

천연고분자 키틴 · 키토산의 농업적 활용

Agricultural application of natural polymers chitin and chitosan

정우진^{1*}

Woo-Jin Jung^{1*}

¹전남대학교 농업생명과학대학 농생명화학과, 친환경농업연구소

¹Department of Agricultural Biological and Chemistry, College of Agriculture and Life Sciences, and Institute of Environmentally-Friendly Agriculture, Chonnam National University

Abstract

In accordance with the recent trend of environmentally friendly agricultural policy, product registration of agricultural chitosan among the organic materials has been displayed in various forms such as soil improving agent, crop growth, and pest control. Chitin production industry is expected to bring competitiveness by producing low-quality and low-cost chitin for agriculture, rather than high-quality and high-cost for food, medical products. Since there are various soil microorganisms that can decompose chitin and chitosan in farm soil where crops are produced, it can be applied usefully to agricultural sites suitably for

crop growth and pest control using chitin and chitosan as substrates. The purpose of this study is to compare and analyze the registration status of organic materials companies using chitin and chitosan raw materials in the organic materials information system of the NAQS, and to provide an opportunity to further expand the agricultural use of domestic chitin and chitosan.

Key Words: agricultural application, chitin, chitosan, eco-friendly organic materials

*Corresponding author: Woo-Jin Jung,
Department of Agricultural Biological Chemistry, College of Agriculture and Life Sciences, Institute of Environmentally-Friendly Agriculture (IEFA),
Chonnam National University, Gwangju, 61186, Korea
Tel: 82-62-530-3960
Fax: 82-62-530-0398
E-mail: woojung@jnu.ac.kr
Received January 15, 2020; revised January 27, 2020; accepted January 27, 2020

서론

지구상에 존재하는 생물 중에서 키틴·키토산의 분포는 매우 다양한 환경 속에서 발견되어 왔다. 키틴의 경우 곰팡이류, 곤충류, 갑각류 등에 포함되어 있고, 키토산의 경우 *Mucor rouxii*나 *Absidia* sp. 균에 포함되어 있다. 수산가공 부산물인 새우, 게, 갑오징어 등의 갑각류 껍질로부터 많은 양의 키틴을 얻을 수 있다. 현재 국내 키틴·키토산 생산업체는 동해안 부근에서 수확되는 홍게(*Chionoecetes japonicus*)와 대게(*Chionoecetes opilio*)의 껍질 부산물을 사용하고 있다. 산업체에서는 껍질로부터 관행적 방식인 화학적처리로 강산을 사용한 탈회과정과 강알카리용액을 이용한 탈단백과정을 거쳐 키틴을 얻을 수 있다. 이러한 화학적 제조방법은 폐수처리와 같은 문제점 때문에 환경오염 발생의 원인이 되고 있는 실정이다. 이런 문제점을 대처하는 방법으로 유기산 생성미생물을 이용하거나, 단백질분해효소 생성미생물을 이용하여 키틴을 얻을 수 있는 생물학적 제조방법에 대한 연구는 실내 실험을 통해 이루어져 왔으나 처리과정 중 소요되는 시설비 등을 고려해 볼 때 공장규모의 적용단계를 거치는 것은 현실적으로 쉬운 일은 아니다. 또한, 키틴에서 키토산으로 제조하는 공정은 강알카리처리에 의한 탈아세틸화과정을 거쳐야 함으로 이 부분 또한 폐수처리문제와 더불어 환경오염의 문제가 된다. 하지만 이 과정을 해결하기 위해서 생물학적 방법으로 키토산을 제조할 경우 실내 실험은 가능하지만 공장규모의 생산설비를 갖추기 위해서는 소요 시설 설비 및 작업경비 등 복잡한 문제들이 해결되어야 할 것으로 보인다.

식품가공업체에서 홍게나 대게로부터 게맛살을 얻는다. 이 게맛살에는 풍부한 아미노산, 특히 곡류 제한 아미노산인 라이신(lysine)이 많이 함유되어 있고, 유기산, 무기물과 천연색소인 아스타크산틴(astaxanthine)이 함유되어 식품첨가물로 사용하

기도 한다. 게맛살을 분리하고 남은 껍질 부산물을 키틴·키토산 생산업체를 거치지 않고 직접 농업용 비료로 처리되는 경우도 많다. 서해안 부근에는 꽃게(*Portunus trituberculatus*)가 주로 서식하고 있다. 최근 꽃게의 상품가치가 떨어짐에 따라 이를 천연유용미생물과 함께 발효시켜 농업용 작물 생육에 도움을 주는 액비로 만들어 상용화한 기업도 보도되고 있다. 현재 국내에는 서해안 꽃게를 가지고 키틴·키토산을 제조하는 산업체는 없는 것으로 보고되고 있으며, 대부분이 동해안에서 잡은 대게나 홍게를 가지고 키틴·키토산을 제조하거나 중국 등 동남아시아에서 수입하여 사용하고 있는 실정이다.

