식물병연구
Res. Plant Dis. 11(1) : 66-71 (2005)

Research in Plant Disease
©The Korean Society of Plant Pathology

생물제제(BCA) 후보균주인 *Streptomyces* sp. A020645의 대량 균체생산 및 황더뎅이병 활성증진을 위한 고체배지 조성에 관한 연구

이향범 · 노효영[1] · 박동진[1] · 이소금[1,2] · 고영환[2] · 고정삼[3] · 김창진[1]*
서울대학교 생명과학부, [1]한국생명공학연구원 바이오신약연구부, [2]제주대학교 식품공학과,
[3]제주대학교 농업생명과학대학

Study on Medium Ingredient Composition for Enhancing Biomass Production and Anti-potato Common Scab Activity of *Streptomyces* sp. A020645 as a BCA Candidate

Hyang Burm Lee, Hyo-Young Roh[1], Dong-Jin Park[1], So-Keum Lee[1,2], Young Hwan Ko[2], Jeong-Sam Koh[3] and Chang-Jin Kim[1]*

School of Biological Sciences, Seoul National University, Kwanak-gu, Seoul 151-747, Korea
[1]Div. of Drug Discovery, Korea Research Institute of Bioscience & Biotechnology, Yusong, Daejeon 305-600, Korea
[2]Dept. of Food Science and Engineering, Cheju National University, Ara 1-Dong, Jeju 690-756, Korea
[3]College of Agricultural and Life Science, Cheju National University, Ara 1-Dong, Jeju 690-756, Korea
(Received on December 18, 2004)

The effect of medium components such as wheat bran, rice bran, oat meal, and soybean meal as basic ingredients and KH_2PO_4, glucose, and molasses as additives on mass production and anti-potato common scab activity of a streptomycete A020645 strain as a biocontrol agent (BCA) candidate was investigated. Of basic ingredients, oat meal was the best one for mass poduction and enhancement of anti-potato common scab activity. The biomass production of the active strain was more enhanced when 0.1-0.01.% glucose or molasses as additive were added into the basic medium. These information may have important implications in applying for effective formulation of BCA.

Keywords **: Additive, Basic ingredient, Potato common scab, *Streptomyces* sp. A020645**

우리나라에서 감자에 발생하는 병은 16종이며 이중 무름병, 역병과 함께 더뎅이병이 주요 병으로 보고되었다(홍 등, 2000). 특히, 최근 수년동안 대지품종을 씨감자로 사용하는 제주도 지역에서는 심한 경우 90%의 발병율을 기록한 바 있다(농림부, 2000). 감자 더뎅이병을 일으키는 병원균들은 *Streptomyces scabiei*(=*Streptomyces scabies*), *S. acidiscabies*, *S. turgidiscabies* 등 다양하나 이들 중 *Streptomyces scabiei*가 가장 널리 퍼져 있는 주요 병원균이다(Loria 등, 1997; Bouchek-Mechiche, 2000). 특히, 이 병은 주로 괴경의 코르크층을 형성하는 병으로 감자의 수량 감소보다는 상품가치를 저하시킨다(Hooker, 1981). 감자더뎅이병은 토양병으로 토양내 분포가 광범위하고 잔류기간이 길어 경종적 방제법만으로는 방제가 어렵고, 공시된 약제가 거의 없는 실정이다(Agrios, 1997). 이 병은 특히, 우리나라에서는 더뎅이병원균에 감수성으로 알려진 대지품종이 2기작이 가능하다는 이유로 많이 경작되고 있으며, 현재 대지 품종을 대체할 수 있는 품종도 보급되어 있지 않은 실정이어서 그 피해도 막대한 실정이다.

화학비료나 농약이 다량으로 사용되어지던 예전의 농업에 비해, 오늘날의 농업은 유기농업에 대한 관심이 높아짐에 따라 미생물을 이용한 생물농약의 개발에도 관심이 높아지고 있다. 생물농약은 환경친화적인 작물보호제로서의 역할 뿐만 아니라, 합성농약을 대신하거나 합성농

*Corresponding author
Phone) +82-42-860-4595, Fax) +82-42-860-4332
E-mail) changjin@kribb.re.kr

