

# 작물의 염류 피해 경감을 위한 미생물 이용 생물공학 기술



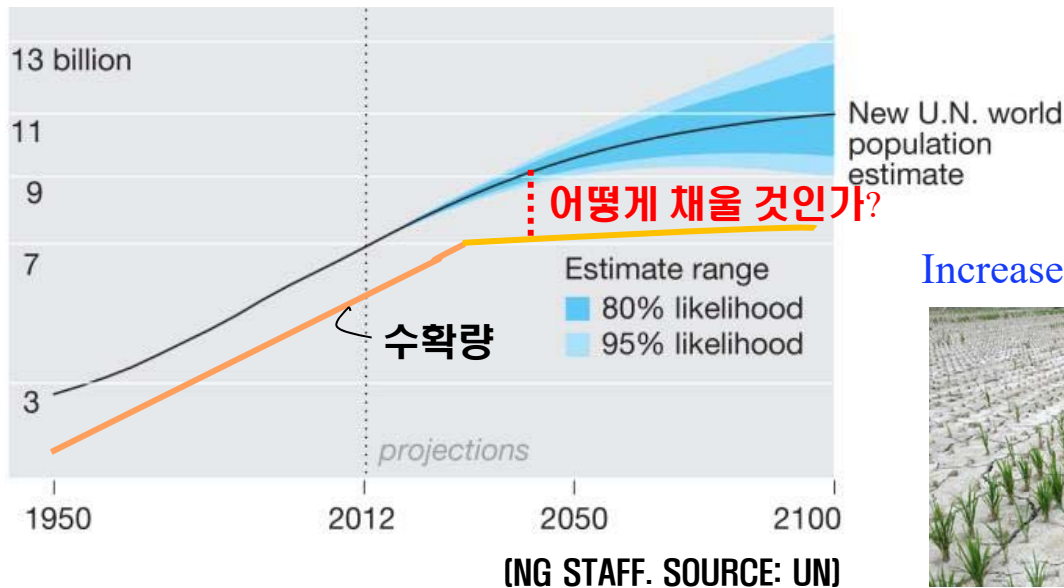
정영륜

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

---

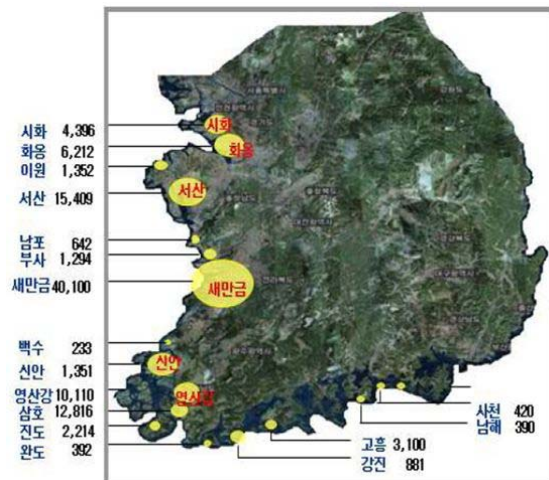
- 시설 하우스 55%가 염류 집적 (2018)
  - 전국 비닐하우스 재배 면적: 50,1997ha (경남 9,566, 경북 9,004, 충남 7,939, 경기 6,507)
  - 과수 비가림 시설 포함 총 93,500ha의 반 정도: 약 47,000ha



염류가 집적된 토양의 표면

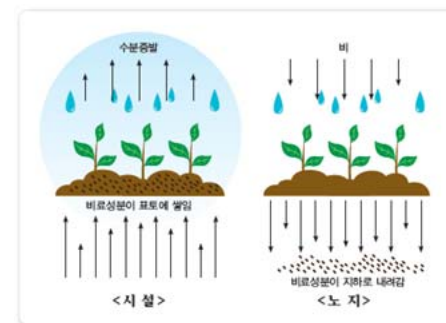
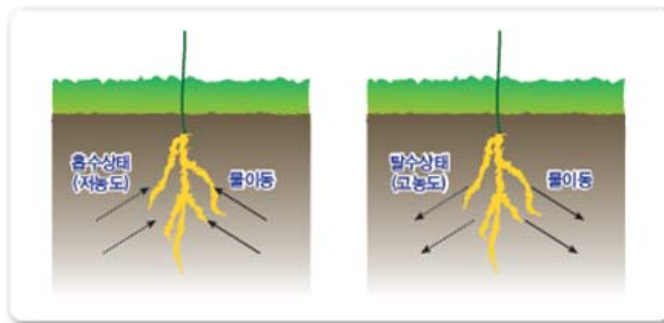
## 국내 간척지 작물의 염류 집적 피해 현황