본 연구논문은 갑각류로부터 얻어진 수산부산물로부터 키틴·키토산 원료를 생산하여 다양한 제품을 생산하는 국내업체의 현황에 대하여 간략하게 소개하고, 현재 농촌진흥청 농사로 또는 국립농산물품질관리원의 유기농업자재정보시스템에서 친환경 유기농자재 중에서 키틴·키토산으로 검색되어지는 제품들의 공시현황을 살펴보고, 키틴·키토산과 함께 사용하는 친환경 유기농자재의 함유 물질들은 무엇인지를 살펴보고자 한다. 또한 키틴·키토산의 식물병해충 방제기작과 키틴·키토산의 농업적 연구결과를 소개하고자 한다.

본론

1. 국내 주요 키틴·키토산 생산업체 및 주요제품 현황

최근 국내 주요 키틴·키토산 원료 생산업체 및 제품 판매업체 현황을 조사한 결과 표 1에 나타내었다. 먼저 홍게, 대게 등으로부터 키틴 원료를 쉽게 확보할 수 있는 동해안 부근에서 키틴·키토산 원료 생산을 주로 하고 있다. 강원도 속초 농공단지내 「속초물산(<http://www.smanobio.com>)」의 경우 식품가공업체에서 게살을 제거한 껍질 부분을 수집하여 키틴과 키토산의 원료를 생산하는 업체



이다. 이 업체는 생산된 원료를 이용하여 농업분야, 식품분야, 의료분야, 섬유분야 등에 활용하고

있다. 특히 농업용의 경우 키틴과 키토산 자체만으로도 다른 재료들과 혼합하여 만들 수 있는 비료생

표 1. 국내 주요 키틴·키토산 생산업체 및 판매업체 현황(2019.09.)

업체명	홈페이지	제품구분	주요 생산품목	주소
속초물산	http://www.smnanobio.com	원료	키틴, 키토산	강원도 속초시 농공단지길 76
		농업분야	농업용 비료, 농업용 액체비료, 축산용 사료	
		식품분야	수용성키토산, 키토올리고당	
		의료분야	피부염증치료제, 충치예방제, 항암치료제, 수술용 봉합사. 인공피부	
		섬유분야	키토나노화이버(특수섬유)	
(주)건풍바이오	http://kunpoong.ejeju.net/	원료	키토올리고당, 수용성키토산, 수용성키틴,	제주특별자치도 제주시 한림읍 금능리 407-11
		농업분야	토양개량용, 병해충관리용, 종자발아촉진	
		수산분야	어류용 영양제	
		식품분야	키토올리고당류	
아미코젠 주식회사	http://amicogen.com/	원료	키토산, N-아세틸글루코사민(NAG), 키토올리고당	경상남도 진주시 진성면 동부로 1259번길 64
		식품분야	식품첨가물, 식품용 기구소독, 체지방 감소 및 혈중 콜레스테롤 개선	
		특수효소	Endo-와 Exo-chitinases, Endo-와 Exo-chitosanases	
아미코젠 C&C	http://www.amicogencnc.com/	원료	키토산, 키토올리고당	경상북도 울주군 평해읍 학곡 7길 28
		친환경농자재	키토산, 작물생리활성증진, 토양개량, 병해충관리기능	
		축산분야	기능성 보조사료, 키토산과 키토산올리고당	
		식품분야	식품첨가물, 키토산, 키토올리고당	
		응집제용	키토산	
(주)키토라이프	http://kittolife.co.kr/	원료	키토산, 키토산올리고당	경기도 평택시 산단로 197번길 73
		건강기능식품	키토올리고당, N-아세틸글루코사민(NAG)	
		건강식품	키토산, 키토올리고당	
		기능성 생활용품	키토산, 키토올리고당	
새턴바이오텍(주)	http://www.sabit.co.kr/	화장품	키토산	강원도 횡성군 공근면 아이티밸리길 62
		비료분야	유기농자재, 키토산	
		섬유분야	키토산 섬유, 의료용 봉합사	

표 2. 유기농업자재정보시스템 유기농자재 공시현황(국립농산물품질관리원, 2019.09.)

공시번호	상표명 (자재명)	자재종류	공시기관	공시사업자	공시유효기간
공시-2-3-377	키티퇴비 (가축분퇴비)	토양개량 및 작물생육용	강원대학교 산학협력단	(주)흙사랑	2020.02.21.

