

《린회토분해균》의 몇가지 물질분해특성

소명철, 이재모, 김시춘

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《농촌경리부문에서 화학비료를 적게 쓰고 여러가지 미생물비료와 유기질비료를 많이 생산하여 리용하도록 하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제21권 460페이지)

《린회토분해균》은 *Serratia marcescens*-828, *Bacillus macerans*-827로 이루어져있다.[1, 2] 린회토유기광물질비료의 질을 높이고 토양영양제를 개선하는데 《린회토분해균》을 리용한 연구결과들은 많이 발표[1, 2, 7, 8]되었지만 그 효과성의 기초로 되는 《린회토분해균》의 물질분해특성에 대한 연구는 적게 진행되었다.

일반적으로 토양미생물들은 자기의 생존에 필요한 무기영양물질들 특히 중요한 영양원소의 하나인 린을 토양속에 들어있는 합린광물이나 불용성린화합물들을 가용화시켜 얻는데 이것은 미생물자체가 생성분비하는 무기산이나 유기산들에 의하여 실현된다.[2, 3, 6-9, 11-13]

우리는 토양내의 난용성린을 비롯한 여러가지 물질들의 용해성을 높여주는 《린회토분해균》비료의 효과성을 과학기술적으로 해명하기 위하여 《린회토분해균》의 몇가지 물질분해특성들을 밝혔다.

재료 및 방법

연구대상토양은 평양시 사동구역 송신남새전문협동농장에 위치한 고품화충논밭토양이다.

연구재료로서 린회토(평안남도 대동군, 총린함량(P_2O_5) 1.5%)와 니탄흙보산(평안북도 온전군, 저위니탄)을 리용하였으며 린회토-흙보산혼합물은 알갱이크기가 0.5mm이하인 린회토와 흙보산을 1:1질량비로 섞은것이다.

《린회토분해균》의 무기린화합물용해특성을 밝히기 위하여 리용한 배지조성은 다음과 같다: 우무 2%, 펩톤 1%, 효모엑스 0.5%, 포도당 1%(LB배지).

액체《린회토분해균》종균은 20% 감자우림물배지(감자 200g을 잘게 썰어 30min간 끓인 후 거른액의 총체적을 1L로 맞춤)에서 18h동안 진탕배양(28℃, 180r/min)하여 준비하였다.

토양과 기질에서 가용성영양원소함량과 형태별철 및 린화합물함량, 《린회토분해균》의 무기화합물용해활성들은 선행방법[10]에 준하여 측정하였다.

결과 및 논의

1) 《린회토분해균》의 몇가지 무기물질용해활성

《린회토분해균》은 무기화합물용해활성을 비롯하여 농작물생장과 관련되어있는 여러가지 좋은 특성들을 가지고있는것으로 하여 미생물비료로서 《린회토분해균》의 작용효과를 기대할수 있다.

《린회토분해균》들은 무기태린, 칼리움, 칼시움, 마그네시움, 규소 등 여러가지 무기화합물에 대한 용해활성이 높은것이 특징이다.

《린회토분해균》의 린가용화능력을 보기 위하여 무기린화합물원천들로서 린산칼시움과 린회토를 각각 첨가한 평판배지에서 용해피크기의 변화를 측정하였다.(표 1)

표 1. 《린회토분해균》의 무기린화합물용해활성

무기린종류	균주	용해피직경/mm				
		1d	2d	3d	4d	5d
린산칼시움	<i>Ser. marcescens</i> -828	4.5	6.3	8.1	8.2	8.2
	<i>Bac. macerans</i> -827	3.1	5.0	7.2	7.2	7.2
	혼합접종	4.9	6.9	8.7	9.1	10.4
린회토	<i>Ser. marcescens</i> -828	0.8	1.5	2.1	2.5	2.8
	<i>Bac. macerans</i> -827	0.5	1.4	2.0	2.2	2.5
	혼합접종	1.1	1.9	2.4	6.6	9.4

배양온도 28℃

표 1에서 보는바와 같이 배양기일이 경과함에 따라 평판배지에서 무기린화합물용해피의 크기가 점차 커졌는데 그 정도는 무기화합물의 종류에 따라 서로 다르다. 《린회토분해균》의 두 균주들에 대하여 다같이 린회토를 넣은 배지에 비해 린산칼시움을 넣은 배지에서 용해피의 크기가 클뿐아니라 짧은 시간(3일정도)내에 최대로 용해되었다. 이것은 린회토속에 들어있는 린화합물들이 린산칼시움보다 용해되기 힘든 상태로 존재하는것과 관련 된다고 볼수 있다.

