

작물의 염류 피해 경감을 위한 미생물 이용 생물공학 기술



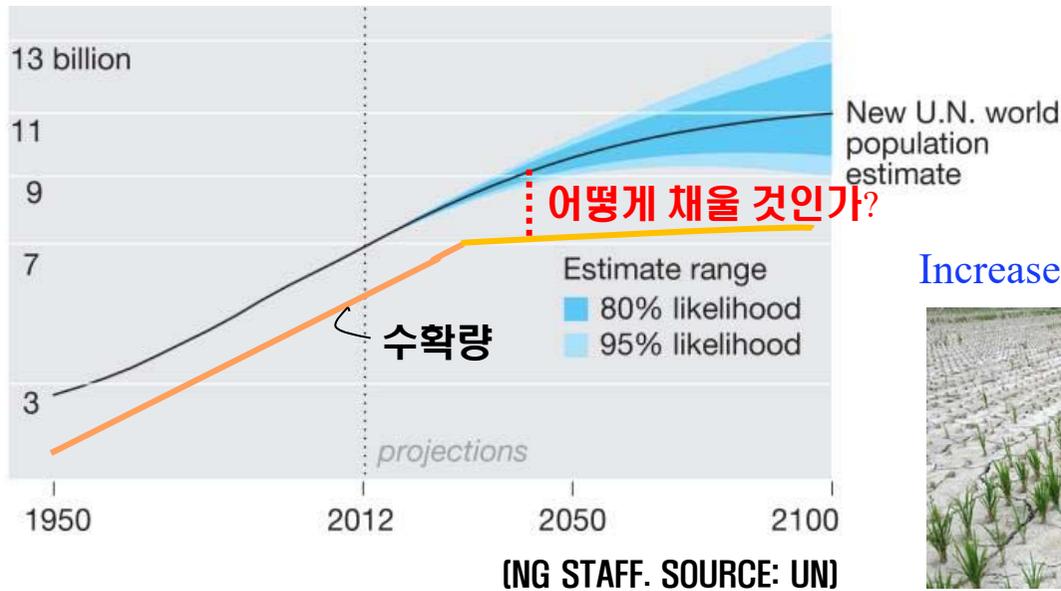
정영륜

2019. 9. 2

경상대학교 식물생명공학연구소

연구 배경 및 기술 개발 필요성

- 급격한 이상 기후 변화에 따른 수확량 감소 (가뭄, **고염류** 피해)
- 세계 인구 증가를 따라가지 못하는 농업 생산 기술 개발
- 현재의 화학비료 및 농약을 이용한 작물 수확은 한계치 도달
- 최근 **microbiome** 이용 생물공학 기술의 집중 연구 및 개발



Increased salinisation of soil



국내 작물의 염류 집적 피해 현황

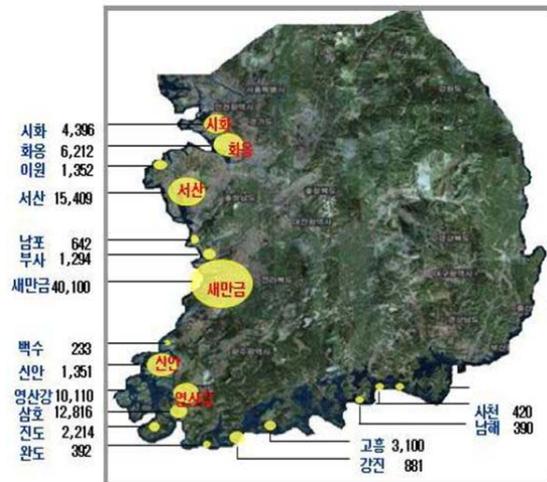
- 시설 하우스 55%가 염류 집적 (2018)
 - 전국 비닐하우스 재배 면적: 50,1997ha (경남 9,566, 경북 9,004, 충남 7,939, 경기 6,507)
 - 과수 비가림 시설 포함 총 93,500ha의 반 정도: 약 47,000ha



염류가 집적된 토양의 표면

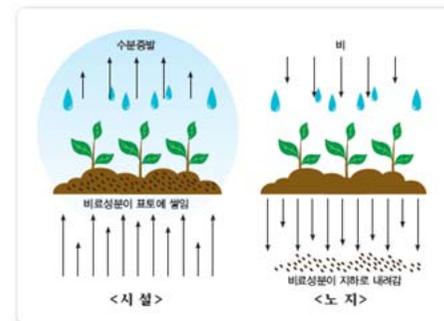
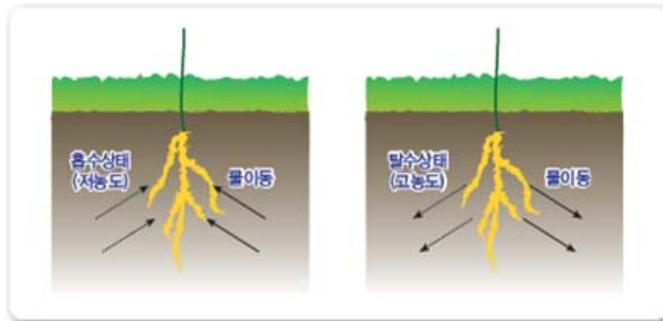
국내 간척지 작물의 염류 집적 피해 현황

- 간척지 총 면적 135,000ha
 - 1960년대 국토종합개발계획 수립 이후 조성 1985년 간척사업 완료
 - 충남 19,320ha: 당진 대호지 3,700ha, 당진 석문 대호지 2,050ha, 서산, 태안 6,893ha, 서산 부석, 고부 4,221ha 등
 - 전국 간척지의 염류 피해: 농어촌공사 임대 총 9,422ha 중 2,743ha (2015~2017) [한국농촌경제신문 2018.10.26]
 - 전남 고흥 간척지 누적 피해: 총 1,263ha (2015~2017)