산, 액체비료생산, 축산용 사료 등에 활용한다. 제주특별자치도 한림읍에 있는 「(주)건풍바이오(<http://kunpoong.ejeju.net/>)」의 경우 키티·키토산의 원료로부터 키토올리고당, 수용성키토산, 수용성키티 등의 제품을 생산하는 업체로서 농업분야, 수산분야, 식품분야 등에 활용하고 있다. 특히 농업분야에 토양개량, 식물생육촉진, 병해충관리용, 종자발아촉진 등에 활용하고 있다. 경상남도 진성면의 「아미코젠 주식회사(<http://amicogen.com/>)」의 경우 키티·키토산 원료를 공급받아 N-아세틸글루코사민, 키토산, 키토올리고당을 생산하는 업체로서 식품분야와 산업용, 제약용으로 특수효소분야에 집중적으로 제품을 생산하고 있다. 이 업체의 경우 「아미코젠 C&C(<http://www.amicogencnc.com/>)」자 회사를 두어 키토산을 이용한 친환경농자재, 축산분야, 식품분야, 응집제분야 등에 집중하고 있다. 경기도 평택시에 있는 「(주)키티라이프(<http://kittolife.co.kr/>)」의 경우 키티·키토산 원료를 공급받아 키토산과 키토올리고당을 주로 생산하여 건강기능식품 뿐만 아니라 기능성 생활용품, 화장품 등에 적적용하고 있다. 강원도 횡성군에 있는 「새틴 바이오텍(주)(<http://www.sabit.co.kr/>)」은 키토산의 원료를 공급받아 비료분야와 섬유분야 등에 활용하고 있다. 특히 친환경 고품질 농사를 위한 유기농자재 개발에 키토산을 적용하고 있다.

2. 친환경 유기농자재 키티·키토산의 공시현황

국내에서 키티키토산을 이용하여 농업분야에 적용할 수 있는 유기농자재의 기본정보를 확인하기 위하여 [농진청-농사로-영농기술-친환경유기

농업-유기농업자재(<http://www.nongsaro.go.kr/>)] 또는 [국립농산물품질관리원(National Agricultural Products Quality Management Service, NAQS)의 유기농업자재정보시스템(<http://organicpro.enviagro.go.kr/>)]에서 자재의 특성을 확인할 수 있다. 2019년 9월 현재 제품정보 통합검색에서 「키티」으로 검색한 결과 유기농업자재 공시현황에 「키티퇴비(가축분퇴비)」 1건만이 「토양개량 및 작물생육용」으로 등록되었고(표 2), 「키토산」을 검색하면 「농사대박(키토산)」을 포함하여 총 26건이 검색되었다(표 3). 유기농업자재 공시현황과 더불어 유기농업자재 행정처분현황도 함께 확인할 수 있다. 행정처분현황은 공시기간이 지난 유기농자재의 목록을 열람할 수 있고, 키토산의 경우 60건의 농자재가 검색되었다.

제품정보 통합검색에서 「키토산」으로 검색한 결과 자재종류에 따라 ‘토양개량 및 작물생육용’이 21건, ‘병해충관리용’이 4건, ‘병해충관리용’이 1건으로 등록되었다. 등록된 농자재 중 ‘토양개량 및 작물생육용’의 경우 주성분의 종류 및 함량을 살펴보면, 키토산 1~5%, 키토올리고당, 키토산아제, 게겍질, 제올라이트, 현미식초 등이 포함되어 있다. ‘병해충관리용’ 농자재의 경우 주성분의 종류 및 함량은 키토산 1.5~6%를 포함하여 키토올리고당, 현미식초, 에틸알콜, 해조추출물 등이 포함되어 있다. ‘병해충관리용’ 농자재의 경우 주성분의 종류 및 함량은 키토산 4% 감식초, 현미식초, 목초액 등으로 구성되었다. 키토산의 경우 3가지 자재용도로 각각 달리하여 등록은 되어 있지만 실제적으로 사용용도별 구별이 불분명하다. 이러한 이유는 유기농자재 등록시 소요되는 처리비용과 관련이 있을 것으로 추정된다. 그 밖에 공시된 농자재의 정보에서 ‘비료농약



표 3. 유기농업자재정보시스템 유기농자재 공시현황(국립농산물품질관리원, 2019.09.)

