

배양조건에 따른 붉은자루동충하초 균주 간의 균사생장 특성 재평가

김준영¹ · 권혁우¹ · 성기호² · 최형균³ · 성재모⁴ · 김성환^{1*}

¹단국대학교 미생물학과, ²국립원예특작과학원 버섯과, ³중앙대학교 약학대학, ⁴주식회사 머쉬텍

Reassessment of the Growth Properties of Mycelium among *Cordyceps pruinosa* Isolates According to Cultivation Conditions

Jun Young Kim¹, Hyuk Woo Kwon¹, Gi-Ho Sung², Hyung-Kyoon Choi³, Jae-Mo Sung⁴ and Seong Hwan Kim^{1*}

¹Department of Microbiology, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

²Mushroom Research Division, Department of Herbal Crop Research, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Suwon 440-706, Korea

³College of Pharmacy, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea

⁴MushTech Inc., Gangwon-do, Haesung-kun, Cheongil-myun, Kosiri 225-852, Korea

ABSTRACT : To obtain basic data for the better use of *Cordyceps pruinosa* we reassessed the effect of different medium, culture method, pH, and carbon and nitrogen sources on the mycelial growth properties of four *C. pruinosa* isolates. The growth of mycelia differed among the four isolates depending on medium type and cultivation days. Among the tested 8 kinds of solid media, the four isolates grew well on PDA and MMMA(mushroom minimal medium agar). While, among the tested 8 kinds of liquid media, all the isolates grew well in SDYM(Sabourand’s dextrose yeast extract medium) . The isolates also grew well in the SDYM with pH from 4.0 to 9.5 without any inhibition. One isolate could best grow at pH 8 to 9.5. Regarding the ability of utilizing carbon source, the difference of mycelia growth among the isolates was the most with xylose. Regarding nitrogen source, three isolates could utilize urea which is new fact in this species. These results provide new points on the growth properties of the fungal mycelium which has not been explored before. Overall, this reassessed study concluded that it is necessary to check in advance the growth properties of mycelium when a new isolate of *C. pruinosa* is expected to be used for application.

KEYWORDS : *Cordyceps pruinosa*, Culture medium, Growth properties of mycelium, Nutrient source

서론

동충하초는 곤충병원성진균으로서 지금까지 약 800여 종이 알려져 있다(Kobayasi, 1941; Kobayasi and Shimizu, 1978). 기주인 곤충에 감염하여 곤충 체내에서 균사 생장을 하고 만연한 후 곤충 외부로 자실체를 생성하는 특성을 지니고 있다. 이러한 특성은 겨울에는 벌레 여름에는 버섯으로 나온다는 뜻에서 동충하초라고 이름이 붙여졌으며 중국, 한국, 일본 등 아시아 지역에서 오래 전부터 약초로도 쓰여져 왔다. 특히 면역력 증강, 성인병 예방, 천식, 빈혈 등의 효능을 가지는 좋은 약재로 사용되어져 왔다. 동충하초는 코디세핀(cordycepin)이라는 물질이 알려져 있고 이 물질은 면역증강활성, 항암활성, 항바이러스 효과와 항염증 효과 등 다양한 기능이 보고 되어있다. 현재 번데기동충하

Kor. J. Mycol. 2013 December, 41(4): 231-235
<http://dx.doi.org/10.4489/KJM.2013.41.4.231>
 pISSN 0253-651X
 © The Korean Society of Mycology

*Corresponding author
 E-mail: piceae@dankook.ac.kr

Received October 10, 2013
 Revised October 11, 2013
 Accepted October 18, 2013

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초(*Cordyceps militaris*)와 몇몇의 동충하초는 강장식품 또는 강장제로 사용되고 있다(Cho *et al.*, 2003; Ng and Wang, 2005; Zhu *et al.*, 1998; Xiao *et al.*, 2004).

자낭균문, 자낭균강, 육좌균목, Cordycipitaceae과에 속하는 붉은자루동충하초(*Cordyceps pruinosa*)는 썩거나방류의 번데기를 기주로 하고 10월경에 자실체가 주로 발생한다. 버섯으로서의 특징으로는 1개에서 4개의 곤봉형 자실체를 형성하며 붉은색을 띤다(Shin *et al.*, 2004). 초창기에 Berkeley and Broome (1873)에 의해 *C. militaris*로 명명되었으나 기주에 차이가 있고 자낭각, 자낭, 자낭포자 등의 미세 구조도 차이가 있음에 의거하여 Petch(1924)에 의해 *C. pruinosa*로 개칭이 되었다. 최근에 국내에서 붉은자루동충하초의 추출물 중 붉은 색소에서 항암 효과와 항염 효과가 보고되면서 이 균에 대한 관심이 증대하고 있다(Kim *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2009).

