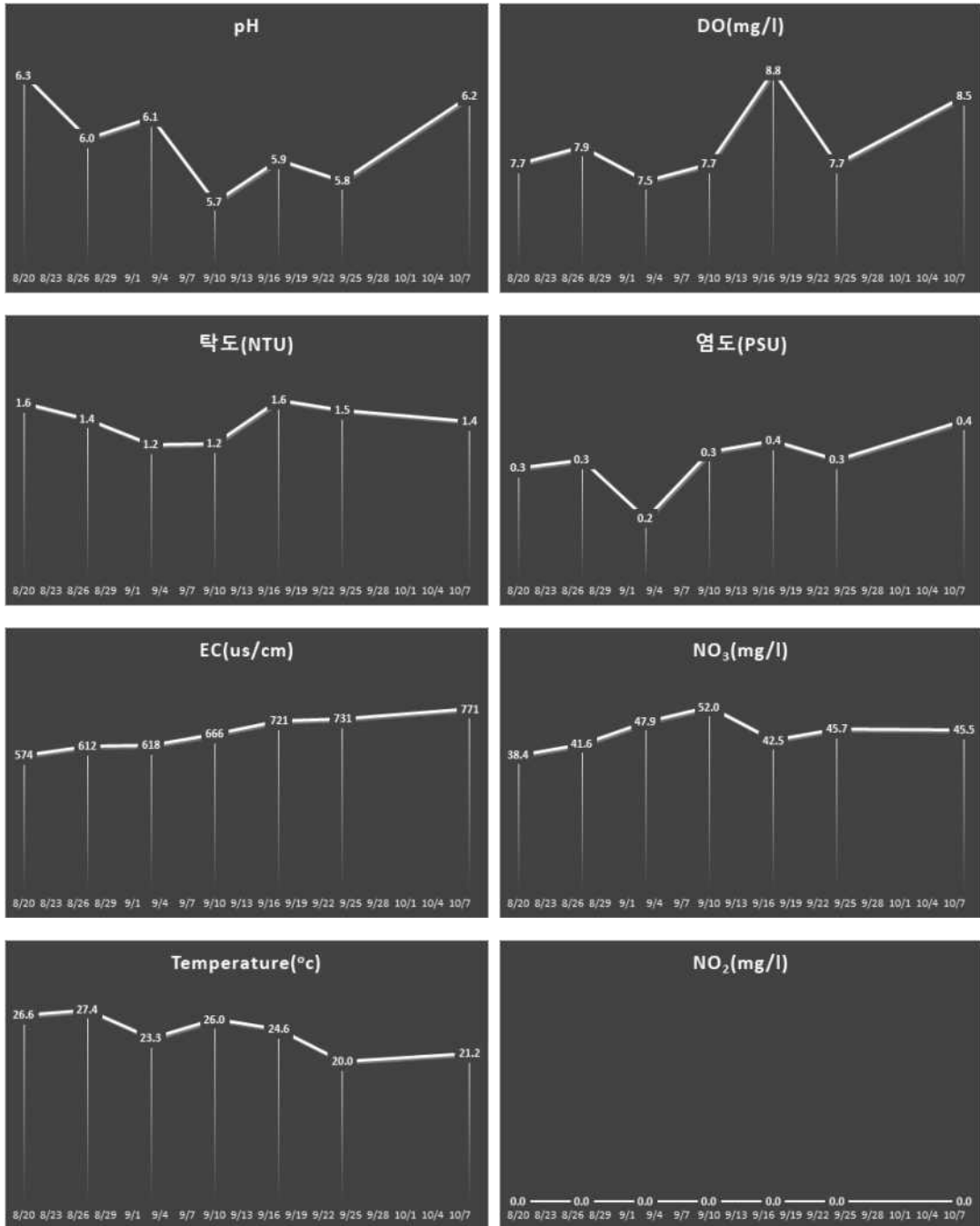


그림 1. 아쿠아포닉스 양어수 수질의 경시적 변화(경기 여주)