공시번호	상표명 (자재명)	자재종류	공시기관	공시사업자	공시유효기간
공시-2-3-534	농사대박(키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	친환경대박	2022.07.09
공시-2-3-301	붉은게키토산퇴비 (가축분퇴비)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	(주)경동상사	2022.05.25
공시-2-2-249	포비에스(키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	제이팜	2022.04.23
공시-1-2-122	녹색성장-내추렐(키토산)	토양개량 및 작물생육	농업기술실용화재단	(주)엔바이로젠	2022.04.14
공시-2-3-281 (공시-2-1-145, 09-유기-2-226)	큰손키토입제 (점토광물+키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	새턴바이오텍(주)	2022.04.14
공시-2-2-200 (공시-2-1-139, 09-유기-2-225)	비타2000(키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	(주)지디	2022.04.14
공시-2-2-197 (공시-2-1-148, 11-유기-2-416)	키토36(키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	(주)코리아그린텍	2022.04.13
공시-1-6-018	구양근 (키토산+목초액+천연산)	병해충관리	농업기술실용화재단	FM에그텍	2022.03.10
공시-3-2-04 6(공시-3-1-024, 08-유기-2-188)	다스란키토(키토산)	토양개량 및 작물생육	순천대학교 산학협력단	영농산업	2022.01.14
공시-2-2-242	쏘일하나로(키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	쏘일바이오텍(주)	2021.12.11
공시-2-4-076	키토나이스(키토산)	병해충관리	강원대학교 산학협력단	(주)씨엔씨씨어언스	2021.11.10
공시-2-3-169 (공시-4-1-090)	슈퍼버티미 (키토산+점토광물)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	(주)지디	2021.09.12
공시-1-4-031 (공시-4-2-024) (10-유기-4-139)	참조아(키토산)	병해충관리	농업기술실용화재단	(주)건풍바이오	2021.09.12
공시-3-2-031 (공시-3-1-002, 10-유기-2-362)	키토피아골드(키토산)	토양개량 및 작물생육	순천대학교 산학협력단	(주)남보	2021.08.09
공시-2-2-166 (공시-4-1-070, 10-유기-2-331)	대유키토산(키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	(주)대유	2021.04.26
공시-3-3-052 (공시-4-1-027, 10-유기-2-332)	흙살림키토산(키토산)	토양개량 및 작물생육	순천대학교 산학협력단	(주)흙살림	2021.04.26

표 3. 유기농업자재정보시스템 유기농자재 공시현황(국립농산물품질관리원, 2019.09.) (계속)

공시번호	상표명 (자재명)	자재종류	공시기관	공시사업자	공시유효기간
공시-2-4-061	키토나이스 플러스(키토산)	병해충관리	강원대학교 산학협력단	(주)씨엔씨사이언스	2021.04.23
공시-3-4-011	탄저브렉골드(에틸알콜+ 천연산+키토산)	병해충관리	순천대학교 산학협력단	SJ인터내셔널	2021.02.25
공시-2-3-096 (08-유기-2-020)	키토나이스골드(키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	(주)씨엔씨사이언스	2020.12.26
공시-2-2-148 (08-유기-2-021)	미리너(키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	나노팜텍	2020.12.26
공시-1-3-073	키토믹스(자연암석분말+ 키토산+해조류추출물)	토양개량 및 작물생육	농업기술실용화재단	(주)키토넷	2020.10.09
공시-2-2-226	키토렉스(키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	(주)천지인바이오텍	2020.07.25
공시-2-3-056	키~쑥(키토산)	토양개량 및 작물생육	강원대학교 산학협력단	농업회사법인 (주)자연과미래	2020.06.29
공시-1-2-038	녹왕(키토산+제당산업의 부산물)	토양개량 및 작물생육	농업기술실용화재단	(주)동보바이오	2020.04.14
공시-1-3-282	키올(키토산)	토양개량 및 작물생육	농업기술실용화재단	농생아그로텍	2019.12.22
공시-1-2-137	새빛키토산(키토산)	토양개량 및 작물생육	농업기술실용화재단	새턴바이오텍(주)	2019.11.09

피해 시험작물 및 병해충 관리정보'를 대략 알 수 있도록 정리해 두었다.

농진청 등록 유기농자재를 통한 키틴·키토산의 활용뿐만 아니라, 계껍질 원료를 직접 생산업체로부터 구입하여 농가에서 사용할 수도 있다. 또는 농가에서는 계껍질을 퇴비부숙시 넣어 함께 부숙시켜 사용 할 수도 있다.

3. 키틴·키토산의 병해충 방제기작

농가에서 작물을 재배할 때 식물병해충 방제는 무엇보다 중요하다. 특히 친환경농업을 실천하는 농가에서는 병해충 방제를 위한 친환경 유기농자재 사용에 대한 관심을 갖게 된다. 병원균의 세포벽은 주로 키틴, 글루칸, 단백질 등으로 구성되어있다. 이들이 식물체로 침입했을 때 식물체내에서는

키틴아아제(chitinase)라는 효소를 분비하여 병원균 침입을 제어한다.