유용한 특성을 지닌 균을 잘 이용하기 위해서는 이 균이 지닌 여러 가지 생육특성을 잘 알아야 하는데 아직까지 붉은자루동충하초에 대한 연구자료는 미흡한 실정이다. 국내에서는 2004년에 종에 대한 보고와 더불어 군사생장에 적합한 조건에 대한 일부 연구결과가 보고되었다(Shin *et al.*, 2004). 그러나 이 보고에서 여러 지역에서 균주가 분리되었지만 실험에 사용된 균주가 한정적이라 실제 균주 간 군사생장 특성에 차이가 있는지는 잘 알려져 있지 않다.

따라서 본 연구는 서로 다른 지역에서 분리된 붉은자루동충하초 균주를 대상으로 여러 배양 조건에 따른 균주 간 군사생장 특성을 조사하고 이전에 보고된 특성과 비교함으로써 붉은자루동충하초에 대한 기본적인 배양생리 데이터를 재점검하고 동시에 새로 분리된 균주를 이용하고자 할 때 고려하여야 할 배양특성에 대해 알아보고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 균주는 (주)머쉬텍에 보관중인 국내분리 붉은자루동충하초 4개 균주 MCI(Mushtech Cordyceps Institute) C2426, C2551, C2585, C4298 등을 사용하였다. MCI C2426는 강원대학교 춘천 근교 학술림에 있는 구절산에서 1998. 8. 14에서 채집되었고 MCI C2551과 C2585는 네팔 카트만두 근교 나가리코트에서 1998. 8. 6에 채집되었으며 MCI C4298는 충북 제천에 있는 박달재에서 1999. 8. 28에 채집된 것으로 모두 기주는 풀썩기번데기이었다.

영양배지에 따른 군사생장 비교를 위하여 PDA(potato dextrose agar), SDAY(Sabourand's dextrose agar yeast extract), MYA(malt extract yeast agar), YMA(yeast extract malt extract agar), MCMA(mushroom complete medium agar), MMMA(mushroom minimal medium agar), MPDA(Martin's peptone dextrose medium agar), HA(Hamada agar) 배지 등의 8종류의 고체배지를 선정하였다. 자세한 배지의 성분 및 조제 방법은 Shin 등(2004)에 기술되어 있

는 바 같은 방법에 따라 조제하여 사용하였다. 공시균주는 일반적으로 많이 사용되는 PDA 배지에 공시균주를 각각 10일간 배양 후 균총의 군사 끝 부분에서 직경 5 mm의 agar block을 떼어내어 8종류의 배지에 5반복으로 각각 접종하고 25°C 배양기에 배양하면서 6일 배양 후와 14일 배양 후 균총의 군사 길이를 재어 성장 정도를 측정하였다.

액체배지에서의 군사생장 비교를 위해서는 8종류의 고체배지 성분 중 agar를 제외한 성분을 각각의 액체배지로 하고 PDM(potato dextrose medium), SDYM(Sabourand's dextrose yeast extract medium), MYM(malt extract yeast medium), YMM(yeast extract malt extract medium), MCM(mushroom complete medium), MMM(mushroom minimal medium), MPD(Martin's peptone dextrose medium), HM(Hamada medium) 등으로 각각 표기하여 사용하였다. 액체배지는 250 ml Erlenmeyer 플라스크에 배지액 100 ml를 넣고 autoclave로 121°C에서 15분간 고압살균하여 준비하였다. 배지 당 5개의 플라스크를 반복으로 준비하였고 준비된 액체배지는 PDA에 배양된 4개 균주로부터 각각 군사를 함유하는 5 mm agar block을 떼어내어 플라스크 당 5개씩 접종하고 25°C에서 암조건으로 12일간 배양하였다. 배양된 군사체는 Whatman No.2 필터로 거른 후 55°C 건조 오븐에서 24시간 건조 후 군사체의 전체 중량을 측정하였다.