<시험 2> 아쿠아포닉스 재배농가 현장컨설팅

가. 아쿠아포닉스 농가 컨설팅 내역

도내 아쿠아포닉스 농장의 현장컨설팅 내역은 물고기 입식, 채소재배, 생리장해, 수확 후 유통방안 등을 추진하여 2020년 12회, 2021년 25회를 완료하였다(표 5, 표 6). 아쿠아포닉스 도입 초기에는 주로 물고기에 대한 수질관리와 질병, 미생물 관리 등의 컨설팅을 통해 안정적인 정착을 유도하였다. 채소재배에 관한 컨설팅은 크게 병해충과 생리장해에 관한 요청사항이 많았다. 특히 엽채류에 발생하는 병해충은 아쿠아포닉스 재배 특성상 친환경적인 병해충 제어가 성공적인 재배에 중요한 요인으로 좌우된다. 또한 엽채류 재배에 불리한 환경이 조성되는 고온기에는 생리장해와 해충에 의한 피해가 동시에 나타나 적합한 환경 조절 시설과 병해충의 외부유입 차단 등 예방적 기술이 추가적으로 진행되어야 할 것으로 생각된다. 아쿠아포닉스 재배에 발생하는 병해는 흰가루병, 갈색무늬병, 역병의 3종이 주로 조사되었고 해충은 진딧물, 나방류, 총채벌레류가 가장 피해가 큰 해충이었다(표 6).

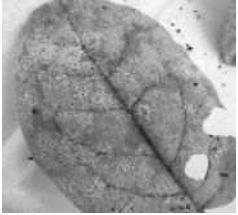
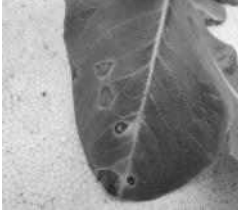

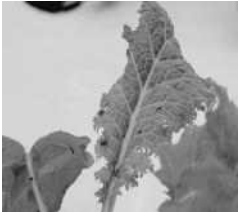
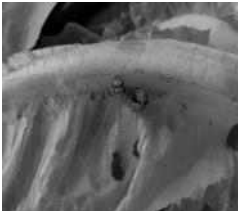

표 5. 아쿠아포닉스 농가 현장 컨설팅 내역(2020년)

조사시기	지역	컨설팅 요청사항	컨설팅 내용
2020.05.18.	포천	물고기 입식 요령, 소독법 등 암모니아 개선 요령	초기 수질, 질병 관리 암모니아, 아질산 측정
2020.06.09	안성	육묘장 환경관리 및 수질분석	광량 및 지하수 분석 하우스 내 고온 관리
2020.06.10	여주	병해충 진단 및 예방 요령	앞굴파리 등 해충 진단 육묘장 설치요령
2020.06.19	파주	병해충 진단 및 예방 요령	배추좀나방 등 해충진단
2020.07.02.	안성	pH 유지관리, 병해충 관리	pH 조절, 병해충 예방
2020.07.08.	안성	생리장해 진단 및 대책	팁번 등 생리장해 대책
2020.07.09	여주	플로팅 베드 구조 개선	시제품 제작, 실증
2020.09.04	안성	상추 뿌리 갈변, 시듦 원인	병원균 미검출, 고온 관리
2020.09.17	포천	LED 육묘장 설치	적정 광량 및 온도관리
2020.10.06	안성	아쿠아포닉스 동절기 온도 관리	수온관리 및 보온대책
2020.10.27	파주	채소 생리장해, 병해충 예방	온도 및 pH 관리
2020.10.30	포천	로컬푸드 유통 방안	포장재 특성, 유통 중 유의사항 컨설팅

표 6. 아쿠아포닉스 농가 현장 컨설팅 내역(2021년)