병원균 감염시 식물체내 자기 방어기구에 대한 메카니즘은 Alan & Hadwiger (1979)에 의해 제안되었다. 그 내용은 다음과 같다. 식물병원균의 접촉시 기주식물은 키틴아아제, 글루카나아제가 생성되고, 병원균 세포벽이 효소분해를 받아 키틴·키토산 올리고당으로 분해되고, 분해된 키틴·키토산 올리고당이 숙주식물의 세포벽으로 들어가 병원균의 침입으로 인식하여 파이토알렉신 등 항균물질 생산을 촉진한다고 제안하였다. 식물효소에 의해 분해된 키틴·키토산 올리고당은 병원균의 세포로 이동해 DNA에서 RNA로 전사작용을 저해하여 병원균 증식을 저해한다. 이러한 원리에 착안하여 키토산을 작물에 직접 처리함으로써 식물의 세포벽에서 식물병원균의 침입으로 인식하여 기주식물 자체의



병발생관련 단백질들(PR-proteins)의 발현을 촉진시켜 병 저항성이 높아진다고 한다.

식물병 저항성과 관련하여 키틴·키토산과 키토올리고당류를 적용하여 식물체내 다양한 대사물질의 변화에 대하여 많은 연구결과들이 보고되어왔다. 식물병 저항성과 관련한 활성촉진 당류의 4개 종류는 곰팡이에서 올리고글루칸(oligoglucan), 올리고키토인(oligochitin), 올리고키토산(oligochitosan)과 식물체내에서 올리고갈락투로나이드(oligogalacturonide)임을 보고하였다(Cote & Hahn, 1994). 키틴·키토산은 식물의 병저항성 촉진제로서 저항성 메카니즘에 관하여 많은 연구가 수행되었다. 올리고키토산, 올리고키토인 촉진제는 β -1,4-linked glucosamine 잔기(DP=7~10)와 β -1,4-linked *N*-acetyl-glucosamine 잔기(DP=4~8)로 이루어져 있다(Benhamou, 1996). 키틴올리고당은 식물체내 신호분자물질로 중요한 역할을 가지는 것으로 보고되었다. 이러한 키틴올리고당은 활성산소의 형성, 항균 파이토알렉신 생성, 단백질 인산화, 지방산화의 변화 등 많은 직접적인 반응을 나타내고 있다(Ebel, 1998). 밀의 경우 잎 부위에 부분 *N*-아세틸 올리고당 처리시 페옥시다제(peroxidase, POD)활성 촉진과 부분 *N*-아세틸 키토산 처리시 페옥시다제(POD)와 페닐알라닌 암모니아 리아제(phenylalanine ammonia-lyase, PAL) 활성이 촉진됨을 보고하였다(Vander 등, 1998). 대두의 경우 잎 부위에 키토산, 키틴올리고머 처리시 저항성관련 효소인 페닐알라닌 암모니아 리아제(PAL), 티로신 암모니아 리아제(tyrosine ammonia-lyase, TAL)의 함량이 증가함을 보고하였다(Khan 등, 2003).

4. 키틴·키토산의 농업적 응용

오래 전부터 농업적 분야에 적용한 경우는 키틴보다도 키토산을 많이 이용하여 사용하였다. 이는 키틴의 특성상 물에 불용성이며 약산에도 용해되

지 않으므로 농가에서 취급하기가 쉽지 않다. 따라서 식초산, 목초액 등의 약산에 쉽게 용해될 수 있는 키토산이 포함된 유기농자재를 작물재배에 활용한 연구결과가 주로 보고되어 왔다. 예를 들면, 벼 친환경 재배기술로서 키토산과 목초액을 활용한 농법을 활용하여 병해충 발생량을 감소시킨 해남 옥천농협의 “한눈에 반한쌀”이 2003년부터 한국소비자단체협의회 전국 최우수 브랜드쌀로 선정된 이후 지금까지도 꾸준히 명품쌀로 평가되고 있다.