산도에 따른 붉은자루동충하초 군사생장 비교를 위해서는 SDYM 액체배지를 0.1 N의 HCl 용액과 0.2 N의 NaOH 용액을 이용하여 pH 3.0에서 pH 11.0까지 산도를 조절하여 사용하였다. 사전 시험에서 액체 배지를 고온살균 후 식힌 다음 상온에서 SDYM 액체배지의 pH를 조사할 경우 pH 변화가 그다지 크지 않았다. 이에 따라 본 연구의 목적이 대략적으로 어느 pH 범위에서 생육이 저하되거나 크게 증가하는지 아는 데 기본적인 목적이 있는 있는 바 본 연구에서는 살균전 pH 조절 맞춘 비교를 수행하였다. 균주 접종과 배양, 성장측정은 액체배지 생장비교 실험에 준하여 동일하게 수행하였다.

탄소원과 질소원에 따른 군사생장 비교는 앞서 사용하였던 MPDA 고체배지를 기본 배지로 하여 질소원은 고정하고 탄소원으로는 dextrose를 각기 다른 탄소원(dextrin, starch, xylose, sucrose, lactose, maltose, 베타-D(-)fructose, dextrose, D(+)-mannose)으로 교체하여 사용하였다. 반면에 질소원에 따른 군사 생장을 시험하기 위해서는 탄소원을 dextrose로 고정하고 peptone을 각기 다른 질소원(peptone, glycine, ammonium tartrate, Ammonium phosphate, ammonium sulfate, ammonium nitrate, potassium nitrate, yeast extract, tryptone, urea)으로 교체하여 사용하였다. 탄소원과 질소원의 농도는 각각 2%, 0.2% 수준으로 맞추어서 각 MPDA 고체배지를 조제하였다. 배지의 살균과 접종, 배양, 군사 길이를 측정하는 앞서 서술한 고체배지에서의 군사생장 측정 방법과 동일하게 수행하였다.

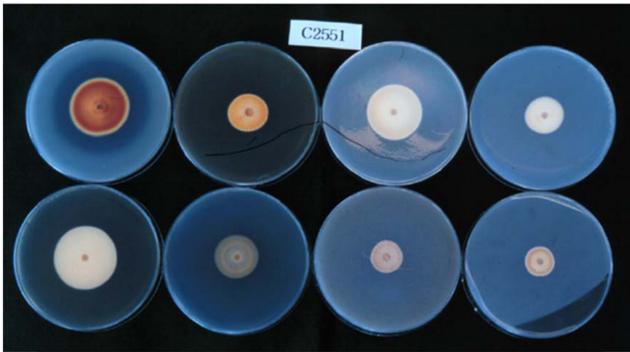


Fig. 1. Variation in the colony morphology of *Cordyceps pruinosa* C2552 grown on different media. Top photo: PDA, SDAY, MYA, YMA from left to right. Bottom photo: MCMA, MMMA, MPDA, HA from left to right.

결과 및 고찰

붉은자루동충하초를 인공배지에 배양하면 배지의 종류에 따라 Fig. 1에서 보는 바와 같이 균종의 형태, 색택, 기균사의 형성 pattern 등 균종의 형태학적 특성이 다르게 나타난다. 이는 붉은동충하초의 기주를 포함한 발생 생태학적 특징과 영양원 이용성, 그리고 분류학적 위치 등을 재검토할 필요성을 제기할 수 있을 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 한국과 네팔에서 분리된 붉은 동충하초 4균주를 PDA, SDAY, MYA, YMA, MCMA, MMMA, MPDA, HA 등의 고체배지에 접종하고 6일 배양 후 단기배양에서의 우수 성장 배지를 조사한 결과는 Fig. 2에 비교 제시하였으며, 14일 배양 후 장기배양에서의 우수 성장 배지는 Fig. 3에 비교 제시하였다. 조사결과 C2426 균주는 6일 배양 시 PDA에서 균종의 직경이 19.8 mm로 가장 생장이 좋았으나 14일 배양을 했을 때에는 다르게 MMMA 배지에서 균종의 직경이 38.5 mm로 가장 생장이 빠른 것을 알 수 있었다. C2585 균주 또한 C2426 균주와 유사하게 6일 배양 시에는 PDA에서 성장 빨랐으나 14일 배양 시에는