약으로 방제하기 어려운 병을 효과적으로 방제하여 작물의 생산량을 증대시킴과 동시에 합성농약의 문제점인 생태계 교란, 토양 및 지하수 오염, 잔류 독성 등의 문제점을 해결할 수 있는 방안으로 부각되고 있다. 외국에서는 더뎅이병 억제토양으로부터 다양한 길항 미생물을 분리하여 포장에 적용하고 있으며, 비병원성 *Streptomyces*의 길항력을 이용한 더뎅이병방제제 개발을 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다(Menzies, 1959; Weinhold와 Bowman, 1968; Liu 등, 1995; Liu 등, 1996; Paulsrud, 1996; Schottel, 2001). 한편, 국내에서는 더뎅이병균의 방제를 위한 화학적, 재배적, 생물학적 방제법 개발을 위한 연구가 이루어지고 있으나 아직 미흡한 편이다(홍, 2001; 박 등, 2002; Lee 등, 2004a; Lee 등, 2004b). 최근, 감자더뎅이병에 대해 길항작용이 우수한 균주로 선발된 *Streptomyces* sp. A020645를 미생물 제제로 개발하기 위한 다양한 배양적 연구(Lee 등, 2004a; Lee 등, 2004b)가 진행되고 있으나 아직 실용화 단계에 이르지 못한 상태이다.

일반적으로 미생물의 생육 및 항균능력 등은 생물적 및 미생물적 환경요인에 따라 달라지는데(Ho와 Ko, 1986) 특히, 생물제제를 개발하는 단계에서 포자 및 균체 대량생산이 매우 중요하다. 뿐만 아니라 생물제제의 제형화를 위한 효과적인 균배양체의 확보가 필수적인 것이다. 이러한 관점에서 쌀겨, 밀기울, 오트밀 등 다양한 농업부산물을 효과적으로 활용하여 고체배양원료로 사용하여 미생물제제화 하기 위한 연구는 산업적으로 매우 중요하다. 따라서 본 연구는 현재 한국생명공학연구원에서 선행연구로 이미 감자더뎅이병 방제효과가 입증된 바 있는 A020645 방선균 균주를 대상으로 기본배지 및 첨가제의 조성을 달리하여 배양한 후 대량생산을 위한 최적의 고체배양 조건을 탐색하고, 또한 항더뎅이병 활성증진을 위한 고체배지 조성을 알아보고자 실시하였다.

재료 및 방법

균주. 다양한 국내 토양시료로부터 7,000여 방선균 균주를 희석평판배양법으로 분리하였다. 더뎅이병원균인 *Streptomyces scabiei*에 대한 항균활성을 검정한 결과 높은 활성을 보여 BCA 후보균주로 선발된 A020645 균주를 선택하여 본 실험에 사용하였다. 감자더뎅이병 활성검정에 사용된 병원성 균주는 *Streptomyces scabiei*(=*S. scabies*) DSMZ40962 및 *S. turgidiscabies* S-27(병원성, 국내균주)이었다. 활성균주의 동정은 International Streptomyces Project (ISP) 기준 및 16S rRNA 유전자 sequence 분석에 기초하여 이루어 졌다. 공시균주들은 동결건조하거나 20% glycerol stock 방법으로 보존하면서 본 실험에 사용하였다.

배지의 조성 및 배양. 방선균의 분리와 보존을 위한 배지로는 각각 Humic acid-vitamin agar(HV 배지)와 Bennett's agar(B 배지)를 사용하였다. HV 배지(g/*l*)는 humic acid(0.2 N NaOH에 용해), 1.0; Na_2HPO_4, 0.5; KCl, 1.7; $MgSO_47H_2O$, 0.05; $FeSO_47H_2O$, 0.01; $CaCO_3$, 0.02; agar, 20; 각 thiamine-HCl, riboflavin, niacin, pyridoxin-HCl, inositol, Ca-pantothenate, amino benzoic acid, 0.5 mg 및 biotin, 0.25 mg; cycloheximide 50 mg; nalidixic acid, 10 mg(살균전 pH 7.2 조정)이었다. B배지(g/*l*)는 glucose, 10; yeast extract, 1; Bacto-peptone, 2; beef extract, 1; agar, vitamin 및 antibiotics(HV 배지와 동량)이었다. 또한 접종을 위한 방선균 균주의 전배양을 위한 배지조성은 다음과 같다. 100 m*l* 플라스크에 수용성전분, 10; glucose, 20; soybean meal, 25; beef extract, 1; yeast extract, 4; NaCl, 2; K_2HPO_4, 0.25; $CaCO_3$ 2(g/*l*)와 같다. 길항미생물을 이용한 제제개발을 위한 최적 배지배합 조건에 관한 시험으로 수분 50%, 주성분으로 밀기울, 오트밀, 쌀겨, 대두박을 각각 50%의 비로 혼합 제조하고 121°C, 1기압의 조건에서 15분간 멸균처리한 후 무균상태에서 길항균을 10% 비로 접종하고 28°C 항온실에서 정치 배양하였다. 배지배합으로 수분 50%, 주성분 50%의 배지를 혼합 제조하고 전체 배지 100%에 대하여 KH_2PO_4 2%, 포도당 0.01%, 0.05%, 0.1%, 당밀 0.01%, 0.05%, 0.1%를 각각 배지에 넣고 이하 실험방법은 기본배지 조제의 경우와 동일한 조건으로 시험을 실시하였다.