시 기	지 역	요청사항	컨설팅 내용
2021.03.22.	충북 진천	아쿠아포닉스 친환경 인증	무농약인증 절차 컨설팅
2021.03.29.	인천 송도	아쿠아포닉스 확대 적용 방안	체험 농장 활용
2021.04.12	경기 포천	상추 병해 진단 요청	흰가루병 진단, 예방법
2021.04.16	경기 포천	해충 진단 및 친환경 방제	진딧물 진단 및 방제
2021.04.20	경기 평택	정식 후 생육 이상 원인 구명	육묘 및 정식법 개선
2021.05.25	충북 영동	채소 생리장해 원인 구명	미량요소 처방
2021.06.03	경기 연천	아쿠아포닉스 채소 생산 과정	육묘장, 수질, 환경관리
2021.06.04	경기 평택	수서곤충 피해 진단	물가파리류 예방요령
2021.06.15	경기 화성	채소 병해충 진단 요청	총채벌레 친환경 방제
2021.06.22	경기 남양주	엽채류 품질 향상 방안	온실 환경관리 요령
2021.06.23	경기 남양주	해충 피해 및 방제 진단 요청	나방류 피해, 처방
2021.06.28	경기 연천	해충 피해 및 방제 진단 요청	총채벌레 진단, 처방
2021.07.05	경기 포천	수서곤충(갈따구) 방제 요령	미생물 살충제 처방
2021.07.06	평택 안중	모종 및 수질관리요령 등	육묘장 설치, 수질관리
2021.07.09	경기 포천	수질관리 요령 등	엽채류 미량요소 처방
2021.07.12	전남 무안	상추 생리장해 원인 구명	철분결핍 진단 및 처방
2021.07.14	경기 남양주	적소렐 병해 진단 요청	흰가루병 진단
2021.07.20	경기 고양	유기액비 이용 기술	양분 불균형, 수질분석
2021.07.30	경기 포천	고온기 근권부 환경 조절	지하수 활용 온도 제어
2021.08.04	경기 평택	해충피해, 근권부 온도관리	친환경자재 추천 등
2021.08.18	경기 용인	컨테이너형 아쿠아포닉스	물고기 밀도, 환경관리
2021.09.14	경기 용인	양분 불균형, 팁번현상 등	pH 등 수질관리 요령
2021.10.07	경기 평택	성장점 위축, 병해충 진단 등	영양제 오용
2021.10.26	경기 평택	채소 생육 불량 원인	pH 조절, 양분관리 등
2021.10.29	경기 의왕	채소 병해충 진단	역병, 나방류 등 진단

표 7. 아쿠아포닉스 재배에 발생하는 주요 병해충 및 방제요령

병해충 (주발생시기)	피해증상 (사진자료)	진 단 요 령	친환경 방제법
흰가루병 (5~9월)		<ul style="list-style-type: none"> ○ 잎에 밀가루 형태의 포자가 형성 - 발병된 잎을 조기에 제거하여 병원균의 전염원 밀도 제어 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유향 함유 친환경제제 <ul style="list-style-type: none"> - 고온기 약해 주의 ○ 환기팬, 포그장치로 온·습도 환경제어 ○ 저항성 품종 재배
갈색무늬병 (7월~9월)		<ul style="list-style-type: none"> ○ 잎에 갈색의 원형 또는 겹무늬 반점 - 점차 병반이 커지고 구멍이 생김1 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과습환경 개선 발병주 제거 <ul style="list-style-type: none"> - 순환팬 등을 이용하여 과습 예방 - 병 방제용 친환경자재
역 병 (6월~9월)		<ul style="list-style-type: none"> ○ 지상부는 시들 증상 지하부는 뿌리가 무름 증상이 나타남 - 병원균은 물을 통해 전염 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오염된 농기구나 물을 통해 전염 <ul style="list-style-type: none"> - 아인산염(200ppm)을 채소 재배베드 첨가 - 오염된 농기구, 베드, 수조 등 살균
진딧물류 (복숭아혹진딧물, 목화진딧물) (5월~9월)		<ul style="list-style-type: none"> ○ 잎을 가해하여 위축 되고 말림 증상이 나타남 - 발생밀도가 높으면 그을음 증상 유발로 품질 저하 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주로 봄, 가을에 다발생하며 외부 잡초 등 중간기준에서 유입 - 주변 잡초 제거 및 유기자재 살포 - 천적 투입
나방류 (담배거세미나방, 배추좀나방) (8~10월)		<ul style="list-style-type: none"> ○ 담배거세미나방은 다양한 작물에 피해 배설물이 잎 주변에 보임 ○ 배추좀나방은 배추과 작물에만 피해 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 담배거세미나방은 8월~10월, 배추좀나방은 봄과 가을에 다발생 - 미생물(Bt) 유기 자재 - 방충망을 설치하여 외부 유입 차단
꽃노랑총채벌레 (5월~10월)		<ul style="list-style-type: none"> ○ 잎 앞 뒷면을 해충이 흡즙하여 반점 증상 발생 - 끈끈이 트랩 활용한 예찰 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총채벌레 방제용 유기 자재 발생 초기 살포 - 방충망을 설치하여 외부 유입 차단 - 작물주변에 트랩 설치

환경친화적인 유기자재를 이용한 해충 예방은 가능하나, 대부분의 식물추출물 유래 유기자재는 물고기에 대한 독성을 지니고 있어(자료 미제시), 순환식 재배방식의 특성상 과용하지 않도록 주의가 요구되었다. 또한, 생리장해는 칼슘결핍에 의한 팁번, 고온기 추대, 철분결핍의 3가지 증상을 주로 조사하였다(표 7). 일반적으로 팁번은 칼슘의 이동이 저해되어 주로 발생하는 것으로 알려져 있으나, 품종 간 발생 정도의 차이가 많아 재배환경 개선과 함께 저항성 품종을 재배하는 것이 유리할 것으로 생각된다. 또한 샐러드 품종의 추대는 수직형 재배 농가나 밀식재배에서 발생이 많아 충분한 광량 확보가 중요한 예방 요인으로 제시하였다.