염류 피해 (장해) 정의

- 염류 집적
 - 비료 성분 중 작물에 흡수되지 않고 토양 표면에 집적되는 염류로 물에 쉽게 녹는 염화칼슘 (CaCl_2), 질산칼슘 (CaNO_3), 염화칼리 (KCl), 염화 마그네슘 (MgCl_2) 등
 - 시설 재배지 토양에서는 빗물이 차단되고 지표에서 지하로 내려가는 물의 이동이 중단되어 고온시 수분 증발에 따라 표토에 축적
- 양분 불균형에 의한 작물 생육 장해
 - 고염류 환경에서는 토양 미생물의 활성이 억제되고 이로 인하여 비료 성분 용해와 흡수가 저해되어 작물 생육 불량
 - 토양 용액과 작물 뿌리의 삼투압 차이에 의해 뿌리가 정상으로 수분이나 양분을 흡수하지 못하고 반대로 뿌리 밖으로 빠져 나옴



(<http://www.nongsaro.go.kr>)

➤ 토양 전기 전도도 (EC, ds/m)에 따른 작물 생육

작 물	수량 감수 정도 (%)			
	0	10	25	50
딸기	1.0	1.3	1.8	2.5
당근	1.0	1.7	2.8	4.6
무	1.2	2.0	3.1	5.0
상추	1.3	2.1	3.2	5.2
고추	1.5	2.2	3.3	5.1
감자	1.7	2.5	3.8	5.9
고구마	1.5	2.4	3.8	6.0
배추	1.8	2.8	4.4	7.0
오이	2.5	3.3	4.4	6.3
토마토	2.5	3.5	5.0	7.6
시금치	2.0	3.3	5.3	8.6

EC: 1 dS/m=0.0337% NaCl
(TDS, salt 농도 높아지면
비례하지 않음)



(<http://www.nongsaro.go.kr>)

염류 피해 경감 대책 (기술)

- 물리적 제염: 토양의 염류 농도를 낮추는 방법
 - 담수의 관주 처리: 관수 시설을 통하여 담수를 일정 기간 관주 하거나 논으로 버 재배 후 윤작 (어느 정도 효과 있으나 영양분도 같이 감소)
 - 작토 층의 객토 또는 심토와 혼합
 - 흡비 작물 재배에 의한 염류 농도 낮춤 (예: 채소 재배 후 옥수수 재배)
 - 미부속 (생)유기물 사용: 이론적으로 가능하나 실제 적정량 사용이 쉽지 않고 토양 처리 후 근권 혐기성 작용으로 문제 발생 많음
- 토양 이화학성 개량에 의한 축적 양분의 재활용
 - 토양 pH 조절에 의한 양분 용해도 증가
 - chelator (EDTA, DTPA) 처리로 양분 흡수율 향상
 - 토양 분석 후 적정 비료 선정 및 효율적인 시비 량 처리

제2의 '대저 토마토', 경기도가 키운다

경기도 농업기술원 '염해지 토마토 재배기술'

- 염전 복토 후 벼짚, 퇴비 등 유기물 투입
- 염 농도(9~16ds/m)를 재배 적정 수준으로 낮춤



경기도 안산 대부도 염해지 [경기뉴스광장 2019-08-14]

농업 생물공학 기술 이용 염류 피해 경감

- 내염성 작물 육종 (classical or GMO) 및 재배
- 작물의 내염성 유도 또는 염류 제거 미생물 활용: 최신 첨단 연구로 다국적 기업 및 연구자들이 진행 중
 - 2016년 세계 최초 **신규 토착 미생물** 이용 제품화 성공 (간척지 효과 증명)
- 생물학적 종합 관리 (Integrated Biological Management of Soil Salinity)
 - 완속 퇴비+ 유기물 (OM, 볏짚)+ OM 분해 및 내염성 유도 미생물 이용
 - 심한 가뭄으로 인한 **고염 농도** (~0.3% NaCl 이상) 상태에서는 **효과 없음**

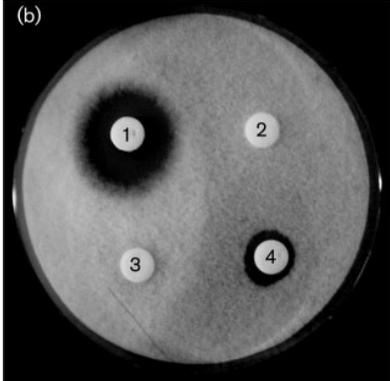


새로운 토착 유용 미생물 탐색 및 개발

- *Kitasatospora cheerisanensis* YC75: bafilomycin C1 amide (J Antibiot, 2003)
- *Paenibacillus koreensis* YC300: iturin, lipopolypeptides (IJSEM, 2000)
- *Trichoderma harzianum* YC459: TORY 개발 상품화 (2001~)
- *Lysobacter capsici* YC5194: maltophilin (IJSEM, 2008)
- *Gyneuella sunshinyii* YC6258 (IJSEM, 2015): sangivamycin/ (patent, 2014)/ Swiss ETH, Piel 교수 공동 연구 (Angewandte Chemie, 2018)/ 향암 신물질 5개 발견
- *Marteella endophytica* YC6887: p-hydroxybenzaldehyde, phenylacetic acid (Plant Soil, 2016)
- *Bacillus oryzae* YC7007: 중요 식물 병원균 억제 및 내염성 유도 (2010~2016)

고추 탄저병균 *Colletotrichum gloeosporioides* 억제 (YC5194)

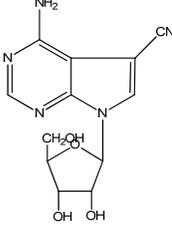
(b)