시약 및 원료. 본 실험에 사용된 시약 중 배지조제용 시약인 경우, beef extract, yeast extract는 Difco사 제품을, NaCl, K_2HPO_4, KH_2PO_4, $CaCO_3$, 그리고, sodium hydroxide는 Junsei Chem.(Japan)사의 특급시약을, bacto peptone은 BD사의 제품을, glucose는 (주)신동방의 함수결정포도당을 사용하였으며, 밀겨, 쌀겨, 오트밀, 대두박 등 기본배지와 당밀은 생명연에서 직접 조제한 제품을 사용하였다. 그리고 hydrochloric acid는 Yakuri Pure Chem.(Japan)사의 특급시약을 각각 사용하였다. HPLC용 MeOH은 국내산 공업용 시약(삼전순약제품)을 정제하여 사용하였고, 증류수는 18 MΩ 이상의 3차 증류수를 사용하였다.

***In vitro* 항균활성 검정.** 감자더뎅이병원균(*S. scabiei*)의 고체배양체로부터 loop를 이용하여 소량의 균체를 떼어 stock solution(1 m*l*)을 만들어 Bennett's agar 배지 분주전에 넣고 잘 흔들어 분주하여 활성검정용 배지로 사용하였다. 항균활성은 액체배양체 및 고체배양체를 이용하여 paper disc(8 mm, Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Japan)

및 획선접종(streak-inoculation) 법으로 *S. scabiei* 및 *S. turgidiscabies*균을 대상으로 실시하였다. 액체배양체는 paper disc에 처리한 후 약 1시간 동안 50°C에서 건조시킨 후 사용하였으며, 고체배양체의 항균활성은 획선접종을 통하여 조사하였으며 병원균에 대한 저지환(단위: mm)의 크기를 통해 활성수준을 확인하였다.

고체배양 후 생균수 측정. 상기에서와 같이 조성된 배지에 무균상태에서 *Streptomyces* sp. A020645를 1×10^4의 농도로 접종하고 28°C의 항온실에서 10~30일간 정치 배양하였다. 최종 30일간 배양 후 각각의 고체배지에서 1 g씩 취하여 9 m*l*의 멸균증류수에 넣어 10^3, 10^4, 10^5, 10^6배까지 희석하여 Bennett's agar 배지에 도말하고 28°C에서 4일간 배양한 후 형성된 colony를 통해 생균수(CFU, colony forming unit)를 측정하였다.

균배양체별 항더뎅이병 활성검정. 고체배지(오트밀, 쌀겨, 밀기울, 대두박)에 각각 첨가물이 다른 성분을 첨가하여 만든 배지에 *Streptomyces* sp. A020645 균주의 전배양체의 포자농도를 1×10^4 농도로 접종하여 28°C에서 20일 배양한 후, 각각의 고체배지에서 0.1 g씩 취하고 0.5 m*l*의 멸균증류수를 넣어 고체배지가 잘 풀리도록 교반하고 3000 rpm에서 10분 동안 원심분리한 후 상층액 50 μ*l*를 paper disc(직경, 8 mm)에 올려놓고 건조기에 1시간 방치하였다. 본 시험에 사용한 균주는 감자더뎅이병원균인 *Streptomyces scabiei*(S-67)로 이를 첨가한 벤넷한천 배지 위에 paper disc를 올려놓고, 28°C에서 4일간 배양한 후 저지환(mm, 직경)을 측정하여 감자 더뎅이병원균에 대한 항균활성 수준을 평가하였다.