《린회토분해균》이 린회토속의 린분해활성을 가지고있으므로 액체배양 및 고체배양과정에 린회토의 가용성린함량이 증가하였다.(표 2)

표 2. 《린회토분해균》에 의한 린회토속의 가용성린함량변화

구분	액체배양*		고체배양**	
	가용성린함량(P_2O_5) /(mg·mL ⁻¹)	대조에 비한 증가률/%	가용성린함량(P_2O_5) /(mg·mL ⁻¹)	대조에 비한 증가률/%
대조	0.036	100	377.5	100
<i>Ser. marcescens</i> -828접종	0.046	127.8	573.5	151.9
<i>Bac. macerans</i> -827접종	0.043	119.4	564.5	149.5
혼합균접종	0.053	147.2	595.0	157.6

* 린회토가 10% 포함된 LB배지, 28℃에서 3일간 진탕배양(180r/min), ** 멸균한 린회토-효보산혼합물에 액체《린회토분해균》종균을 2% 접종하여 배양, 물기함량은 최대용수량의 60% 보장, 28℃에서 2주일 배양, 대조는 무접종상태임

표 2에서 보는바와 같이 린회토를 포함하고있는 액체배지에 《린회토분해균》종균들을 접종하여 배양하면 린회토속의 가용성린함량이 대조에 비해 약 20~30% 더 많아졌으며 *Bac. macerans*-827균주에 비해 *Ser. marcescens*-828균주의 린회토린가용화능력이 더 높았다. 특히 두 균주들을 혼합접종하면 린회토의 린가용률이 대조에 비해 거의 1.5배까지 더 많아졌다. 이것은 《린회토분해균》의 두 균주들이 성장특성상 밀접히 련관되어있다는것을 보여준다.

《린회토분해균》을 접종한 고체배양에서도 가용성린함량이 대조에 비해 1.5배로 더 많아졌다.

《린회토분해균》은 린과 함께 린회토속의 다른 영양원소들을 가용화시키는 능력도 가지고 있다.

린회토—흙보산혼합물에서 린회토속의 몇가지 무기영양원소들의 가용량을 조사한 자료는 표 3과 같다.

린을 비롯한 무기영양원소들의 가용화는 《린회토분해균》이 킬레이트화능력이 강한 여러가지 유기산들을 생성분비하는 것과 관련된다.

표 3. 린회토의 무기화합물에 대한 《린회토분해균》의 용해활성

구분	가용성함량/($\text{mg} \cdot 10^{-2} \text{g}^{-1}$)		
	K ₂ O	MgO	SiO ₂
대조(무접종)	47.8±2.3	105.2±1.9	205.1±2.7
<i>Ser. marcescens</i> -828접종	56.2±2.5	139.2±2.6	238.2±8.8
<i>Bac. macerans</i> -827접종	69.5±3.2	216.8±2.8	275±10.7
복합균접종	70.6±3.5	221.1±8.3	316.3±6.2

별균한 린회토—흙보산혼합물에 액체《린회토분해균》종균을 2% 접종하여 배양, 물기함량은 최대용수량의 60% 보장, 28℃에서 2주일 배양, 대조는 무접종상태임

2) 《린회토분해균》의 토양난용성린가용화특성

연구대상으로 한 논밭토양에서는 활성형린이 상대적으로 적은 반면에 불활성형린이 린화합물형태에서 기본(논토양에서 총린의 81~82%, 밭토양에서 총린의 56~65%)을 이루며 불활성형린가운데서도 환원가용성린이 63~77%를 차지한다.[5, 6] 또한 연구결과에 의하면 논토양의 철화합물형태에서 주요형태로 되는것은 결정형철(총철의 54~65%)이며 결정형철이 환원풀림성린의 산화철피막을 이루는 기본물질로 된다. 그러나 밭토양에서는 논토양에서와 달리 환원형린형태에서 많은 비중을 차지하는것이 Ca-P형린으로서 활성형린총량의 60~66%를 차지하고있다.