표 8. 아쿠아포닉스 엽채류 재배에 발생하는 생리장해

생리장해 (주발생시기)	피해증상	진단요령	발생원인 및 대책
팁번 (tip burn) (연중)		<ul style="list-style-type: none"> ○ 잎 끝이 타는 증상을 나타내며 칼슘의 이동 장애로 발생함 - 특히 LED 광원과 높은 전기전도도(EC)에서 발생량이 많음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 칼슘 흡수 강화 - 팁번에 저항성인 품종 재배 - 칼슘제 엽면살포 - 재배 환경개선으로 칼슘 흡수 촉진
추대 (7월~9월)		<ul style="list-style-type: none"> ○ 여름철 고온환경 조건에서 잎 보다 줄기성장 위주로 결구가 불량하고 품질이 나빠짐 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고온에 화아분화, 추대가 촉진되며 품종 간 차이가 다양함 - 추대에 강한 품종 전환 ○ 밀식하지 않도록 하고 충분한 광량 확보
철분결핍 (연중)		<ul style="list-style-type: none"> ○ 잎이 황백화 현상을 보이며 생육이 매우 불량해짐 - 철이 불용화 되어 뿌리에서 흡수 저해 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 양어수에 킬레이트철을 추가적으로 보충 - 2주간격으로 지속적 모니터링 및 보충 ○ 적정 pH 유지 (6.0~6.5)

나. 아쿠아포닉스 엽채류 생산채소 및 유통 현황 조사

아쿠아포닉스로 생산되는 채소는 표 9에서와 같이 다양한 샐러드용 상추가 주 생산품목으로 포기 수확 형태로 재배하여 개별포장 또는 뿌리가 포함된 신선 상태로 유통되었다. 판매 형식은 온라인 직거래를 통한 인터넷 판매, 지역 로컬푸드, 인근 식당, 자체소비 등 다양한 경로로 유통되었다. 수취가격은 가락시장 경매 가격 대비 높은 가격을 유지하여 kg당 10,000원에서 19,600원까지 형성되어 농가 소득에 크게 도움이 되었다. 이와 같은 결과는 아쿠아포닉스 채소의 친환경적인 이미지와 부드러운 맛, 높은 저장성에서 기인하는 것으로 보이며 소비자 직거래를 통한 유통 비용을 최소화하는 것도 큰 원인으로 생각된다(그림 2). 특히 온라인판매를 주로 하는 농장의 경우 월 조수입이 10a 당 1,000만원을 상회하여 재배면적 대비 고소득이 가능함을 시사 하였다(한국농어민신문, 2021). 또한 온라인판매 후기를 분석한 결과 샐러드용 포기 상추는 신선한 상태로 보존기간이 길어 소비자 만족도가 높은 것으로 조사되었다. 이와 같은 결과는 기존 잎 따기 수확 방식 대비 포기 수확 방식이 노동력 절감과 동시에 저장력이 오래 유지되어 포기 수확이 유통에도 유리한 것으로 볼 수 있다.

표 9. 아쿠아포닉스 엽채류 생산채소 및 유통 현황

지 역	채소종류	판매형식	가 격
여 주	상추(적상추, 로메인 등)	온라인 마켓 등	19,600원/kg
안 성	상추(적상추, 로메인, 쪽파 미나리, 새싹인삼 등)	지역로컬푸드, 식당	10,000원/kg
포 천	상추(버터헤드, 로메인 등)	농협로컬푸드 등	20,000원/kg
파 주	상추, 쌈배추, 잎들깨 등	자체소비(식당운영)	20,000원/kg
평 택	상추(버터헤드, 로메인 등)	지역로컬푸드	15,000원/kg



온라인판매(여주)



지역 로컬푸드(안성)



농협 로컬푸드(포천)

그림 2. 아쿠아포닉스 채소의 유통 경로

4. 적 요

환경친화적인 아쿠아포닉스(aquaponics) 엽채류 생산기술을 확대 보급하고 안정적인 농가 정착을 위하여 현장실증 및 컨설팅을 연구를 2년간 추진한 결과는 다음과 같다.