결 과

활성균주의 특성. *Streptomyces* sp. A020645 균주의 감자더뎅이병원균(*S. scabiei* 및 *S. turgidiscabies*)에 대한 항균활성 검정결과 *S. scabiei* 및 *S. turgidiscabies* 균주에 따라 활성에 있어 약간의 차이를 나타내지만 주요 더뎅이병원균인 *S. scabiei*에 대해 더 높은 활성을 갖는 것으로 나타났다(Table 1). 이들 균주의 dazomet 및 mancozeb 등에 대한 약제저항성 수준을 알아본 결과 본 균주는 높은 저항성을 나타냈다. 한편, *in vitro* 활성 이외에도 *in vivo* pot 조건에서의 방제력을 조사한 결과 높은 방제능(방제지수 65%)을 나타냈는바 (Lee 등, 2004a; Lee 등, 2004b), 이는 생물제제의 특성상 기존 화학약제와 비교하여 60% 이상의 방제수준이 양호한 방제효과로 판단하는 것을 감안하면 높은 항균활성으로 판단된다. 따라서 항균활성물질 및 균체를 모두 이용하는 생물제제화를 위한 배양적 특성을 연구하는 것은 매우 중요한 것이다.

고체배양에서의 균체생성. 기본배지 및 첨가제의 조성을 달리하여 균체 생성을 조사한 결과는 Fig. 1, 2에 나타난 바와 같이, *Streptomyces* sp. A020645 균주의 경우 오트밀배지를 주성분으로 하고 glucose 0.1~0.01%, 당밀 0.1~0.01% 첨가배지에서 포자생성이 매우 양호하였다. 그 외에도 KH_2PO_4 2%를 첨가한 경우와 포도당과 당밀의 농도를 달리하였을 경우도 양호한 균체생성을 확인하였다. 이러한 고체배지상에서의 균체 생성실험은 10~30일간 고체배양을 실시한 후 배양체로로부터 시료를 일정량 취하여 생균수를 측정하는 방법으로 제제화를 위한 생물제제원 생산이라는 점에서 매우 중요하다. 그러나 균체 대량생산은 이들의 항균활성 능력과는 별개의 것으로 생물제제의 제형, 운반, 보존성에 따른 제제의 안정성 차원에 대한 연구도 병행되어야 할 것으로 생각된다.

고체배양체의 항균활성. *Streptomyces* sp. A020645 균주의 배지조성별 항더뎅이병원균에 대한 활성을 조사한 결과 Fig. 3에서 보는 바와 같이 균체(포자) 생성과는 차이를 보였으며 오트밀 또는 밀기울 배지를 주성분으로 배양할 경우 높은 감자 더뎅이병원균에 대한 항균활성이 본래의 항균활성 수준보다 높거나 비슷한 수준을 나타냄을 알 수 있었으며 쌀겨 배지는 보통의 항균활성을 나타냈다. 그러나 대두박을 주성분으로 할 경우 낮은 항균활성을 나타냈다. 특히, 오트밀 및 쌀겨 배지를 주성분으로 사용할 경우 glucose 0.1~0.01%, 당밀 0.1% 첨가 조건에서 가장 높은 항균활성을 나타냈다.

Table 1. Characteristics of an active actinomycete strain, A020645 (Lee 등, 2004a)

Isolate	Resistance to pesticides[a] (ppm)		Antagonistic activity[b] (*in vitro*)		Control index[c] (*in vivo* pot)
	Dazomet	Mancozeb	*S. scabiei*	*S. turgidiscabies*	
A020645	>5,000	>5,000	+++	++	65

[a]Inhibition zone (diameter, mm) was measured by paper disc method 5 days after treatment (+, ≤10; ++, 11-15; +++, 16-20, ++++, 21-25).
[b]Control index *in vivo* (1, very low; 6-8, high; 9-10, very high).
[c]Control index was evaluated by the following mean percent score of inhibition based on the number of scab and lesion area formed on tuber (cultivar., Daejima) in pots 4 months after treatment.