그러므로 논토양에서는 산화철피막(침철광, 수침철광피막)을 벗기는것이, 밭토양에서는 미생물들의 산소흡수기과정에 생성분비되는 여러가지 산들이 식물에 리용될수 있는 가용성린을 늘일수 있게 하는 중요한 예비의 하나로 된다는것을 의미한다.

물을 댄 논토양에서 난용성린의 가용화상태를 조사한 자료를 표 4에 제시하였다.

표 4. 논토양에서 난용성린의 가용화상태

구분	가용성린함량(P ₂ O ₅) /($\text{mg} \cdot 10^{-2} \text{g}^{-1}$)	증가량/($\text{mg} \cdot 10^{-2} \text{g}^{-1}$)		증가률/%	
		초기시료	자연발효시료	초기시료	자연발효시료
초기시료	1.18	—	—	100.0	—
자연발효시료	1.28	0.10	—	108.5	100.0
<i>Ser. marcescens</i> -828접종	1.99	0.81	0.71	168.6	155.5
<i>Bac. macerans</i> -827접종	2.16	0.98	0.88	183.1	168.8
혼합접종	2.32	1.14	1.04	195.8	181.3

고풍화층논토양(송신농장), 종균접종량 2%, 25℃, 담수조건, 배양 2주일; 가용성린분석: 염산침출—몰리브덴청비색법

표 4에서 알수 있는바와 같이 토착세균에 의한 자연발효조건에서보다 접종세균에 의한 접종발효조건에서 린의 가용화가 1.8배이상으로 훨씬 세게 일어난다. 이때 2주일동안에 가용화되는 린의 양은 혼합접종발효조건에서 초기시료에 비해 100g당 1mg이상(1.9배이상)으로 뚜렷하게 많아졌다. 이것은 혐기적습수기조건에서 《린회토분해균》이 수소발효체로서 피막산화철의 산소를 리용하면서 그것을 환원시키는것과 관련된다고 볼수 있다.

논토양조건에서 *Ser. marcescens*-828과 *Bac. macerans*-827의 산화철피막해체능력을 조사한 결과는 표 5와 같다.

표 5. 논토양에서 결정형철함량의 변화

구분	결정형철함량 (Fe ₂ O ₃)/%	감소량(Fe ₂ O ₃)/(mg·10 ⁻² g ⁻¹)	
		초기시료에 비한	자연발효 시료에 비한
초기시료	5.190	—	—
자연발효시료	5.184	6.6	—
<i>Ser. marcescens</i> -828접종	5.121	69.0	63.0
<i>Bac. macerans</i> -827접종	5.113	77.0	71.0
혼합접종	5.118	72.0	66.0

고풍화층논토양(송신농장), 종균접종량 2%, 25℃, 담수조건, 배양 2 주일; 가용형철분석: 0.05mol/L 류산침출-니트로조R염색법

졌다. 이러한 연구자료는 《린회토분해균》을 접종한 논토양에서 일어나는 가용성린함량의 증가가 산화철피막과 같은 산화-결정화도(산화-안정화도)가 높은 결정형산화철의 환원가용화와 밀접히 관련되어있다는것을 보여준다. 논토양에서 접종세균들에 의한 가용성린함량의 증가현상은 활성지력(특히 린에 대한)을 높이고 논벼의 린영양에 좋은 영향을 미치며 논벼의 소출을 늘이는 작용을 할수 있다고 볼수 있다.

한편 《린회토분해균》들인 *Ser. marcescens*-828과 *Bac. macerans*-827은 킬레트화능력이 매우 센 글루콘산과 그밖에 레몬산을 비롯한 여러가지 유기산들을 생성분비[4]하여 발토양들에서 난용성린을 가용화시키는 작용을 한다.(표 6)

표 6에서 보는바와 같이 2주일동안에 접종세균에 의하여 가용화되는 린의 량은 초기시료에 비해 7%이상 더 많아졌다.

이와 같이 《린회토분해균》은 결정형철결합태린화합물과 같은 비가용성린의 가용화능력을 가지고있고 성장과정에 유기산을 생성분비하는것으로 하여 논토양과 발토양의 난용성린을 가용화시킬수 있는 미생물비료로 리용할수 있다고 볼수 있다.