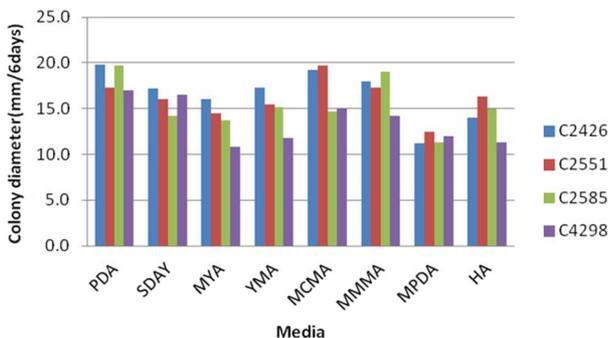


Fig. 2. Mycelial growth of *C. pruinosa* isolates on different solid media at 25°C for 6 days. The data is the mean value of five replicates which is not statistically significant difference between replicates ($P < 0.05$).

MMMA 배지에서 가장 생장이 빨랐다. 그러나 C2551 균주의 경우는 6일 배양과 14일 배양 모두 MCMA 배지에서 가장 생장이 빨랐고 C4298 균주의 경우는 6일 배양과 14일 배양 모두 PDA에서 가장 빠른 성장을 보였다. 이러한 결과는 배양 시기에 따라서 균주 간에도 최적 성장배지가 다를 것을 보여준다. Shin 등(2004)의 연구에서는 붉은자루동충하초 4개 균주 모두가 14일 배양 시 SDAY에서 최적생장을 보였다. 이는 본 연구에서 보여진 14일 배양 시 PDA와 MMMA 배지가 최적 생장을 보인 것과는 차이가 있는 결과이다. 이러한 차이는 균주가 지닌 고유의 생육 특성에 따라 나타나는 것으로 사료된다. 특히 균주 간에 균사생장 차이는 배지별로 볼 때 MMMA배지에서 가장 크게 나타났다. 이로 볼 때 앞으로 새로이 분리된 붉은자루동충하초 균주 간에 균사생장 특성 차이를 검정하고자 한다면 MMMA 배지를 선택해서 비교 평가하는 것도 유용하리라고 생각된다.

한편 균사의 길이생장 뿐만 아니라 균사체의 충실도를 대상으로 비교 평가하기 위하여 액체배지를 이용하여 배양 후 자란 배양균사체의 전체중량을 이용하여 4개 균주의 비

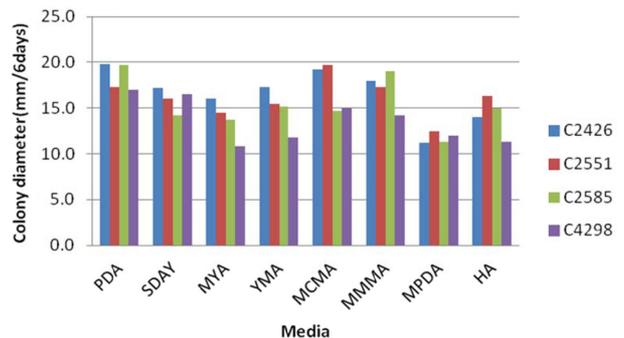


Fig. 3. Mycelial growth of *C. pruinosa* isolates on different solid media at 25°C for 14 days. The data is the mean value of five replicates which is not statistically significant difference between replicates ($P < 0.05$).

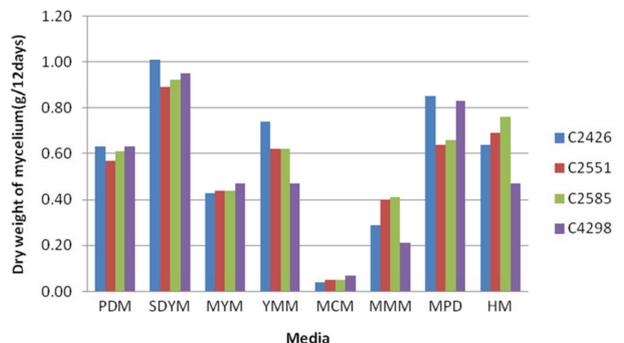


Fig. 4. Mycelial growth of *C. pruinosa* isolates in different liquid media at 25°C for 12 days. The data is the mean value of five replicates which is not statistically significant difference between replicates ($P < 0.05$).