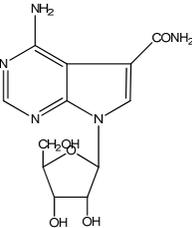
YC6258



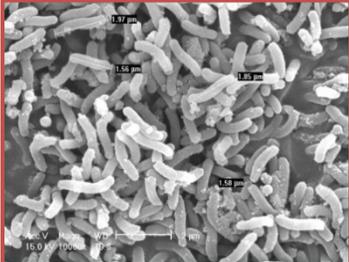
Toyocamycin

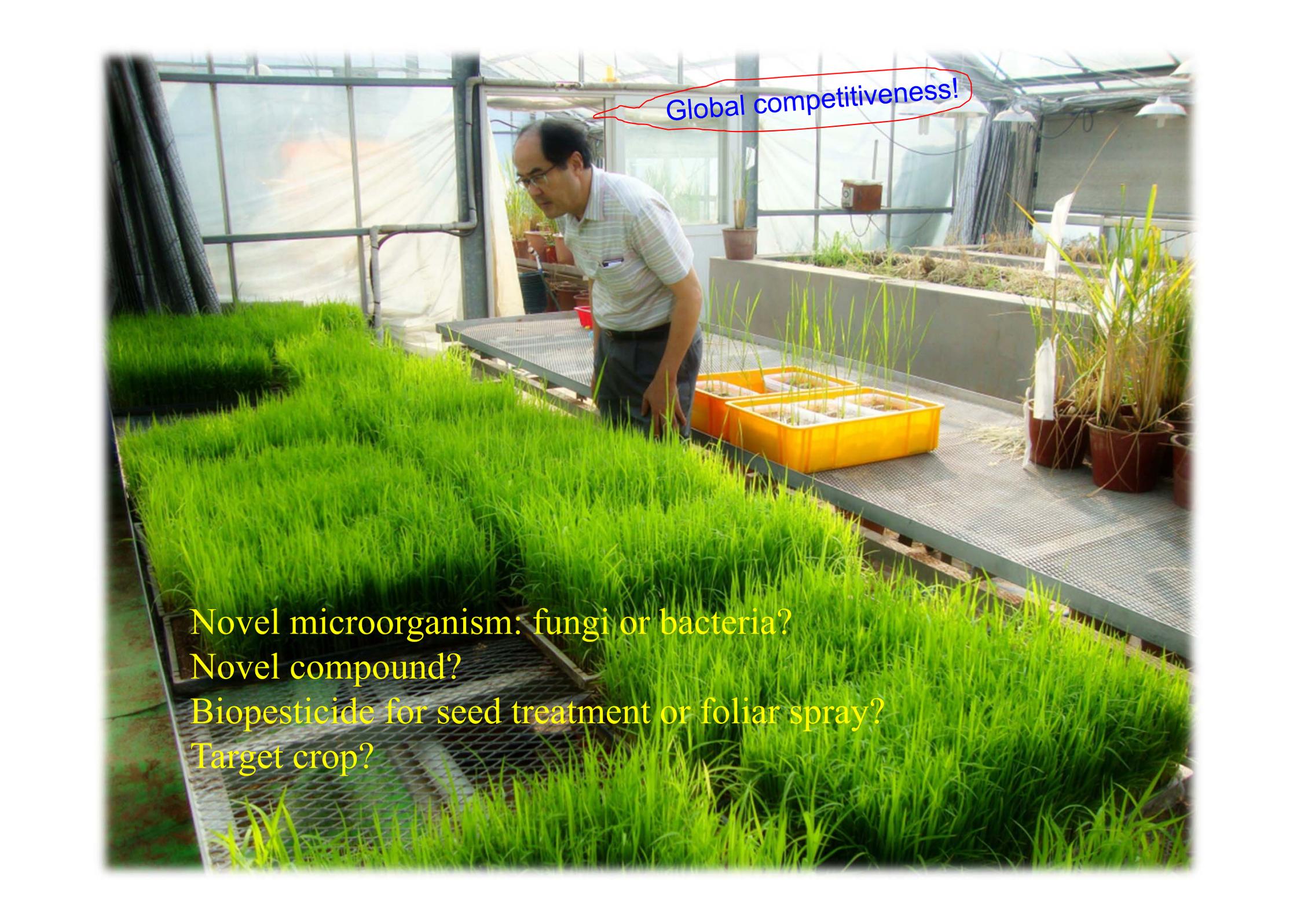


Sangivamycin



Cyanide hydratase



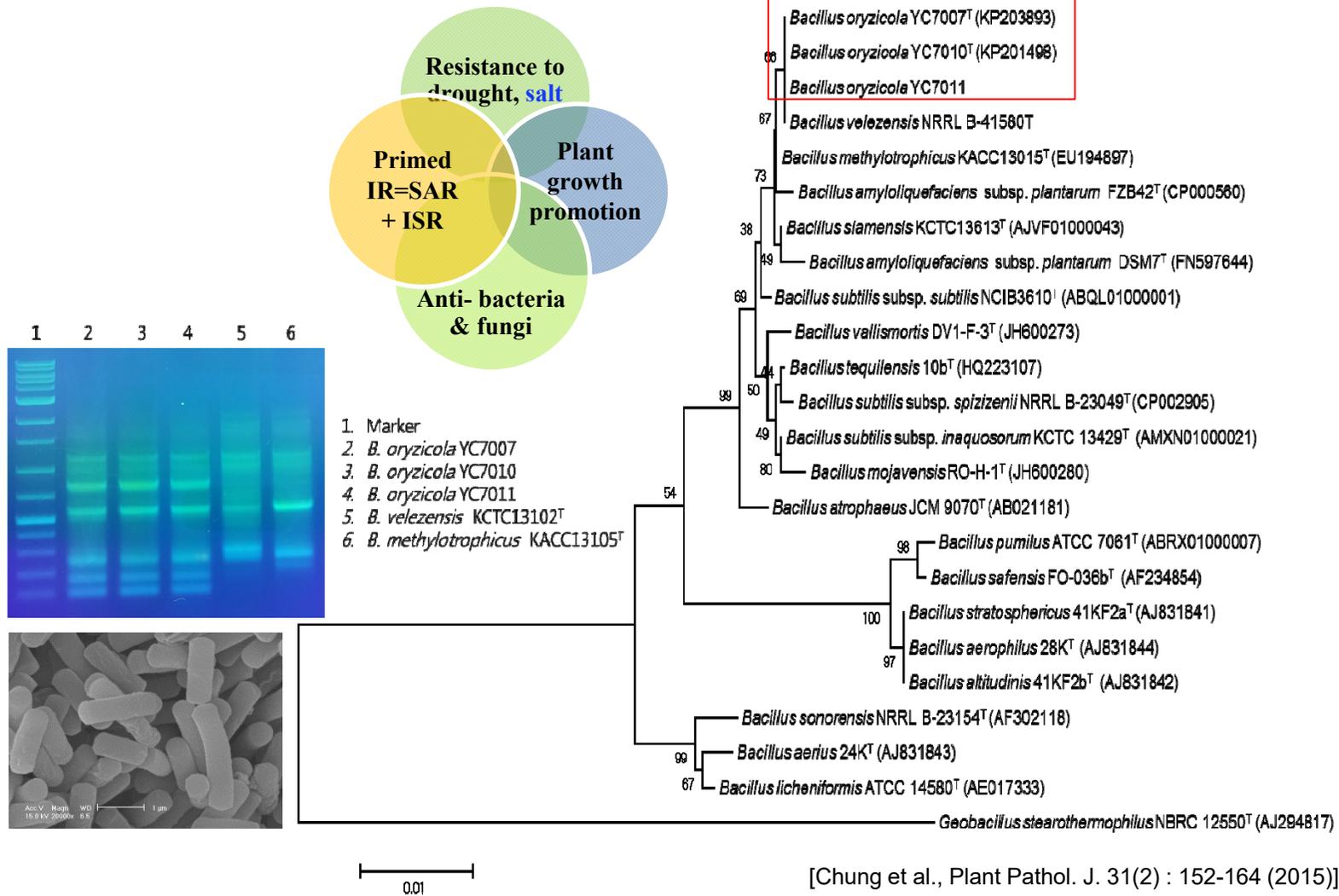

A photograph of a man in a white striped shirt and glasses, leaning over a long metal tray filled with vibrant green rice seedlings in a greenhouse. In the background, there are more trays, some with yellow seedling trays, and several potted plants. A red speech bubble with blue text is positioned above the man. The greenhouse has a translucent plastic covering and metal frames.

Global competitiveness!

Novel microorganism: fungi or bacteria?
Novel compound?
Biopesticide for seed treatment or foliar spray?
Target crop?