표 6. 《린회토분해균》에 의한 발토양의 가용성린함량변화

구분	가용성린 함량(P ₂ O ₅)	가용성린 증가량(P ₂ O ₅)	증가률 /%
	/(mg·10 ⁻² g ⁻¹)		
무접종(대조)	1.84	—	100
<i>Ser. marcescens</i> -828접종	2.00	0.16	108.7
<i>Bac. macerans</i> -827접종	1.97	0.13	107.1
혼합균접종	2.03	0.19	110.3

* 고풍화층발토양(평양시 사동구역 송신농장), 종균접종량 2%, 25℃ 조건에서 2주일 배양, LSD(0.05)=0.10

맺 는 말

1) 《린회토분해균》들은 무기태린화합물들에 대한 용해활성이 높으므로 《린회토분해균》의 액체배양 및 고체배양과정에 린회토의 가용성린함량은 1.5배로 증가하고 가용성칼리움, 마그네시움, 규소함량은 1.5~2.0배로 많아진다.

2) 논토양에서 토착세균에 의한 자연발효조건에서보다 《린회토분해균》에 의한 접종발효조건에서 린의 가용화가 1.8배이상으로 훨씬 세게 일어나 2주일동안에 가용화되는 린의 량이 초기시료에 비해 100g당 1mg이상으로 뚜렷하게 많아진다. 이것은 결정형철로부터 가용화되는 철의 량이 훨씬 많아지는것과 관련된다고 볼수 있다.

3) 발토양에서 접종한 《린회토분해균》에 의하여 2주일동안에 가용화되는 린의 량은 초기시료에 비해 7%이상 더 많아진다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 52, 2, 115, 주체95(2006).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 50, 1, 137, 주체93(2004).
- [3] 김일성종합대학학보(자연과학), 58, 9, 146, 주체101(2012).
- [4] 김일성종합대학학보(자연과학), 60, 8, 102, 주체103(2014).
- [5] 김일성종합대학학보(자연과학), 58, 5, 148, 주체101(2012).
- [6] 리재모 등; 전국대학교원과학토론회논문집(생물, 화학, 지리), 김일성종합대학출판사, 108~110, 주체94(2005).
- [7] 리홍렬 등; 토양학전공실험, 김일성종합대학출판사, 59~62, 72~73, 160~164, 주체97(2008).
- [8] 리진옥 등; 생물학, 4, 17, 주체101(2012).
- [9] 리재모; 기술혁신, 1, 7, 주체97(2008).
- [10] 허장춘; 농업과학기술, 12, 32, 1996.
- [11] F. Selles et al.; Soil Soc. Am. J., 59, 140, 1995.
- [12] A. C. Gaur: Phosphate Solubilizing Microorganisms as Biofertilizer, Omega Science Publishing, 142~147, 1990.
- [13] H. W. Casullo de Araújo et al.; Molecules, 15, 6931, 2010.

주체105(2016)년 5월 5일 원고접수

Some Material Solubilizing Properties of “Phosphorus Solubilizing Bacteria”

So Myong Chol, Ri Jae Mo and Kim Si Chun

Some material solubilizing properties of phosphorus solubilizing bacteria were revealed for the scientific basis of effect of bacterial fertilizer.

The decomposition activity of the strains (*Serratia marcescens*-828 and *Bacillus macerans*-827) for organic compounds is high, especially the activities of phosphatase and phytase indicating the decomposition activity of organic phosphorous compound are several times higher than some other bacteria using as microbial fertilizer. And when phosphorus solubilizing bacteria is incubated as liquid or solid state, the content of available phosphorus, potassium, magnesium and silica in weathered phosphate increase 1.5~2.0 times because of its high solubilizing activity for inorganic phosphorous compounds.

In paddy soil, the availability of phosphorus is 1.8 times higher in fermentation inoculated with the strain than in natural fermentation by native bacteria and thus the increment of available phosphorus during 2 weeks is more than 1mg/100g compared with the original. It is due to the striking increase of iron amount solubilizing from crystal iron.

In dry field soil, the amount of phosphorus solubilized by inoculated strain during 2 weeks is more than 7 % when compared with the original.

Key words: *Serratia marcescens*, *Bacillus macerans*, phosphorus solubilizing bacteria, soil phosphorus