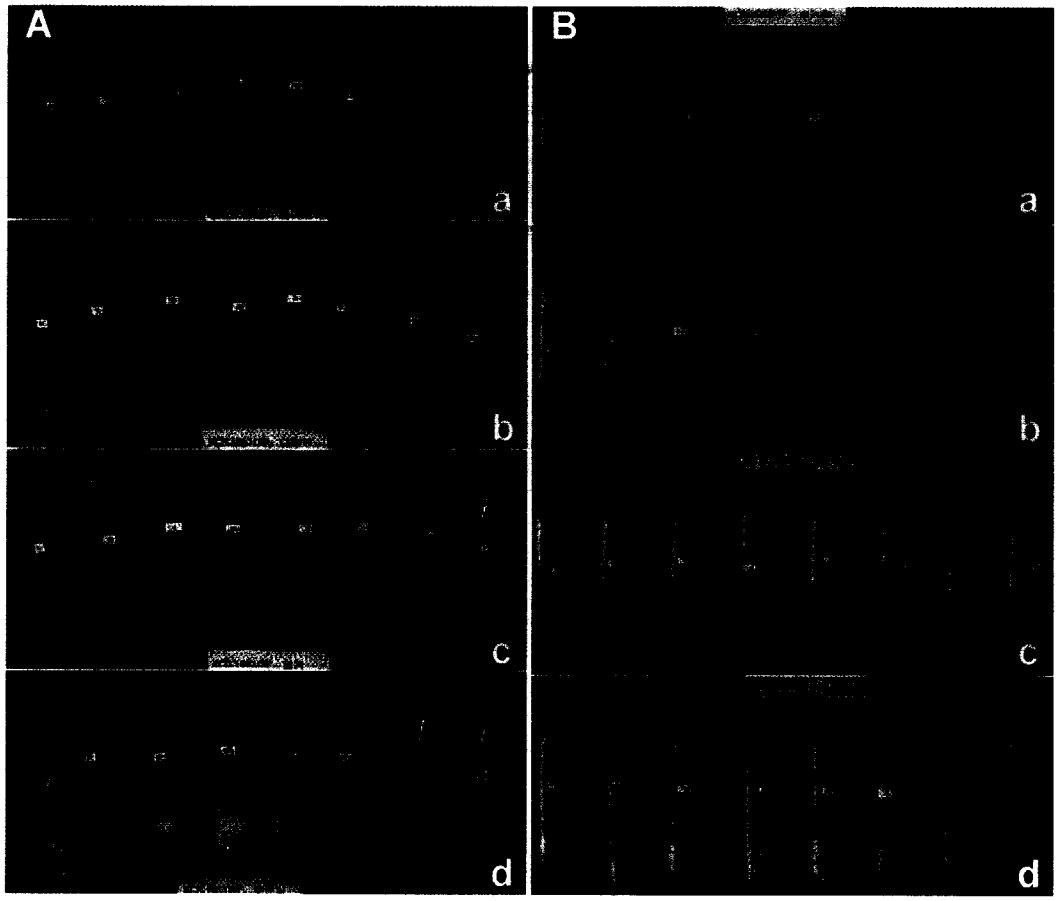

Fig. 1. Effect of basic ingredients on biomass production. **A**: 10 days after inoculation, **B**: 30 days after inoculation. **a**, wheat bran; **b**, soybean meal, **c**, rice bran, **d**, oat meal (control, KH_2PO_4 2%, glucose 0.01%, glucose 0.05%, glucose 0.1%, molasses 0.01%, molasses 0.05%, molasses 0.1% as additives from left).

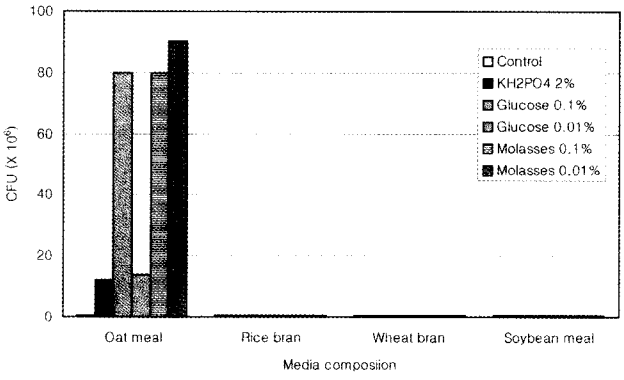

Fig. 2. Effect of basic ingredients and additives on biomass production. The viable cells were counted 30 days after inoculation (control, KH_2PO_4 2%, glucose 0.01%, glucose 0.1%, molasses 0.01%, molasses 0.1% as additives).

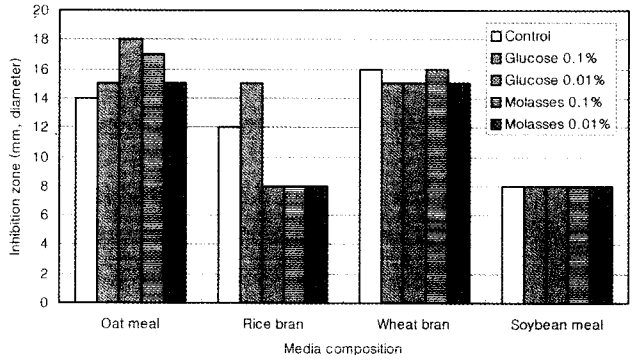

Fig. 3. Effect of basic ingredients and additives on anti-*Streptomyces scabiei*. The anti-potato scab activity was evaluated using streptomycete cultures harvested 30 days after inoculation (control, glucose 0.01%, glucose 0.1%, molasses 0.01%, molasses 0.1% as additives).