신규 버 공생 (内生) 세균 분리 및 군집 분석

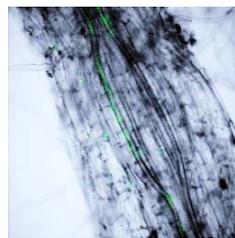
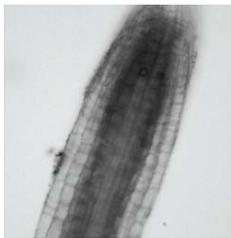
- 신규 속(genus) 세균 8종 분리: 91.3%~95.5% (16S rDNA: *Rhodoplanes* 등)
- Phylogenetic tree of *Bacillus oryzicola* (*velezensis*) YC7007, 7010^T, 7011



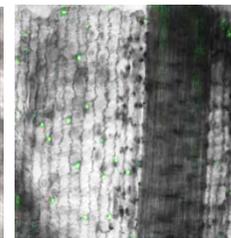
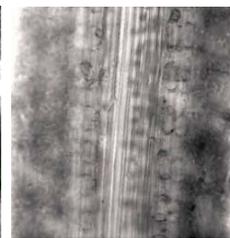
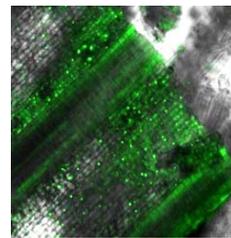
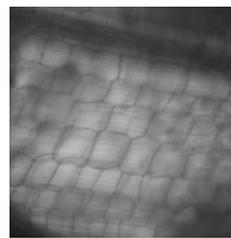
신규 내생 *Bacillus oryzicola* 방제 대상 병

병원균	병	기주 식물
<i>Fusarium fujikuroi</i>	벼키다리병	벼
<i>Burkholderia glumae</i>	벼알마름병	
<i>Xanthomonas oryzae</i>	벼흰잎마름병	
<i>Magnaporthe oryzae</i>	도열병	
<i>Shpaerotheca fusca</i>	흰가루병	딸기, 고추
<i>Xantomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>	세균성 반점병	고추

뿌리

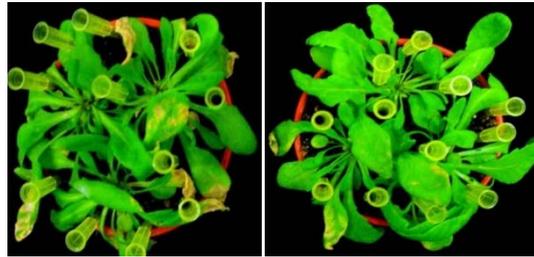


줄기 (共生)