초기 농업적 분야에 키토산을 적용한 연구자로는 김용범 박사의 “고밀도 다수확을 위한 키토산 친환경 유기농법”이란 책(2008)에서 잘 나타나 있다. 이 책에서 작물재배에 사용하는 키토산 제제는 용도에 따라 또는 작물의 성질에 따라 키토산 조제의 특징을 달리해야 한다고 설명한다. 예를 들면, 엽채류의 경우 분자량이 낮은 저분자키토산을 사용함으로 식물의 기공에 잘 흡수될 수 있고, 근채류의 경우 분자량이 높은 고분자키토산을 관여하면 토양속에서 식하는 다양한 키토산아제생성미생물에 의해 서서히 분해되고 지력과 토양환경이 좋아진다고 한다. 그리고 결실기 농작물의 다수확을 위해서는 작물에 필수적인 영양분을 첨가한 키토산을 사용해야 한다고 한다. 그밖에도 키토산을 활용한 벼 재배농법에 대한 설명과 키토산처리에 의한 식물의 성장과 병해충 보호에 대한 내용도 함께 서술하고 있다. 이러한 천연고분자로서 키토산의 역할이 작물 성장에 중요한 역할을 함으로써 친환경 유기농자재로 등록된 것으로 보인다.

초기 키토산을 활용한 농업적 적용 범위는 매우 다양한 작물들에서 병해충 방제 및 작물생육에 관한 연구가 수행되어왔다. 외국의 사례를 들면, 키토산처리에 의한 토마토 근부썩음병에 대한 방제 및 토마토 수확량이 대조구에 비해 높았다고 보고하였다(Lafontaine & Benhamou, 1996). 국내의 경우, 초기 키토산 용액을 이용하여 목초의 생육촉진에 관한 연구를 진행되었다. 키토산 용액을 처리

한 목초종자의 피복효과를 조사한 결과 목초의 생육촉진효과는 0.05~1%의 범위에서 나타났다(Lee 등, 1997a). 키토산의 토양처리에 의한 화분과 목초의 생육촉진에 관한 연구결과, 키토산용액의 농도가 0.01~0.05%가 적당하였고(Lee 등, 1997b), 두과 라디노클로바의 경우 키토산의 시용농도는 0.05% 수준이며 경제적 시용농도는 0.01%로 조사되었다(Lee, 1995). 이후 작물생육 분야에 많은 연구가 수행되어왔다. 이 경우에 키토산과 더불어 약산, 길항미생물 등을 함께 사용하여 실시한 연구들이 많다. 키토산, 목초액, 유용미생물 처리에 의한 상추의 생육을 조사한 결과 키토산 100배 처리구에서 작물의 생육이 높음을 확인하였고(Seok 등, 2004), 토마토의 생육을 조사한 결과 키토산 500배 처리구에서 생육이 양호하게 나타났고(Jeong 등, 2006), 가지의 경우 키토산과 목초액 처리구에서 대조구에 비해 수량이 증가하였다(Jeong 등, 2007). 키토산, 목초액 처리에 의한 상추의 생육을 조사한 결과 키토산 100배 처리구에서 작물의 생육이 높음을 확인하였다(Seok 등, 2004). 또한 키토산 처리에 의한 작물 내 잔류농약에 관한 연구도 수행되었다. 키토산 처리에 의한 알타리무 내 살균제 procymidone계 농약의 잔류성 정도를 조사한 결과, 키토산 500배 처리구에서 평균치 보다 낮게 나타났다(Jeong 등, 2011).

최근 길항미생물인 젤라틴·키틴분해미생물(Gelatin chitin microorganism, GCM)을 농가에서 직접 대량배양하는 기술을 이용하여 작물을 생육향상과 병해충 방제에 관한 연구결과에 관한 연구가 보고되고 있다. 젤라틴·키틴분해미생물 *Bacillus amyloliquefaciens* Y1를 이용하여 토마토 시들음병에 대한 생물학적방제에 관한 연구결과를 보고하였다(Maung 등, 2017). 키틴나아제생성미생물인 *Bacillus cereus* MP-310과 키토산-알긴산 복합체 비드를 이용하여 식물병원균에 대한 연구결과를 보고하였다(Kang 등, 2017). 효모를 이용한 식물병 방제에 관한 실험결과도 보고되고 있다. 키틴나아제생성효

모인 *Wickerhamomyces anomalus* EG2를 이용하여 식물병원균 시들음병원균(*Fusarium oxysporum*), 모잘록병원균(*Rhizoctonia solani*)에 대한 항균활성을 보여주는 연구결과를 보고하였다(Hong 등, 2017). 젤라틴·키틴분해미생물 *Bacillus velezensis* AR1를 이용하여 사과 탄저병에 대한 생물학적방제에 관한 연구결과를 보고하였다(Regassa 등, 2018). 젤라틴·키틴분해미생물을 이용하여 친환경 광역단지내 벼 유기재배생산에 관한 실증시험을 한 결과 경제성 분석을 통하여 유기재배에 쌀 생산이 관행에 비해 소득이 높았음을 보고하였다(Choi 등, 2018). 젤라틴·키틴분해미생물 *Paenibacillus elgii* HOA73를 젤라틴·키틴배지에서 배양하여 식물병인 잿빛곰팡이병에 대한 생물학적방제에 관한 연구결과를 보고하였다(Kim 등, 2019). 동일한 균주로 농가현장에 직접 대량 자가배양으로 감귤에서 발생하는 검은점무늬병에 대한 생물학적방제 효과를 보였다는 연구결과를 보고하였다(Lee 등, 2019). 이들 미생물은 직접 농가에서 적용하고 작물의 생육 및 병해충 방제 효과를 가짐으로 결과적으로 농가소득에 많은 도움이 되고 있다.