- 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 ( $\text{CaCl}_2$ ), 질산칼슘 ( $\text{CaNO}_3$ ), 염화칼리 ( $\text{KCl}$ ), 염화 마그네슘 ( $\text{MgCl}_2$ ) 등
  - 시설 재배지 토양에서는 빗물이 차단되고 지표에서 지하로 내려가는 물의 이동이 중단되어 고온시 수분 증발에 따라 표토에 축적
- 양분 불균형에 의한 작물 생육 장애
  - 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

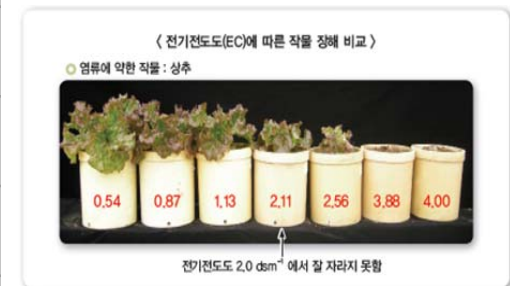


(<http://www.nongsaro.go.kr>)

➤ 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

---

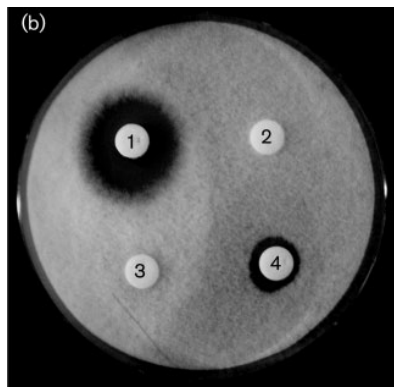
- 내염성 작물 육종 (classical or GMO) 및 재배
- 작물의 내염성 유도 또는 염류 제거 미생물 활용: 최신 첨단 연구로 다국적 기업 및 연구자들이 진행 중
  - 2016년 세계 최초 **신규 토착 미생물** 이용 제품화 성공 (간척지 효과 증명)
- 생물학적 종합 관리 (Integrated Biological Management of Soil Salinity)
  - 완속 퇴비+ 유기물 (OM, 볏짚)+ OM 분해 및 내염성 유도 미생물 이용
  - 심한 가뭄으로 인한 **고염 농도** ( $\sim 0.3\%$  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)/ 항암 신물질 5개 발견
- *Marteella endophytica* YC6887: p-hydroxybenzaldehyde, phenylacetic acid (Plant Soil, 2016)
- *Bacillus oryzicola* YC7007: 중요 식물 병원균 억제 및 내염성 유도 (2010~2016)

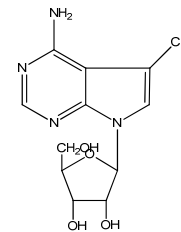
고추 탄저병균 *Colletotrichum gloeosporioides* 억제 (YC5194)