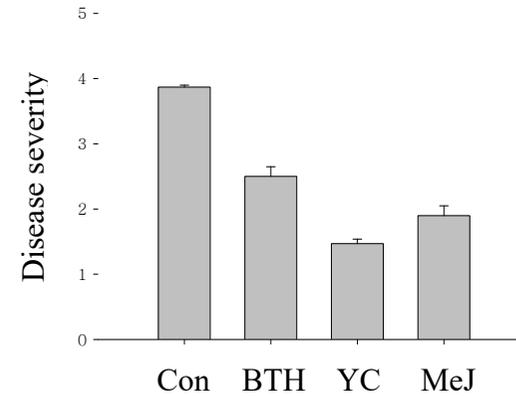
*Bacillus oryzicola*의 기주 유도 저항성에 의한 식물병 방제 효과

Fusarium Arabidopsis Disease



F. fujikuroi

YC/*F. fujikuroi*



Bacterial grain rot
(*Burkholderia glumae*)



Con

Bg

YC/Bg

BTH/Bg

방제가: 54.0%

Bacterial blight
(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*)



Con

YC/Xo

Xo

방제가: 68.9%

*Bacillus oryzae*의 농가 포장 실증 시험



처리 전



처리 후



경남 사천 (2016, 5)



도열병 방제 효과 및 수확량

• 도열병 방제 효과 (자체 시험)

처리구	발병 정도 (발병 지수 : 0-9)	
	발병지수 (0-9)	방제가 (%)
무처리	6.38±1.0 a	-
세머루	3.13±0.8 c	50.9

• 육묘 상자 관주 및 엽면 살포 1회

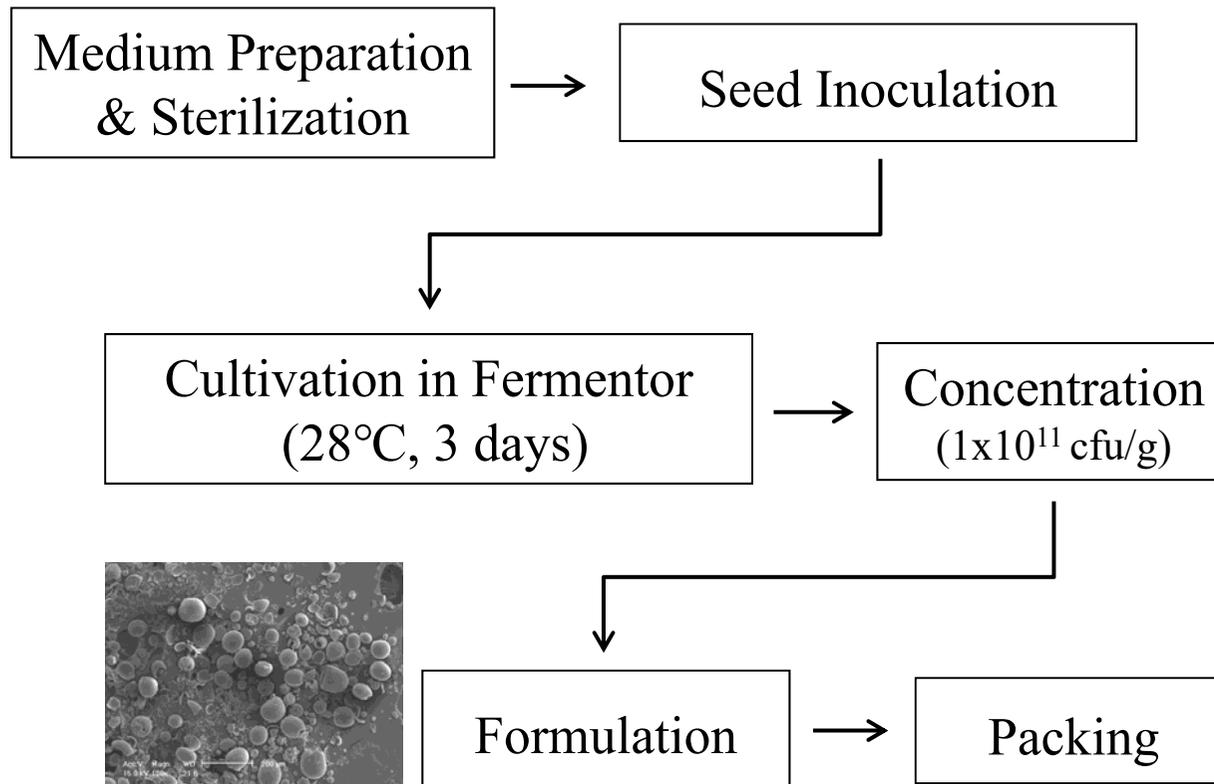


• 수확량 (경상대학교 농장)

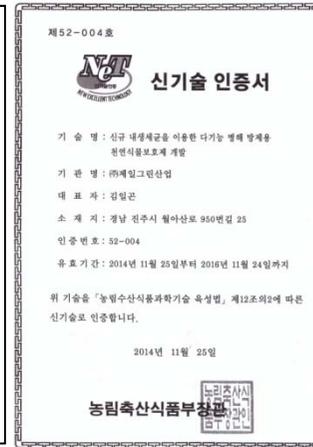
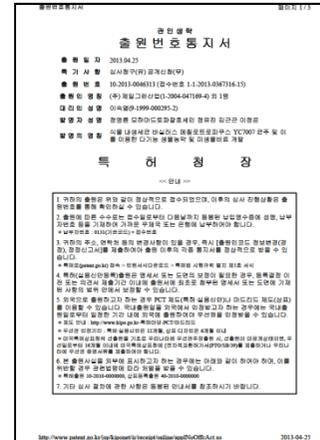
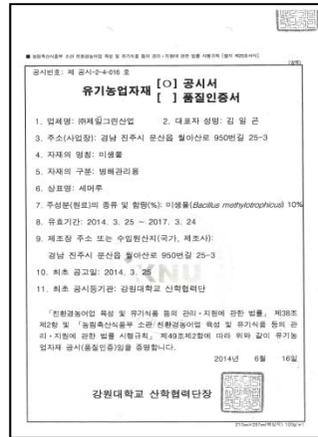
처리구	2013년		2014년		2015년		2016년	
	벼이삭 건중량 (ton/ha)	증수율 (%)	벼이삭 건중량 (ton/ha)	증수율 (%)	벼이삭 건중량 (ton/ha)	증수율 (%)	벼이삭 건중량 (ton/ha)	증수율 (%)
무처리	5.47	-	7.9	-	3.45	-	4.66	-
세머루 (x500)	6.03	10	9.9	25	4.14	20	5.42	16.3