교하였을 때 고체배지에서의 평가와는 다르게 4개 균주 모두 SDYM 배지에서 가장 우수한 생장을 보였고 그 다음으로 MPD 배지 순으로 우수한 생장을 보였다(Fig. 4). 이러한 결과로 볼 때 액체 종균으로 활용하기에는 어느 균주이든 간에 SDYM 액체배지가 가장 적합한 것을 알 수 있었다. 따라서 서로 다른 붉은자루동충하초 균주의 균사체 배양을 위해서는 액체배지 보다는 고체배지의 선정에 좀 더 세심한 고려를 해야 할 것으로 사료된다.

고체배지에서의 붉은자루동충하초 균사생장이 배지종류에 따라 차이가 있게 나타남에 따라 배지의 산도에 따른 균사 생장을 알아보기 위해서는 4개 균주 모두 최적 배지조건에서 시험을 수행하고자 하였다. 이에 따라 Fig. 4의 결과를 활용하여 SDYM 액체배지에서 평가하였다. Shin 등(2004)의 방법과 동일하게 pH 3.0에서 11.0까지 조절된 SDYM 액체배지에 접종하여 배양 후 건체중량을 측정하여 비교한 결과는 Fig. 5에 제시하였다. 4개 균주 모두 pH 3.5가 넘으면서 보편적으로 생장을 뚜렷이 보이기 시작하였고 대체적으로 pH 4.0에서 pH 9.5까지는 pH에 관계 없이 잘 성장하는 것을 볼 수 있었다. 흥미롭게도 C4298균주의 경우에는 알카리 조건인 pH 8.0에서 pH 9.5 범위에서 최적으로 성장하는 특성을 보였다. 나머지 3개 균주는 모두 pH 4.0에서 pH 9.5까지 거의 유사한 수준으로 생장을 하였다. 이는 상당히 넓은 범위의 산도에서 잘 자라는 특성을 보이고 있음을 시사한다. 이러한 결과는 pH에 따른 균주 간의 성장 정도에는 다소 차이가 있지만 모든 균주가 pH 7에서 최적의 생장을 보였다는 보고(Shin et al., 2004)와 상당히 차이가 있는 결과를 보여준다. 따라서 본 연구 결과와 보고된 연구 결과를 종합해 보면 붉은자루동충하초를 액체배지에서 인공배양할 경우 균주에 따라 균사생장 조건에 맞는 적정 산도가 무엇인지 사전에 반드시 검토하고 수행해야 할 것으로 사료된다.

앞서의 결과를 고려할 때, 배양조건이 붉은자루동충하초

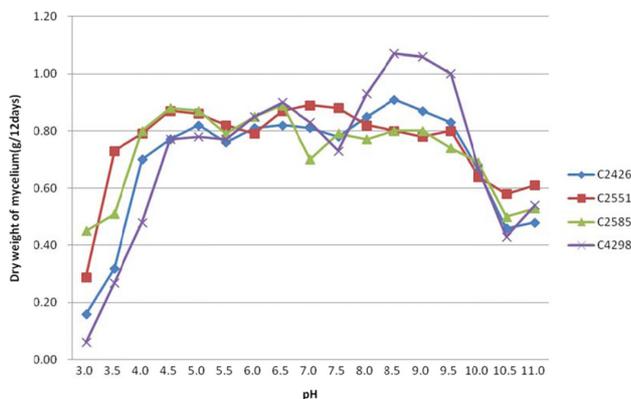


Fig. 5. Mycelial growth of *C. pruinosa* isolates on SDYM with different pH at 25°C for 12 days. The data is the mean value of five replicates which is not statistically significant difference between replicates ($P < 0.05$).

의 경우 균주간 균사생장에 미치는 영향이 뚜렷하였기에 탄소원과 질소원을 대상으로 생육특성을 좀 더 자세히 조사하여 비교하였다. MPDA(Martin, 1950)를 기본 배지로 하여 질소원을 고정하고 fructose 등 단당류 3종, sucrose 등 이당류 3종류, dextrin 등 다당류 3종류, 총 8종류의 탄소원을 대상으로 조사한 결과 균주 중에서는 C2551 균주가 D(+)-mannose를 제외한 나머지 모든 탄소원에서 다른 균주에 비하여 생장이 가장 빨랐다. 탄소원 중에서는 다당류인 starch 첨가배지에서 네 균주 모두 생장이 가장 빨랐으며 오탄당인 xylose 첨가배지에서 생장이 느렸다(Fig. 6). 8가지 탄소원 중에 균사의 생장이 일어나지 못한 탄소원은 없었다. 이는 조사된 탄소원을 4개 균주 모두 이용할 능력이 있음을 시사한다. 4개 균주 간에 뚜렷한 균사생장 차이는 비교된 8개 탄소원 중에서 xylose 첨가 배지에서 가장 크게 나타났다.