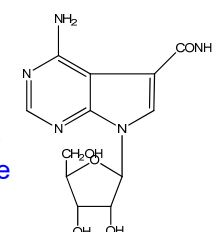
YC6258



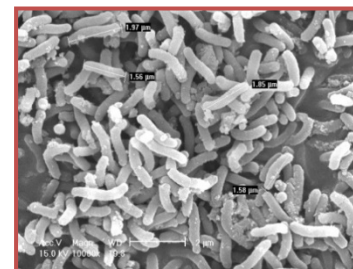
Toyocamycin

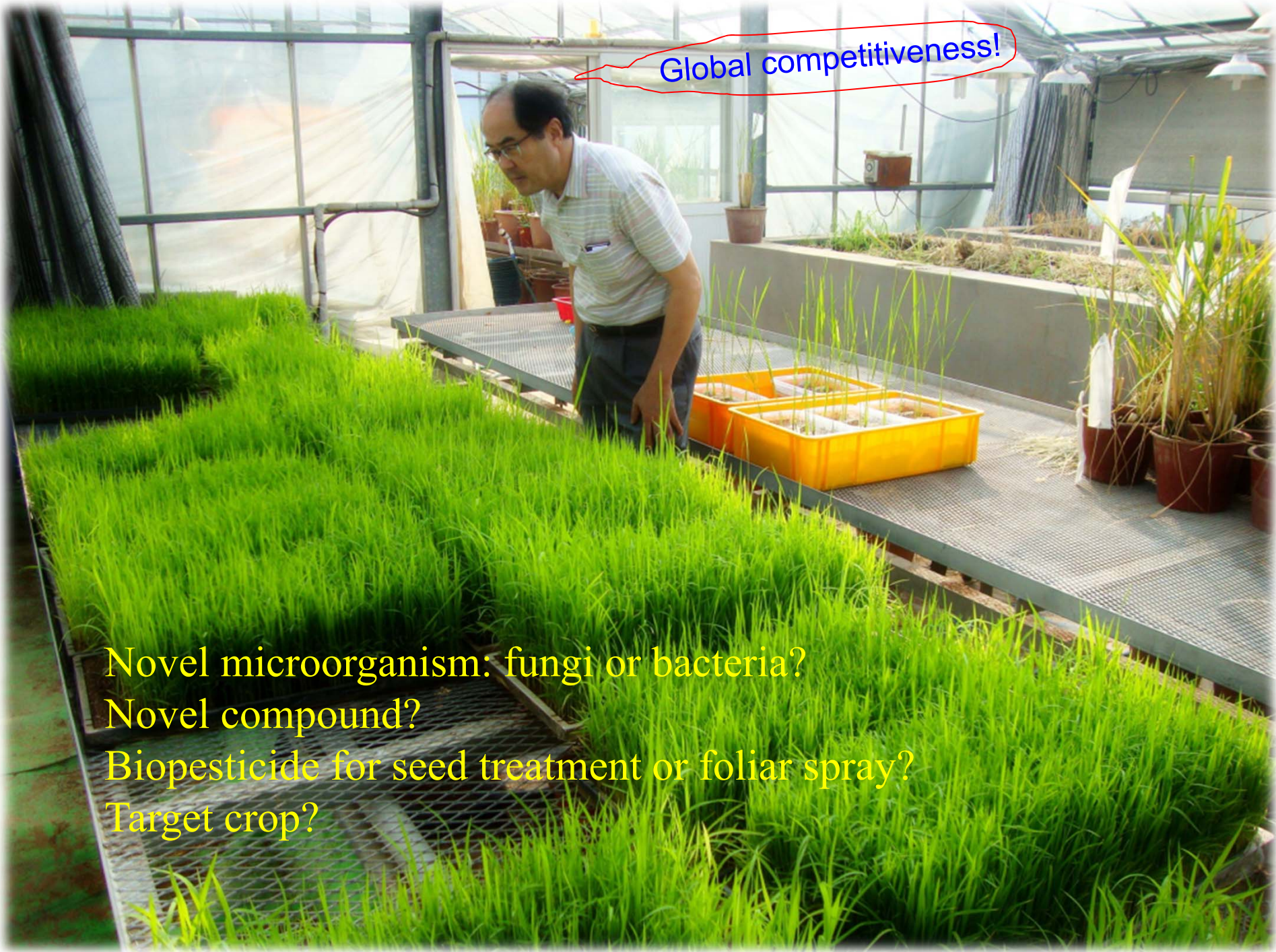


Sangivamycin



→  
Cyanide  
hydratase



A photograph of a man in a greenhouse, wearing a striped shirt and glasses, leaning over a large tray filled with green rice seedlings. In the background, there are more trays and potted plants. A red speech bubble with blue text is positioned above the man.

Global competitiveness!

Novel microorganism: fungi or bacteria?