요약

최근 환경친화적 농업정책의 흐름에 따라 친환경 유기농자재 중에서 농업용 키토산에 관한 제품 등록이 토양개량제, 작물생육용, 병해충방제용 등 다양한 형태로 표시되고 있으나, 천연고분자물질인 키틴 원료를 이용한 제품 등록은 미미한 실정이다. 다만 키틴 기질을 함께 이용할 수 있는 키틴분해 미생물에 관한 유기농자재는 일부 등록되어 있다.

현재 국내 키틴·키토산 제조업체는 계껍질에서 산처리와 알카리처리에 의해서 얻어진 키틴 원료를 그대로 판매할 경우 매우 낮은 수익을 얻게 됨으로 탈아세틸화 단계 과정을 거쳐 제조되는 키토산 형태로 판매하거나 산처리와 효소처리에 의한 분자량

을 달리한 키토산올리고당 형태로 제품화 하는 경우가 대부분이다. 실제 농업 현장에서는 토양개량을 위해 계껍질을 그대로 이용하는 경우가 있다. 하지만 계껍질에 포함된 40~50%의 탄산칼슘의 분해는 유기산 생성미생물에 의해 분해되어야 한다. 따라서 산업체에서 생산된 탄산칼슘을 제거한 키토산의 사용이 매우 효율적이다. 따라서 키토산 생산 산업체에서는 식품용, 의료용 등의 고품질 고비용보다 농업용의 키토산을 저품질 저비용으로 생산함으로써 경쟁력을 가져올 수 있을 것으로 보인다. 농업용 유기농자재 대부분 제품에서 키토산이 약산에 녹여진 상태인 액상임으로 실제적인 키토산의 농도는 1~5% 범위로 매우 낮은 수준이다. 일부 제품의 경우 첨가물로 미량의 키토산올리고당 또는 키토산아제가 포함되어 있는 경우도 있다. 작물이 생산되는 농가 토양내 키토산분해와 키토산분해를 할 수 있는 다양한 토양미생물이 존재함으로써 키토산과 키토산을 기질로 하여 토양개량, 작물생육 향상, 병해충 방제 목적으로 적합하게 농업 현장에 잘 적용함으로써 천연에서 얻어진 고분자 키토산·키토산 농자재가 농가의 환경보전 및 농가소득 향상에 매우 의미 있는 역할을 가질 것으로 생각된다.

본 연구보고문에서는 국내 주요 키토산·키토산 생산업체의 소개와 이들 업체의 주요 생산품을 살펴보고, 국립농산물품질관리원의 유기농업자재정보 시스템에서 키토산·키토산 원료를 이용한 친환경 유기농자재 업체별 등록현황에 대한 비교·분석을 통하여 국내 키토산·키토산의 농업적 활용 범위를 더욱 확대할 수 있는 기회를 마련하고자 한다.

사사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(316032-5)