따라서 붉은자루동충하초의 균주간 탄소원 이용 능력을 비교할 때 xylose를 사용하면 균주간 능력 비교를 더 효율적으로 할 수 있을 것으로 사료된다. 흥미롭게도 lactose에서 4개 균주 모두 양호한 균사생장을 나타냈는데 이는 항

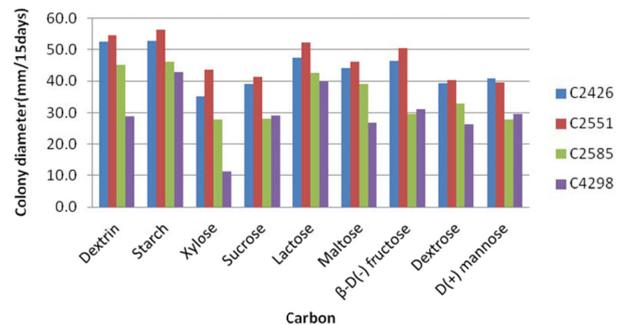


Fig. 6. Mycelial growth of *C. pruinosa* isolates on MPDA with each different carbon source at 25°C for 12 days. The data is the mean value of five replicates which is not statistically significant difference between replicates ($P < 0.05$).

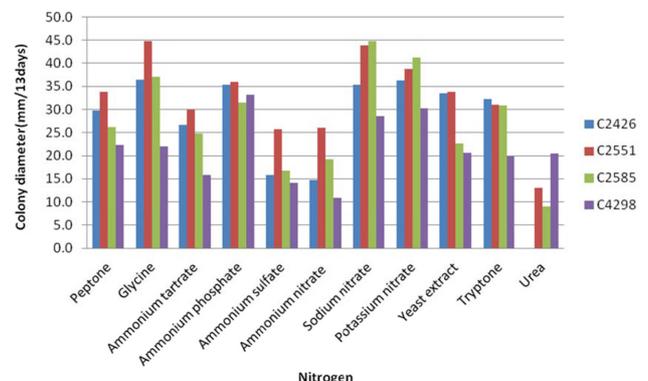


Fig. 7. Mycelial growth of *C. pruinosa* isolates on MPDA with each different nitrogen source at 25°C for 13 days. The data is the mean value of five replicates which is not statistically significant difference between replicates ($P < 0.05$).

후 유제품 부산물을 붉은자루동충하초의 배양에 이용할 수 있을 가능성을 제시해준다.

한편 붉은자루동충하초 생장에 있어서 질소원의 영향을 알아보기 위해 MPAD배지에서 탄소원을 dextrose로 고정하고 질소원은 ammonium nitrate를 포함한 11종류의 질소원을 이용하여 13일간 배양 후 군사생장 정도는 Fig. 7에 제시하였다. 시험한 질소원 중 nitrate type 질소원의 경우는 4개 균주 모두 sodium nitrate와 potassium nitrate 첨가배지에서 생장이 우수하였다. Ammonium type 질소원에서는 4개 균주 모두 ammonium phosphate 첨가배지에서 다른 ammonium type 질소원 첨가배지 보다 생장이 좋았다. 유기성 질소원 중에서는 아미노산인 glycine 첨가배지에서 생장이 우수하였다. Shin 등(2004)에 의해 진행된 선행연구에서는 urea를 질소원으로 이용할 수 있는 붉은자루동충하초는 균주는 없었기에 지금까지 붉은자루동충하초는 urea를 이용하지 못하는 것으로 알려지고 있었다. 그러나 흥미롭게도 본 연구 결과에서는 urea가 첨가된 배지에서는 C2426 균주를 제외하고는 나머지 3개 균주가 생장이 우수하지는 않았지만 생육할 수 있음을 보여주었다. 이에 따라 붉은자루동충하초의 경우 균주에 따라서 urea를 질소원으로 이용하는 능력에 차이가 있는 것으로 본 연구는 새로이 결론을 얻었다.