고 찰

본 연구는 더뎅이 병원균인 *Streptomyces scabiei*와 유사속인 방선균 균주를 대상으로 감자 더뎅이병원균에 대한 *in vitro* 항균활성을 검정하고, 여기에서 선발된 균주의 약제내성 수준 및 *in vivo* pot 활성을 종합적으로 분

석하여 BCA제로서의 개발가능성이 입증된 균을 대상으로 쌀겨, 오트밀, 대두박, 밀겨 등을 소재로 고체배양상에서의 대량균체 생성 및 항생물질 생성능을 조사하기 위하여 실시하였다. 따라서 본 활성 균주들의 특성은 더뎅이병원균에 대한 활성은 물론 약제 내성에 대한 수준이 이미 평가된바 dazomet 및 mancozeb와 같이 감자 재배 포장에서 사용중인 농약과 neomycin, streptomycin 등 몇 가지 농용항생제에 대해서도 저항성을 갖는 균주이다. 이와같이 현재 감자 재배포장에서 사용중인 농약이나 사용가능성이 있는 항생물질에 대해 높은 내성을 나타내는 균주는 기존 농약과의 혼용 가능성이 있을 뿐만 아니라, 토양잔류 농약이나 이웃 농가포장으로부터 침투에 의한 활성 저하를 미연에 방지하며, 나아가 차후 포장에서 처리한 후에 처리 균주의 궤적을 추적하는 데에도 유리하기 때문에 BCA 개발시 유리하다고 하겠다(Lee 등, 2004a). 감자더뎅이병은 토양병으로 토양내 분포가 광범위하고 잔류기간이 길어 경종적 방제법만으로는 방제가 어렵고, 공시된 약제가 거의 없는 실정이다. 따라서 무병종자를 사용하거나 pentachloronitrobenzene(PCNB) 또는 maneb-zinc dust가 일반적으로 사용되고 있고, mancozeb이 감자 종서 표면처리제로서, 그리고 토양훈증제인 dazomet가 더뎅이병 방제를 위한 토양소독제로 사용되어지고 있다(Hong 등, 2004). 본 연구는 BCA 후보균주로 선발된 A020645 균주의 다양한 제형에 따른 활성을 비교하고 이들의 토양에서의 정착력 및 길항력 향상을 통한 실용화를 위해 일차로 기본 고체배지조성에 대한 정보가 중요하게 활용될 수 있을 것으로 생각되어 실시하였다. 본 연구에서는 *Streptomyces* 속 균의 대량 배양 및 항더뎅이병 활성검정을 위한 고체 배지 조성으로는 특정량의 쌀겨, 오트밀, 밀기울, 대두박을 주성분으로, KH_2PO_4, 포도당 및 당밀을 보조제로 이용하였는데 그 이유는 대량배양을 위한 이들 기질의 구매가 및 구매의 용이성, 주요 균생육을 위한 영양성분함유 등 여러 가지 요인에 근거한다. 그러나 배양적 특성은 균에 따라 다양하며 특히 기질의 종류에 따라 균체, 포자생성 및 항더뎅이병 활성물질 생산 정도 등이 달라질 수 있다. 본 연구에서도 다른 활성균주인 *Streptomyces* A01032 균주의 배지조성별 감자 더뎅이병원균에 대한 항균활성을 비교 조사한 결과 본균의 균체생성(포자생성)과 비교할때 오트밀배지를 기본배지로 사용할 경우 비슷한 경향을 보였으나 KH_2PO_4를 2% 첨가한 배지조건에서 가장 높아 균주간 이용성에 있어서 차이가 있음을 알 수 있었다(결과 미제시). *Streptomyces* sp. A020645 균주는 이전의 연구에서 현재 사용되고 있는 dazomet 및 mancozeb 등에 대해 5,000 ppm 이상에서 저항성을 나타내 기존의 화학방제를 병행하여야 하는 종합방제 전략에서 유용한 생물제제원으로서 갖추어야 하는 포장에서 높은 생존력을 갖는다(Lee 등, 2004a). 따라서 본 연구는 감자 더뎅이병원균에 대해 고도의 활성을 갖는 A020645 균주에 대한 최적의 고체배양 및 항더뎅이병 활성증진 배지조성 조건을 검토함으로써 선발된 배지조성에 의해 대량배양이 가능하기 때문에 이 균주를 감자 더뎅이병 방제 효과가 우수하며, 그 효과가 지속적이고, 환경친화적인 감자 더뎅이병 방제용 생물제제(biocontrol agent) 개발을 위한 기초자료로서 유용하게 활용될 수 있으리라 생각된다.