Manufacturing process of the product 'SEMEURU'

The 1st **New Excellent Technology** in Korea (NET, MIFAF, Nov. 2014)



Launched in the Korean market as organic protectant (March 2016)



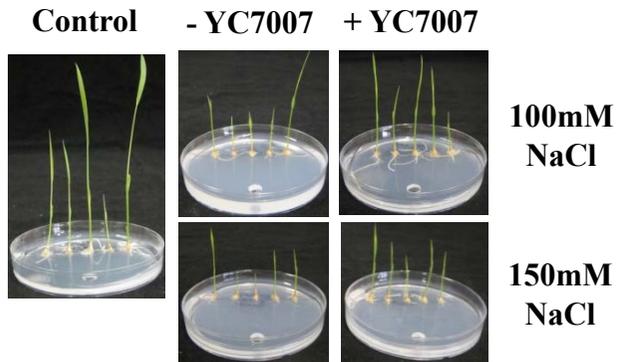
친환경 유기농업자재 공시-2-4-016
 해외 6개국 특허 출원 (미국, 일본, 중국 등)
 농림축산식품부 제 1회 신기술인증 52-004

<효능>
 벼 종자 전염병 억제: 화학 약제와 유사한 방제 효과
 식물 생육 촉진 및 병해충 방제 효과로 수확량 증가
 고염 피해 지역(간척지) 작물 저항성 유도로 생육 증진



신기술(NET) 인증 (2014, 11. 25)

신규 세균 *Bacillus oryzicola*의 식물 내염성 유도 효과



모내기 전후 염 농도 (0.3~0.6%)



- YC7007

+ YC7007



충남 보령시 신흑동 간척지 (2017, 7. 20)



처리	분얼 수 (개/주)	총 이삭 무게 (g/주)	천립중 (g)
무처리	27.6	53.4	22.1
YC7007	34.3	81.5	26.2



충남 보령시 신흑동 간척지 (2017, 10. 23)

충남 보령시 신흑동 간척지 옆 (2017, 9. 22)