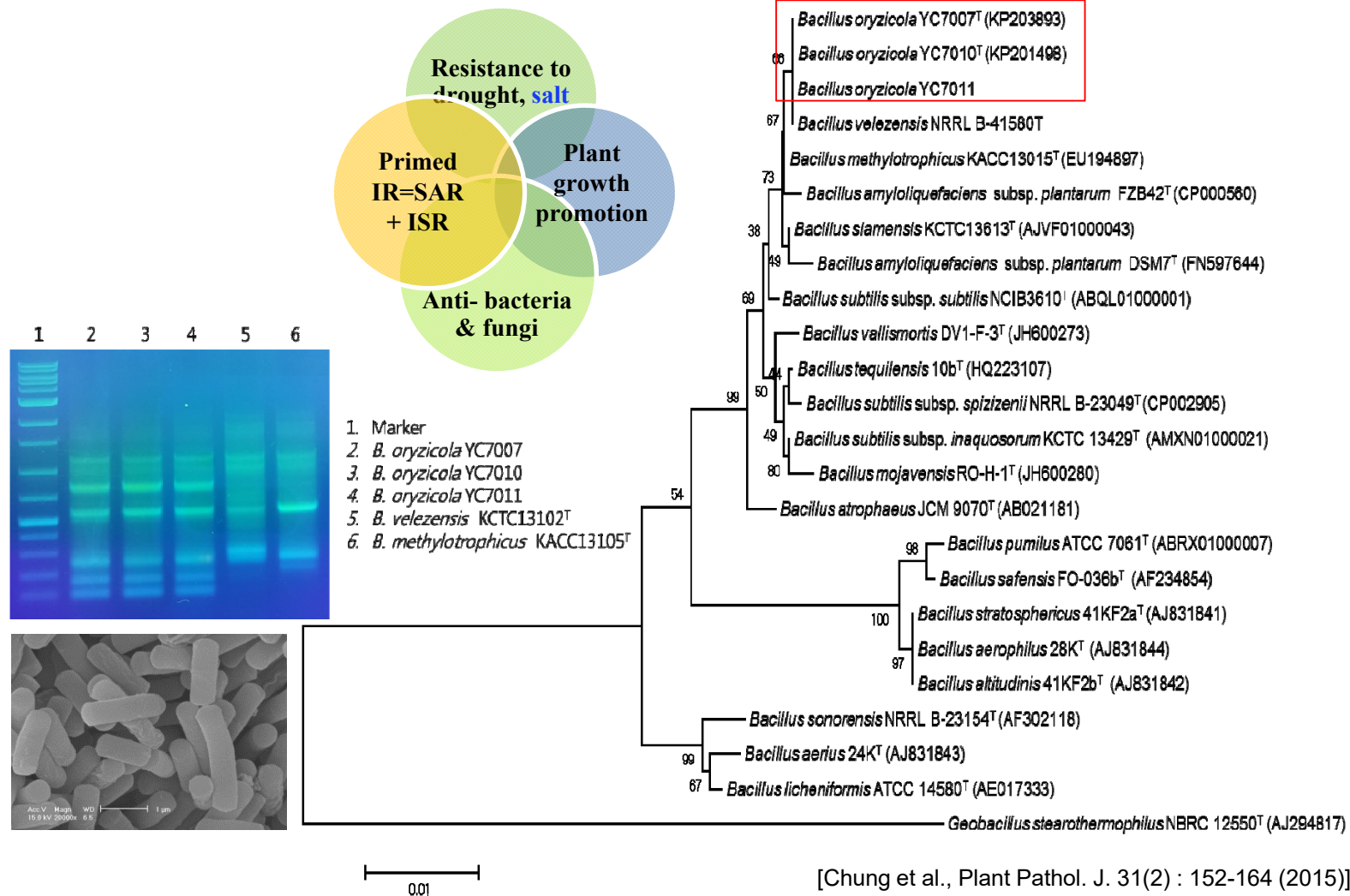
Novel compound?

Biopesticide for seed treatment or foliar spray?

Target crop?

## 신규 버 공생 (内生) 세균 분리 및 군집 분석

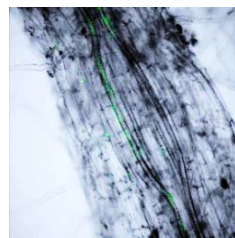
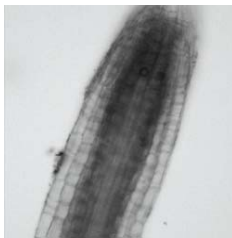
- 신규 속(genus) 세균 8종 분리: 91.3%~95.5% (16S rDNA: *Rhodoplanes* 등)
- Phylogenetic tree of *Bacillus oryzicola* (*velezensis*) YC7007, 7010<sup>T</sup>, 7011



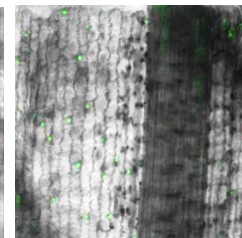
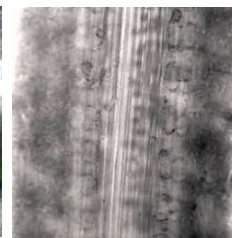
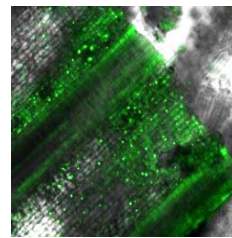
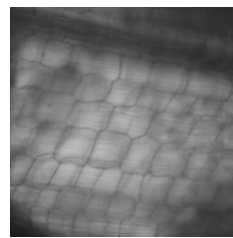
## 신규 내생 *Bacillus oryzicola* 방제 대상 병

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

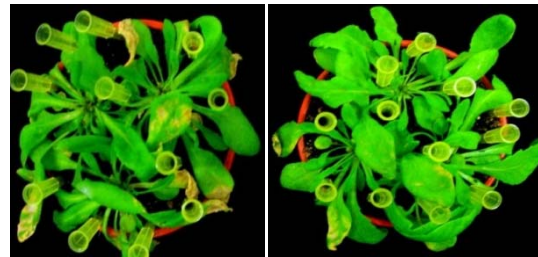


줄기 (共生)