요 약

본 연구는 감자 더뎅이병원균에 대한 항균활성을 갖는 *Streptomyces* sp. A020645 균주를 대상으로 최적의 고체배양 및 항더뎅이병 활성증진 배지조성 조건을 검토하고자 실시하였다. 본 실험에 사용한 배지의 조성을 보면 밀기울, 쌀겨, 오트밀, 대두박을 기본 성분으로, 그리고 KH_2PO_4, 포도당, 당밀을 첨가물로 사용하였다. 연구결과 포자생성은 오트밀배지를 주성분으로 하고 glucose 0.1~0.01%, 당밀 0.1~0.01% 첨가배지에서 포자생성이 매우 양호하였다. 그 외에도 KH_2PO_4 2%를 첨가한 경우와 포도당과 당밀의 농도를 달리하였을 경우도 양호한 균체생성을 확인하였다. *Streptomyces* sp. A020645 균주의 배지조성별 항더뎅이병원균에 대한 활성을 조사한 결과 오트밀 및 쌀겨 배지를 주성분으로 사용할 경우 glucose 0.1~0.01%, 당밀 0.1% 첨가 조건에서 가장 높은 항균활성을 나타냈다. 이러한 연구결과는 생물제제 제형개발을 위한 기초자료로서 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 제주도가 지원하는 제주생물자원공동연구개발사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

Agrios, G. N. 1997. Common scab of potato. In: *Plant Pathology* (4th ed.), pp. 449-451. Academic Press, CA, USA.

Archuleta, J. G. and Easton, G. D. 1981. The cause of deep-pitted scab of potatoes. *Am. Potato J.* 58: 385-392.

Bouchek-Mechiche, K., Gardan, L., Normand, P. and Jouan, B. 2000. DNA relatedness among strains of *Streptomyces* pathogenic to potato in France: description of three new species, *S. europaeiscabiei* sp. nov. and *S. stelliscabiei* sp. nov.

associated with common scab, and *S. reticuliscabiei* sp. nov. associated with netted scab. *Int. J. Evol. Microbiol.* 50: 91-99.

Ho, W. C. and Ko, W. H. 1986. Microbiostasis by nutrient deficiency shown in natural and synthetic soils. *J. Gen. Microbiol.* 132: 2807-2815.

Hong, S. Y., Kang, Y. K. and Hahm, Y. I. 2004. Effect of soil and tuber disinfection on potato common scab (*S. scabies*) in Jeju field condition. *Research in Plant Disease* 10: 138-141.

Hooker, W. J. 1981. Common scab. In: *Compendium of Potato Diseases*, ed by W. J. Hooker, pp. 33-34. APS Press, St. Paul, MN.

Kim, J. H. and Lee, W. H. 1996. Characterization of potato common scab pathogens from continuous cropping fields in Korea. *Kor. J. Plant Pathol.* 12: 109-115.

Kim, J. S., Park, D. H., Choi, Y. C., Lim, C. K., Hong, S. Y., Lee, S. D., Hahm, Y. I. and Cho, W. D. 1998. Potato scab caused by *Streptomyces acidiscabies*. *Kor. J. Plant Pathol.* 14: 689-692.

Kim, J. S., Park, D. H., Lim, C. K., Choi, Y. C., Hahm, Y. I. and Cho, W. D. 1998. Potato common scab by *Streptomyces turgidiscabies*. *Kor. J. Plant Pathol.* 14: 551-554.

Lee, H. B., Cho, J. -W., Lim, C. H. and Kim, C. -J. 2004b. Screening of antagonistic actinomycetes for potato scab control and isolation of antibiotic compound. *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* 47: 164-169.

Lee, H. B., Cho, J. -W., Park, D. J., Li, C. -T., Ko, Y. H., Song, J. -H., Koh, J. -S., Kim, B. -J. and Kim, C. -J. 2004a. *In vivo* Screening for bioactive strains against potato common Scab and their sensitivities to some antibiotics. *Plant Pathol. J.* 20: 107-110.