참고문헌

- Alan CR, Hadwiger LD. The fungicidal effect of chitosan on fungi of varying cell wall composition. *Exp. Mycol.* 3: 285-287 (1979)
- Benhamou N. Elicitor-induced plant defence pathways. *Trends in Plant Sci.* 1: 233-240 (1996)
- Choi SH, Cha KW, Seo DJ, Park HG, Kwon OD, An KN, Lee JH, Kim KY, Jung WJ. Organic rice (*Oryza sativa* L.) production in eco-friendly complex using Gelatin-Chitin Microorganisms. *Kor. J. Org. Agric.* 26: 629-647 (2018)
- Cote F, Hahn M. Oligosaccharins: structures and signal transduction. *Plant Mo. Biol.* 26: 1379-1411 (1994)
- Ebel J. Oligoglucoside elicitor-mediated activation of plant defense. *BioEssays* 20: 569-576 (1998)
- Hong SH, Song YS, Seo DJ, Kim KY, Jung WJ. Antifungal activity and expression patterns of extracellular chitinase and β -1,3-glucanase in *Wickerhamomyces anomalus* EG2 treated with chitin and glucan. *Microbial Pathogenesis* 110: 159-164 (2017)
- Jeong SJ, Oh JS, Seok WY, Kim JH, Kim DH, Chung WB. Effect of chitosan, wood vinegar and EM on microorganisms in soil and early growth of Tomato. *Kor. J. Org. Agric.* 14: 433-443 (2006)
- Jeong SJ, Oh JS, Seok WY, Cho MY, Seo JB. Effect of chitosan, wood vinegar treatment on the growth of Eggplant and leaf Lettuce. *Kor. J. Org. Agric.* 15: 437-452 (2007)
- Jeong SJ, Cho MY, Seok WY, Oh JS. Effects of foliar treatment of underground water, chitosan solution, and wood vinegar solution on residual Procymidone removal in *Altari radish*. *Kor. J. Org. Agric.* 19: 121-134 (2011)
- Kang HR, Song SS, Seo DJ, Jung WJ. Antifungal activity by Chitosan-Alginate complex beads with plant extracts and *Bacillus cereus* MP-310. *J. Chitin Chitosan* 22: 139-148 (2017)
- Khan W, Prithiviraj B, Smith DL. Chitosan and chitin oligomers increase phenylalanine ammonia-lyase and tyrosine ammonia-lyase activities in soybean leaves. *J. Plant Physiol.* 160: 859-863 (2003)
- Kim YC, Hur JY, Park SK. Biocontrol of *Botrytis cinerea* by chitin-based cultures of *Paenibacillus elgii* HOA73. *Eur. J. Plant Pathol.* 155: 253-263 (2019)
- Lafontaine PJ, Benhamou N. Chitosan treatment: an emerging strategy for enhancing resistance of greenhouse tomato plants to infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Biocontrol Sci. Technol.* 6: 111-124 (1996)
- Lee JS. Broadcasting effect of chitosan solution on dry matter production in Ladino clover (*Trifolium repens*). *Kor. J. Org. Agric.* 4: 79-85 (1995)
- Lee JS, Jo IH, Ahn JH. Coating effects on grass seeds with chitosan solution. *Kor. J. Org. Agric.* 6: 51-61 (1997a)
- Lee JS, Jo IH, Jun HJ. Growth response of grasses to chitosan solution amended soil. *Korean J. Org. Agric.* 6: 93-104 (1997b)

- Lee DR, Maung CEH, Henry A, Kim KY. Effect of large-scale cultivation of *Bacillus amyloliquefaciens* Y1 using fertilizer based medium for control of Citrus Melanose causing *Diaporthe citri*. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 52: 84-92 (2019)
- Maung CEH, Choi TG, Hyun HN, Kim KY. Role of *Bacillus amyloliquefaciens* Y1 in the control of Fusarium wilt disease and growth promotion of tomato. *Biocontrol Sci. Technol.* 27: 1400-1415 (2017)
- Regassa AB, Choi TG, Lee YS, Kim KY. Supplementing biocontrol efficacy of *Bacillus velezensis* against *Glomerella cingulata*. *Physiol. Mol. Plant Path.* 102: 173-179 (2018)
- Seok WY, Oh JS, Kim DH, Chung WB, Jeong SJ. Effect of microbial product on microorganisms in soil and the leaf Lettuce. *Kor. J. Org. Agric.* 12: 427-436 (2004)
- Vander P. Varum KM, Domard A, Gueddari NEE, Moerschbacher BM. Comparison of the ability of partially *N*-acetylated chitosans and chitooligosaccharides to elicit resistance reactions in Wheat leaves. *Plant Physiol.* 118: 1353-1359 (1998)
- 김용범, II. 서론편. pp. 51-57. 고밀도 다수확을 위한 키토산 친환경 유기농법. (주)윤일문화 (2008)
- 새턴바이오텍(주). 키토산 유기농자재, 섬유 제품생산현황. Available from: <http://www.sabit.co.kr/> 2019.
- 속초물산. 키틴·키토산 제품생산 및 판매현황. Available from: <http://www.smnanobio.com> 2019.
- 아미코젠 주식회사. 키틴·키토산관련 제품 판매현황. Available from: <http://amicogen.com/> 2019.
- 아미코젠 C&C. 키토산 농업용, 식품관련 제품 판매현황. Available from: <http://www.amicogencnc.com/> 2019.
- (주)건풍바이오. 키틴키토산 제품생산 및 판매현황. Available from: <http://kunpoong.ejeju.net/> 2019.
- (주)키토라이프. 키틴키토산 제품생산 및 판매현황. Available from: <http://kittolife.co.kr/> 2019.