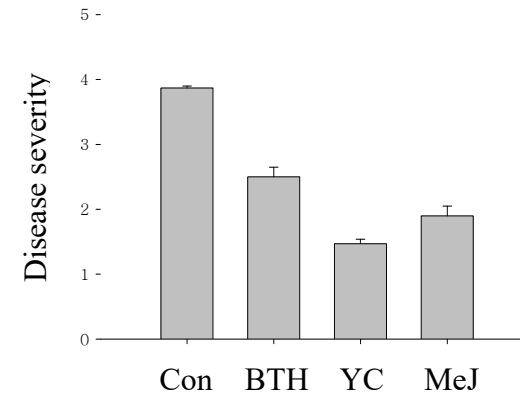
# *Bacillus oryzicola*의 기주 유도 저항성에 의한 식물병 방제 효과

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

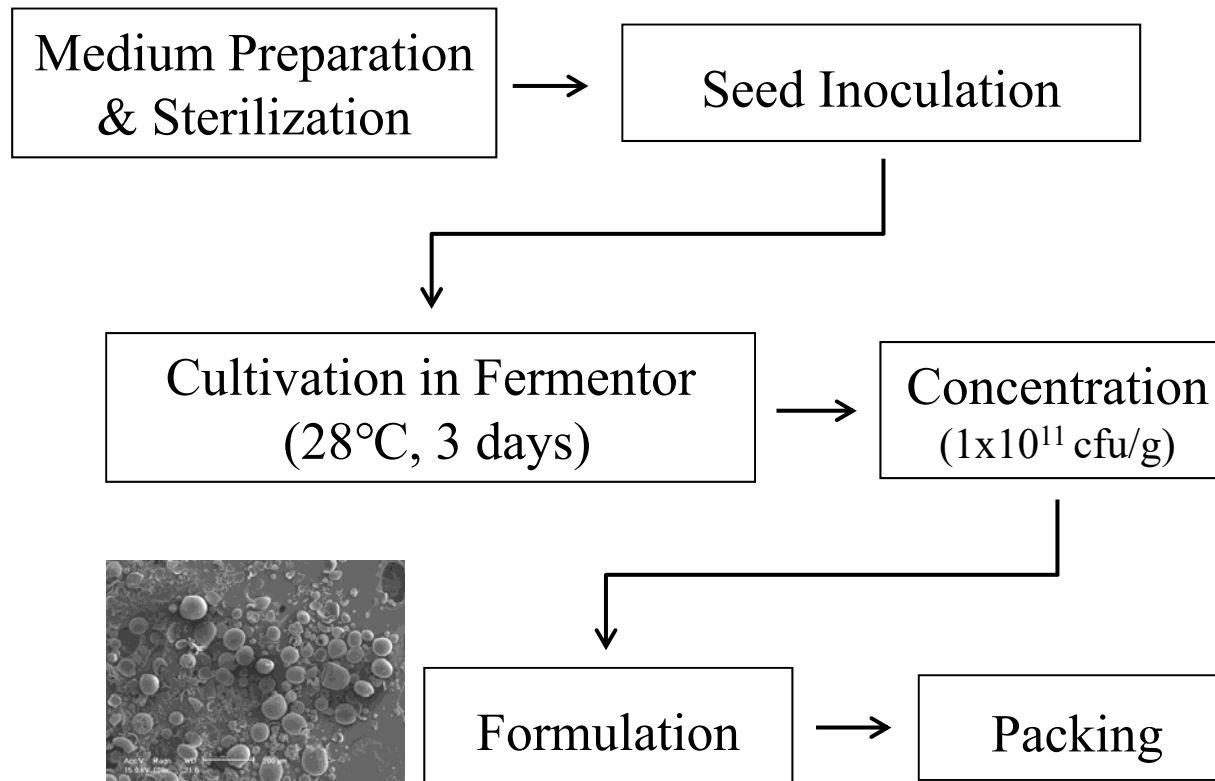


### • 수확량 (경상대학교 농장)

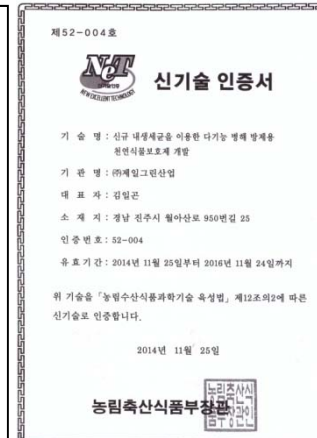
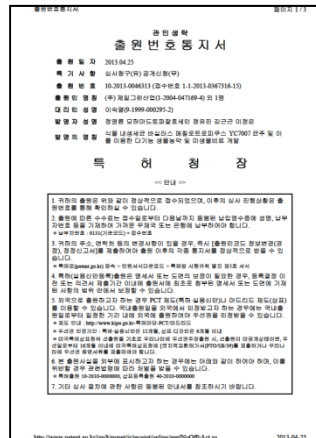
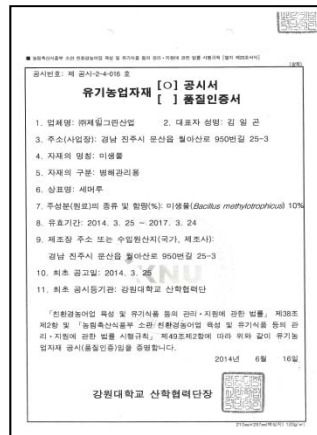
처리구	2013년		2014년		2015년		2016년	
	벼이삭 건중량 (ton/ha)	증수율 (%)	벼이삭 건중량 (ton/ha)	증수율 (%)	벼이삭 건중량 (ton/ha)	증수율 (%)	벼이삭 건중량 (ton/ha)	증수율 (%)
무처리	5.47	-	7.9	-	3.45	-	4.66	-
세머루 (x500)	6.03	10	9.9	25	4.14	20	5.42	16.3