Liu, D., Anderson, N. A. and Kinkel, L. L. 1995. Biological control of potato scab in the field with antagonistic *Streptomyces scabies*. *Phytopathology* 85: 827-832.

Liu, D., Anderson, N. A. and Kinkel, L. L. 1996. Selection and characterization of strains of *Streptomyces* suppressive to the potato scab pathogen. *Can. J. Microbiol.* 42: 487-502.

Loria, R., Bukhalid, R. A., Fry, B. A. and King, R. R. 1997. Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. *Plant Dis.* 81: 836-846.

Loria, R. and Kempter, B. A. 1986. Relative resistance of potato tubers produced from stem cuttings and seed-piece-propagated plants to *Streptomyces scabies*. *Plant Dis.* 70: 1146-1148.

McKenna, F., El-Tarabily, K. A., Hardy, G. E. ST. J. and Dell, B. 2001. Novel *in vivo* use of a polyvalent *Streptomyces* phage to disinfest *Streptomyces scabies*-infected seed potatoes. *Plant Pathol.* 50: 666-675.

Menzies, J. D. 1959. Occurrence and transfer of a biological factor in soil that suppresses potato scab. *Phytopathology.* 49: 648-653.

Miyajima, K., Tanaka, F., Takeuchi, T. and Kuninaga, S. 1998. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 48: 495-502.

Overdahl, C. J. 1982. Effect of lime in irrigation water on potatoes. Soils Fact Sheet No. 35, Univ. Minn. Agr. Ext. Serv.

Park, D. H., Kim, J. S., Cho, J. M., Kwon, S. O., Hur, J. H. and Lim, C. K. 2002. Characterization of *Streptomyces* of potato scab in Korea: Distribution, Taxonomy, and Pathogenicity. Proceedings of the 5thSymposium on Molecular Plant-Microbe Interactions, pp. 58-70. KRIBB, Korea.

Park, Y. B., Yiem, M. S. and Cho, J. L. 2002. Development of integrated control system based on fertilizer, mulching, crop rotation, pH control on potato common scab (*Streptomyces scabies*) of 'Dejima' potatoes. *J. Kor. Soc. Hort. Science.* 143: 710-715.

Park, Y. B., Kang, H. J. Been, C. G., Choi, Y. H. and Choi, Y. W. 2002. Chemical control of potato common scab (*Streptomyces scabies*). *Kor. J. Hort. Science. & Tech.* 20: 319-324.

Paulsrud, B. E. 1996. Characterization of antagonistic *Streptomyces* spp. from potato scab-suppressive soils and evaluation of their biocontrol potential against potato and non-potato pathogens. M.S. thesis, Univ. of Minnesota, St. Paul, MN.

Scholte, K. and Labryere, R. E. 1985. Netted scab: A new name for an old disease in Europe. *Potato Res.* 28: 443-448.

Schottel, J. L., Shimizu, S. and Kinkel, L. 2001. Relationships of *in vitro* pathogen inhibition and soil colonization to potato scab biocontrol by antagonistic *Streptomyces* spp. *Biol. Control* 20: 102-112.

Schroth, M. N., Thomson, S. V. and Weinhold, A. R. 1979. Behavior of plant pathogenic bacteria in rhizosphere and non-rhizosphere soils. In: *Ecology of root pathogens*, ed. by S. V. Krupa and Y. R. Dommergues, pp. 129-138. Elsevier, New York.

Takeuchi, T., Sawada, H., tanaka, F. and Matsuda, I. 1996. Phylogenetic analysis of *Streptomyces* spp. causing potato scab based on 16S rRNA sequences. *Int. J. Syst. Bacterial.* 46: 476-479.

Weinhold, A. R. and Bowman, T. 1968. Selective inhibition of the potato scab pathogen by antagonistic bacteria and substrate influence on antibiotic production. *Plant Soil.* XXVIII: 12-24.

농림부. 2000. 감자더뎅이병의 종합적 방제기술. 농림기술개발사업 연구보고서.

김석만. 2000. 최근 주요작물 재배면적 변화와 앞으로의 전망과 과제. 새로운 제주 농업 45: 29-32.

홍순영, 감상훈, 송정흡, 이광석, 진석천, 허태현, 임성언, 김영휘. 2000. 주요 농작물 병해종류조사. 제주농업시험연구보고서. 389-403.