YC7007

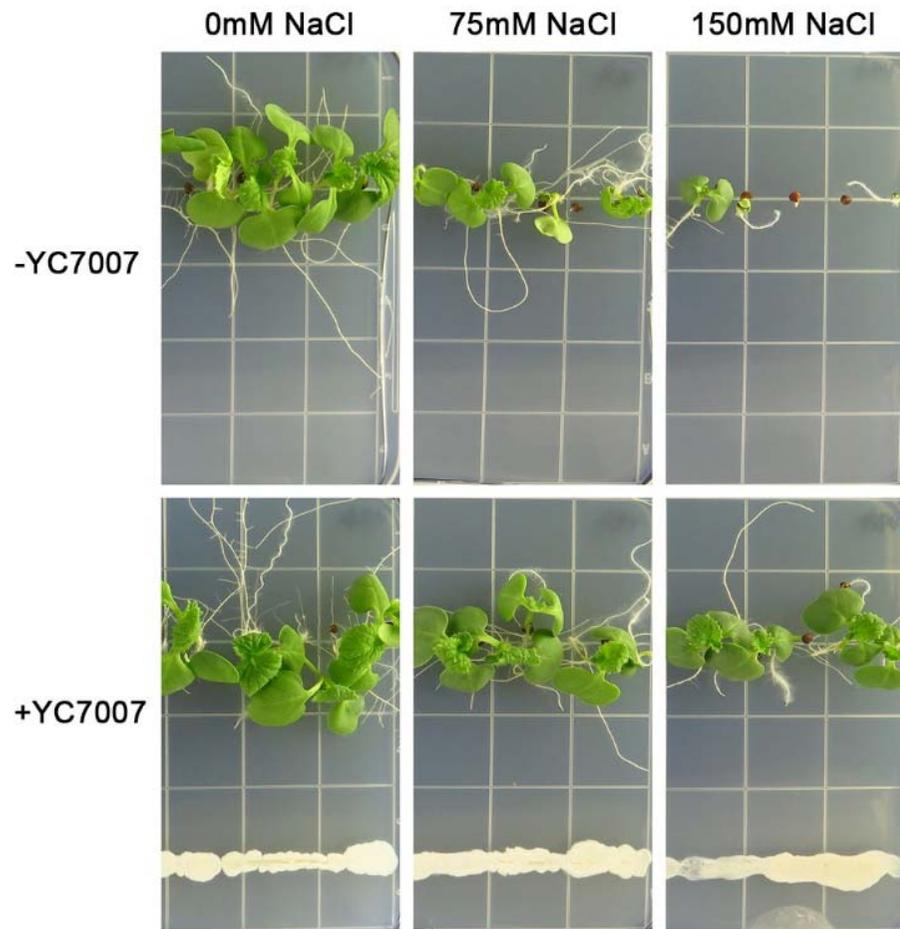


무처리

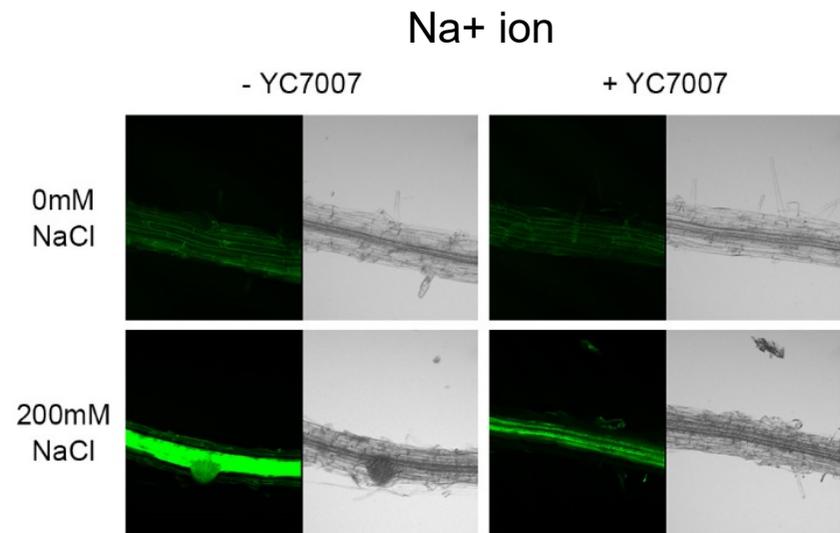
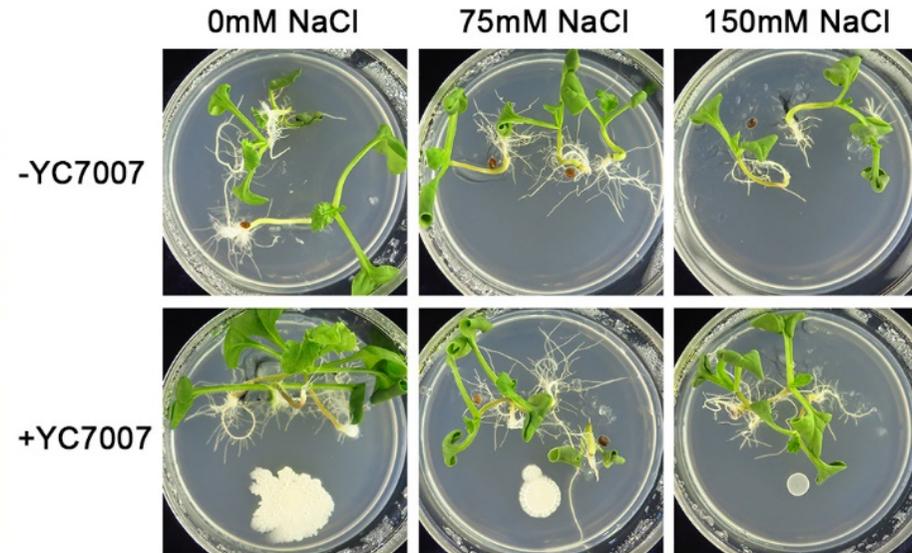


경남 하동군 갈사리 (2018. 8. 8)

배추 (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*)

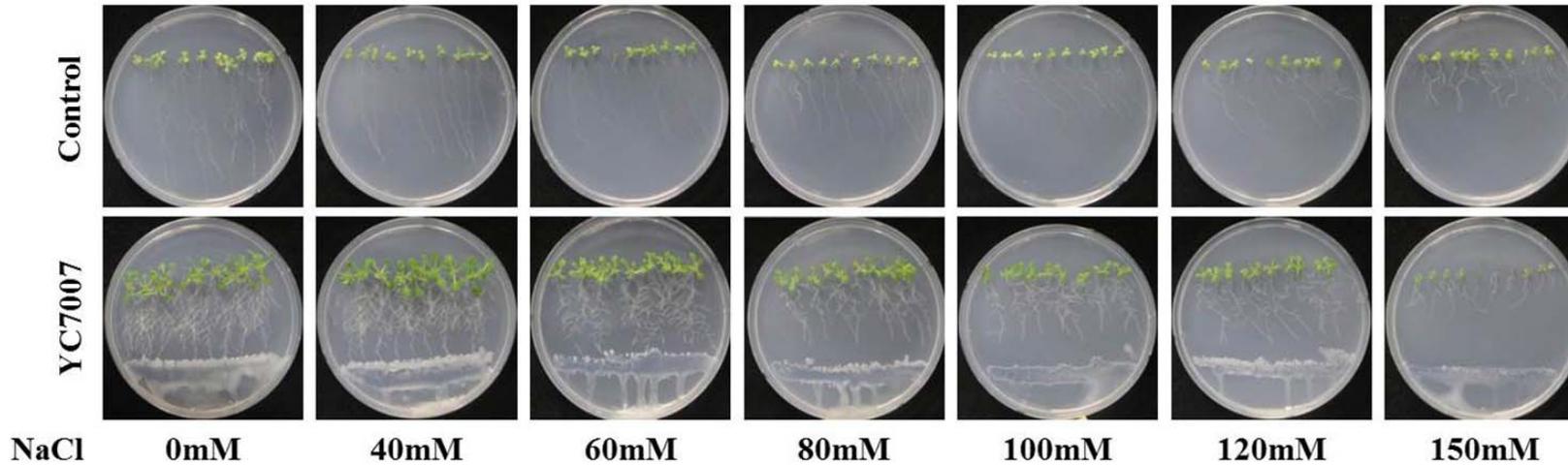


무 (*Raphanus sativus* var.)