# Manufacturing process of the product 'SEMEURU'

The 1<sup>st</sup> **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

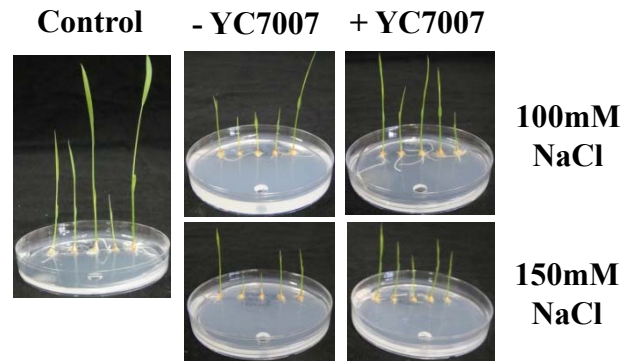
<효능>

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

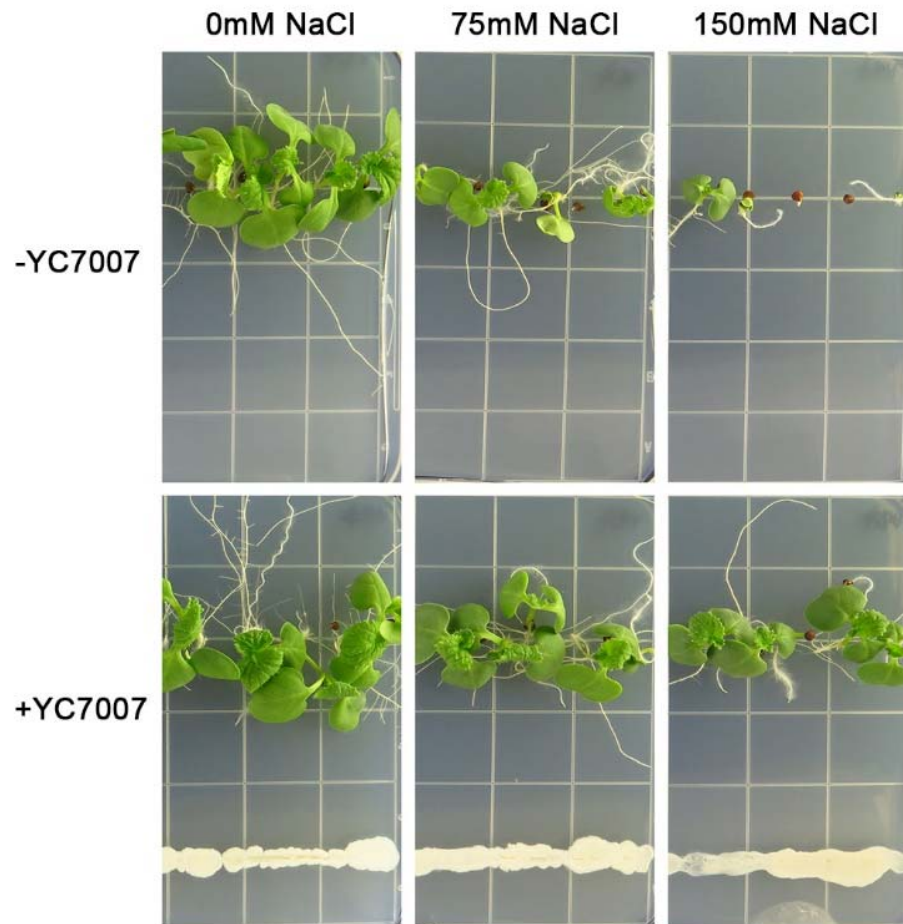


무처리

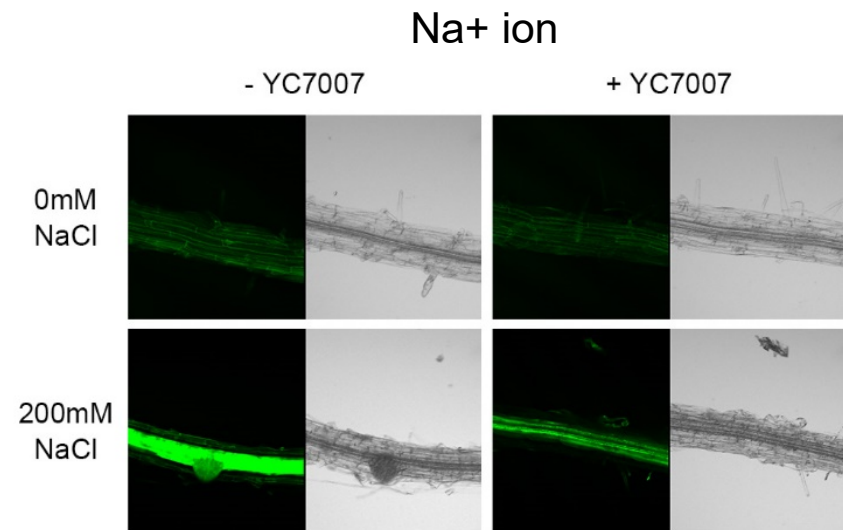
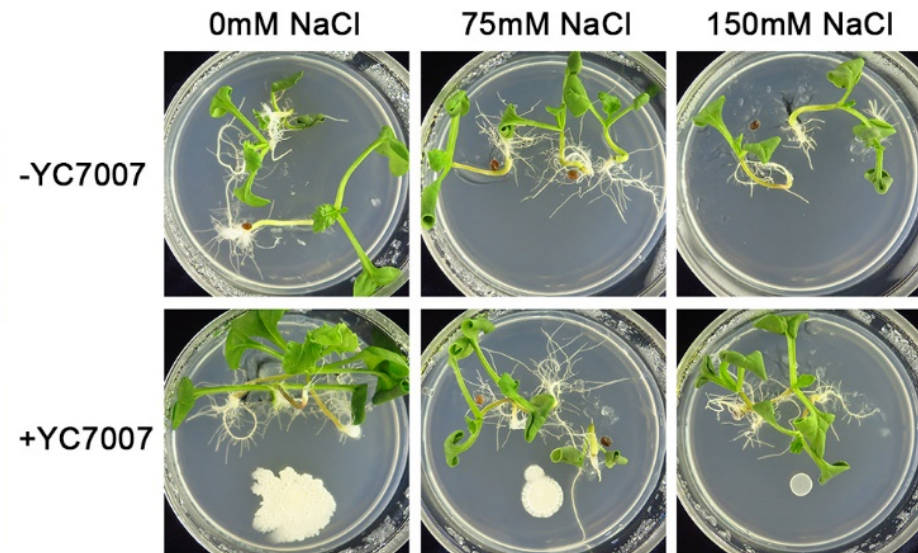


경남 하동군 갈사리 (2018. 8. 8)