- 가. 경기도내 아쿠아포닉스 엽채류 재배는 비닐하우스 형태의 시설재배에서 이루어지고 있으며 여주, 포천, 안성, 평택 등 9개소에서 운영중에 있다.
- 나. 농가별 아쿠아포닉스 주요 생산시설은 담액식(Deep water culture) 방식의 재배베드, 원형수조, 여과장치, LED 육묘장 등의 시설로 구성하여 주로 샐러드용 채소를 생산하여 유통하고 있었다.
- 다. 아쿠아포닉스 양어수는 물고기와 채소재배 베드를 순환하는 수질을 분석한 결과 pH의 범위는 5.4~6.6, 전기전도도는 0.4~1.0 ds/m, 질산염 21.0~77.6 mg/l, 칼륨 2.0~80.4mg/l, 칼슘은 39.1~76.9mg/l의 범위에 있었다.
- 라. 아쿠아포닉스 농장의 현장컨설팅은 2020년 12회, 2021년 25회를 완료하였고 주로 물고기에 대한 수질 유지 기술과 미생물 관리, 병해충, 생리장해에 대한 컨설팅을 추진하였다.
- 마. 아쿠아포닉스 재배에 발생하는 병해는 흰가루병, 갈색무늬병, 역병의 3종이 조사되었고 해충은 진딧물, 나방류, 총채벌레가 피해가 큰 해충이었다.
- 바. 엽채류 생리장해는 칼슘결핍에 의한 팁번, 추대, 철분 결핍의 3가지 증상이 조사되었으며, 팁번은 품종 간 발생의 차이가 많아 재배환경 개선과 함께 저항성 품종의 선택으로 예방이 필요하였다.
- 사. 아쿠아포닉스로 생산되는 채소는 샐러드용 상추가 주 생산 품목으로 포기 채 수확 수 개별포장하여 직거래 위주의 인터넷 판매, 지역로컬푸드, 인근식당 등으로 높은 가격에 판매되었고 구입한 소비자의 만족도가 높아 금후 농가소득에 크게 기여할 것으로 전망되었다.

5. 인용문헌

- 하현주, 정관식. 2017 아쿠아포닉스의 국내 도입 가능성에 관한 연구. 수산해양교육연구. 제 29권 제4호, 통권 88호 1225-1234.
- 한국농어민신문. 2021. 아쿠아포닉스 농어민 새 소득원으로 뜬다.
<http://www.agrinet.co.kr/news/articleView.html?idxno=303514>.
- 이동훈, 김진영, 임성률, 김달영, 김주민, 신승준, 김정대. 2019. 사료 내 일일산칼륨(MKP) 수준이 Hybrid 바이오플락(BFT) 아쿠아포닉스시스템 내 메기 및 엽채류 4종의 생산성과 수질변화에 미치는 영향. 한국수산과학회지 52(2): 159-172.
- 이동훈, 김진영, 임성률, 김달영, 김광배, 김주민, 김정대. 2019. 메기 및 엽채류의 성장과 생산을 위한 Hybrid BFT 아쿠아포닉스, 반순환 양식(Semi-RAS) 및 수경재배(Hydroponics)의 비교 연구. 한국수산과학회지 52(5): 482-495.
- Rakocy JE, Masser MP and Losordo TM. 2006. Recirculating aquaculture tank

production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. Retrieved from http://www.gem-stone.umd.edu/team-sites/classof2014/mega/documents/Rakocy_RAS.PDF on May 16, 2018.

Rakocy JE. 2007. Ten guidelines for aquaponics systems. 10 th Anniversary Issue. Aquaponics J. 46, 14-17.

6. 연구결과 활용제목

- 아쿠아포닉스 엽채류 재배에 적합한 수질 및 양분 함량(영농활용)
- 아쿠아포닉스 엽채류 재배 병해충 및 생리장해 대책(영농활용)
- 경기도 아쿠아포닉스 농가소득 창출 효자로(홍보자료)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
						'20	'21
아쿠아포닉스 채소재배기술 농가현장실증	책임자	원예연구과	농업연구관	김진영	세부과제 총괄	○	○
	공동연구자	농업기술원	농업연구사	김대균	시장분석	○	○
		"	"	최란선	수질분석	○	○
		"	"	황지은	생육분석	○	○
		"	농업연구관	원선이	농가컨설팅	○	○
해양수산자 원연구소	수산연구사	이동훈	어류관리 컨설팅	○	○		