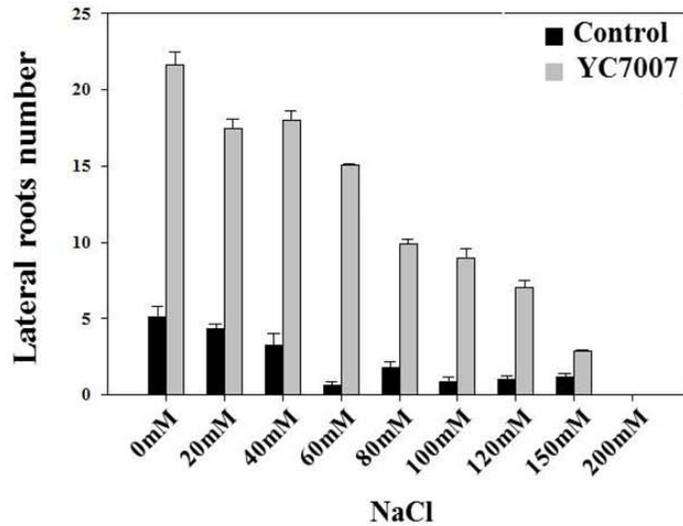


신규 세균의 기주 식물 내염성 기작 규명

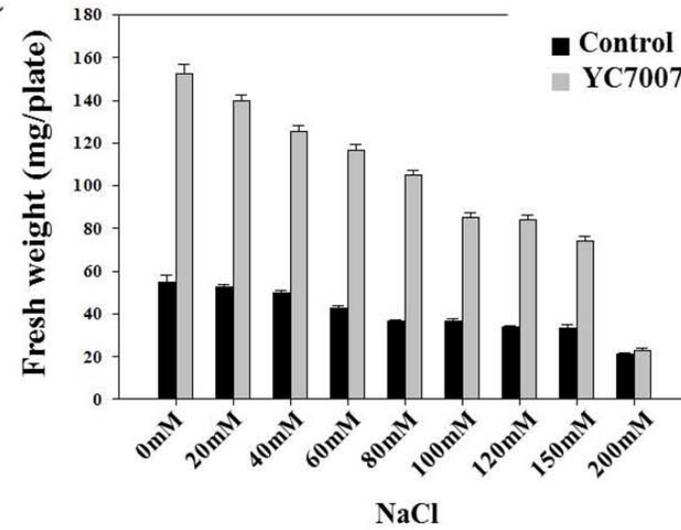
A



B



C



친환경 IBM (생물공학적 처리)로 고염류 피해 경감!

- 완숙 퇴비+ 유기물+ 볏짚 분해 및 내염성 유도 미생물 이용
 - 잘 발효된 퇴비는 토양 미생물 활성을 높여 염류 흡수 고정
 - 퇴비 속 미생물이 작물의 병해충에 대한 저항성 증가 및 생육 촉진
 - 퇴비 제조 시 중요한 요건: 뒤집기, 탄질비 (톱밥+돈분), 수분



기계식 퇴비 제조



퇴비 제조 후 숙성



방선균

유기물의 탄질비 (C/N율)

- 미생물의 주요 먹이는 탄소와 질소 (C:에너지원, N: 영양원)
 1. 토양 미생물: 5~10 (사상균10, 방선균 6, 세균 5), 토양 부식 10
 2. 유박: 대두박 5.4, 채종박 5.6, 면실박 4.5, 피마자박 4.5
 3. 음식물 찌꺼기: 10~15, 활성 슬러지; 5~16
 4. 분뇨: 인분 5~10, 돈분 14, 계분 6~15, 소똥 19
 5. 각종 퇴비: 20~30
 6. 왕겨: 121, **벼짚**: 67, 미강: 15.0, 옥수수 줄기: 60~73
 7. 경목: 560, 톱밥: 510~1,200, 경목 수피: 223

[Gotaas, Harold B. (1956). Composting - Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes (p.44). World Health Organization, Monograph Series Number 31. Geneva. and Rynk, Robert, ed. (1992)]

간척지 염류 피해 경감을 위한 방법 제안

완숙 퇴비+볏짚
(미생물 활성화)
염류 농도 감소



퇴비 1톤 (50포)+볏짚 300kg / 300평

N, P 화학 비료
추천량 절반!

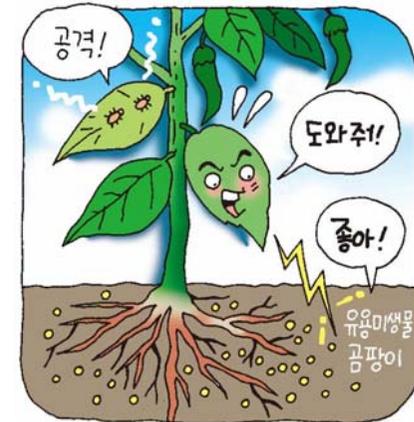


OM 분해 미생물
병균 밀도 감소
유기물 분해

식물 생육 촉진



염류 내성 유도



kimyh@hani.co.kr



미생물 종자 소독
엽면 살포 처리

YC 미생물 처리



감사합니다!

Prof. Daejin Yun (Kon Kuk Univ.)
Prof. Surk Sik Moon (Kongju Nat. Univ.)



Mohammad T. Hossain
Ajmal Khan
Harun O. Rashid
Dr. Eu-Jin Chung
G. K. Kim, J. E. Lee - JGreen Inc.

National Funds (1992-2009)
Next generation biopesticide
(2010-2013) [MAFRA]
Next generation biogreen 21
(2013-2017) [RDA]
Eco-friendly crop protectant
(2013-2017) [MOTIE]
BK21 & + (2001-2016) [MOE]