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

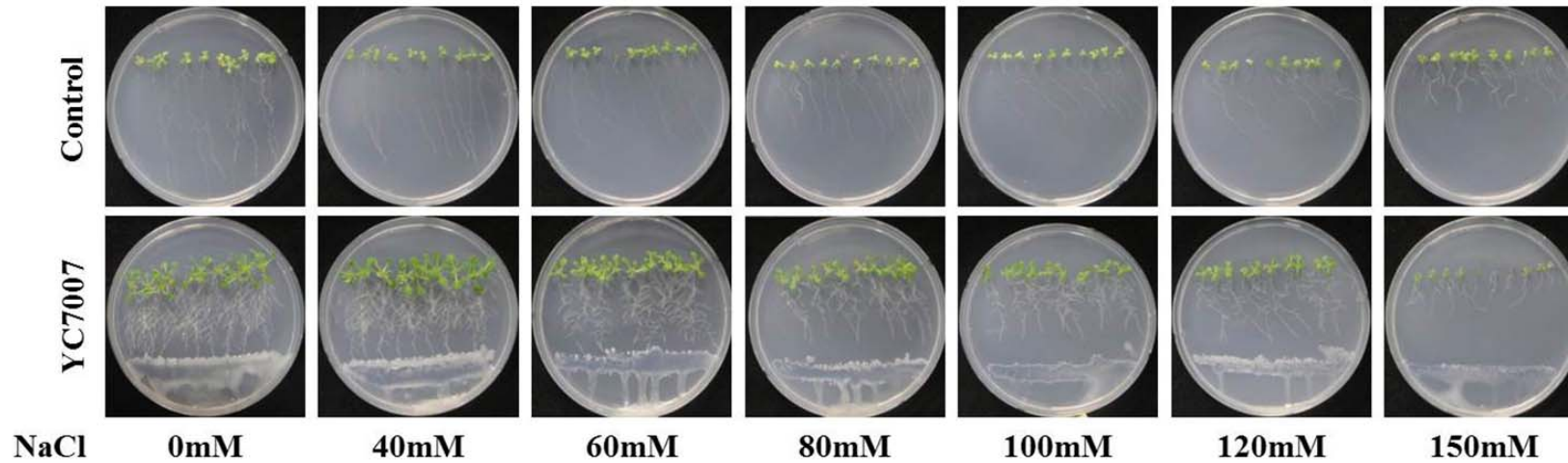


# 무 (*Raphanus sativus* var.)

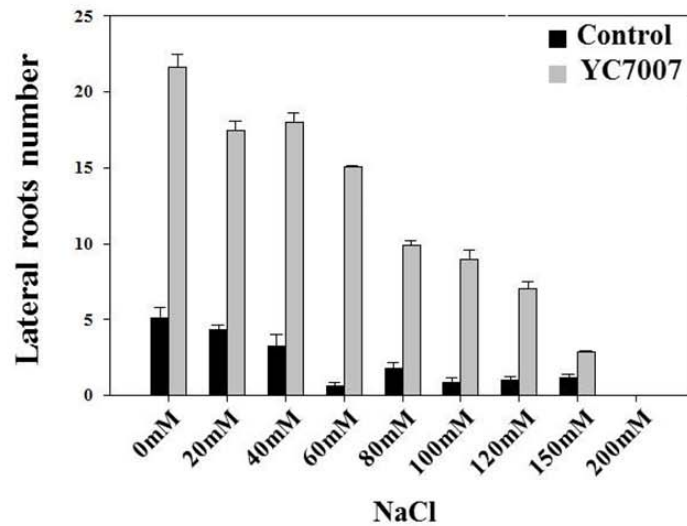


## 신규 세균의 기주 식물 내염성 기작 규명

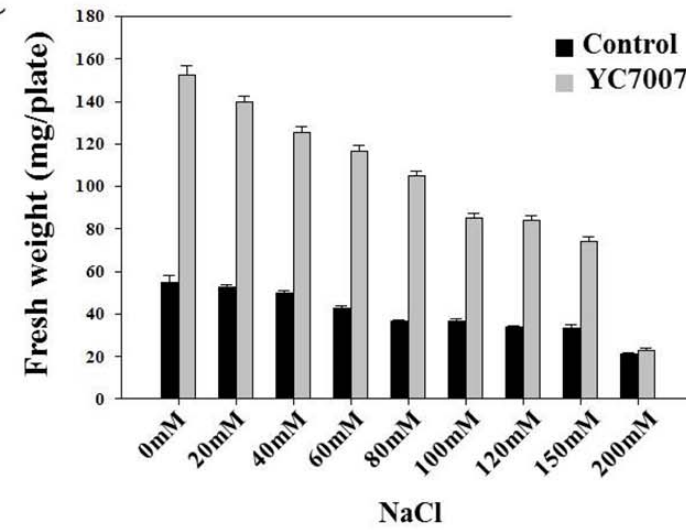
**A**



**B**



**C**



## 친환경 IBM (생물공학적 처리)로 고염류 피해 경감!

---

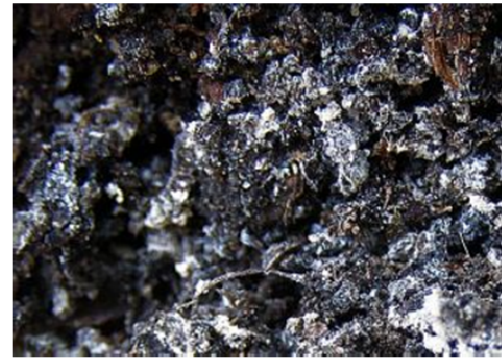
- 완숙 퇴비+ 유기물+ 볏짚 분해 및 내염성 유도 미생물 이용
  - 잘 발효된 퇴비는 토양 미생물 활성을 높여 염류 흡수 고정
  - 퇴비 속 미생물이 작물의 병해충에 대한 저항성 증가 및 생육 촉진
  - 퇴비 제조 시 중요한 요건: 뒤집기, 탄질비 (톱밥+돈분), 수분



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+뽕짚  
(미생물 활성화)  
염류 농도 감소



퇴비 1톤 (50포)+뽕짚 300kg / 300평

N, P 화학 비료  
추천량 절반!



OM 분해 미생물  
병원 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]