결론으로서 본 연구에서는 기존에 보고된 사실과 다른 붉은자루동충하초의 군사 생장 특성에 대한 새로운 기초정보를 얻었다. 특히 기존연구에서 제시 하지 못했던 균주에 따라 배양조건을 달리해야 할 경우가 있음을 제시하였다. 이러한 연구 결과는 향후 붉은자루동충하초를 이용하여 응용하는 연구를 하는데 중요한 기초정보가 될 것으로 기대된다.

적 요

붉은자루동충하초의 이용성을 증대하기 위한 기초자료로서 확보하고자 배지종류, 배양법, 산도, 탄소원, 그리고 질소원이 군사생장에 미치는 영향을 4개 균주를 대상으로 재평가하였다. 시험한 8종의 고체배지에서의 군사생장은 배지 종류 및 배양일수에 따라 균주간에 차이가 있었다. 8종의 고체배지 중 PDA 및 MMMA(mushroom minimal medium agar)서 군사생장이 우수하였다. 반면에 8종의 액체배지 중에서는 4개 균주 모두 SDYM(Sabourand's dextrose yeast extract medium) 배지에서 모두 우수한 군사생장을 보였다. 액체배지에서의 군사생장은 pH 4.0에서 pH 9.5 사이의 범위에서 큰 차이 없이 양호한 생장을 보였다. 일부 균주는 pH 8.0에서 pH 9.5의 알칼리 조건에서 생장이 양호하였다. 탄소원의 경우 xylose 이용 능력이 균주간에 차이

가 크게 나타났다. 질소원 경우에 Urea 이용 능력이 있는 균주가 존재함이 새로이 확인되었다. 이런 결과는 기존에 보고되지 않은 붉은자루동충하초의 새로운 군사생육 특성을 보여준다. 결론으로서 향후 새로운 붉은자루동충하초 균주를 이용하고자 할 경우는 반드시 사전에 적정 군사생육 조건을 검토하는 것이 필요하다고 사료된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 바이오그린21사업(과제번호: PJ0081542013)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

Berkerly, M. J. and Broome, C. E. 1873. The fungi of Ceylon. *J. Linn. Soc.* XIV. pp 110.

Cho, M. A., Lee, D. S., Kim, M. J., Sung, J. M. and Ham, S. S. 2003. Antimutagenicity and cytotoxicity of Cordycepin isolated from *Cordyceps militaris*. *Food Sci. Biotechnol.* 12:472-475.

Kim, H. G., Song, H., Yoon, D. H., Song, B. W., Park, M., Sung, G. H., Cho, J. Y., Park, H. I., Cho, I. S., Song, W. O., Hwang, K. C. and Kim, T. W. 2009. *Cordyceps pruinosa* extracts induce apoptosis of HeLa cells by a caspase dependent pathway. *J. Ethnopharmacol.* 128:342-351.

Kim, K. M., Kwon, Y. G., Chung, H. T., Yun, Y. G., Pae, H. O., Han, J. A., Ha, K. S., Kim, T. W. and Kim, Y. M. 2003. Methanol extract of *Cordyceps pruinosa* inhibits *in vitro* and *in vivo* inflammatory mediators by suppressing NF-κB activation. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 190:1-8.

Kobayasi, Y. 1941. The genus *Cordyceps* and its allies. *Sci. Rept. Tokyo Bunrika Daigaku Sect. B.* 5(84):53-260.

Kobayasi, Y. and Shimizu, D. 1978. *Cordyceps* species from Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. B.* 4:43-63.

Martin J. P. 1950. Use of acid rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil. Sci.* 69:215-232.

Ng, T. B. and Wang, H. X. 2005. Pharmacological actions of *Cordyceps*, a prized folk medicine. *J. Pharm. Pharmacol.* 57:1509-1520.

Petch, T. 1924. Studies in entomogenous fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 10:28-38.

Shin, J. C., Shrestha, B., Lee, W. H., Park, Y. J., Kim, S. Y., Jeong, G. R., Kim, H. K., Kim, T. W. and Sung, J. M. 2004. Distribution and favorable conditions for mycelial growth of *Cordyceps pruinosa* in Korea. *Kor. J. Mycol.* 32:79-88. (in Korean)

Xiao, J. H., Chen, D. X., Liu, J. W., Liu, Z. L., Wan, W. H., Fang, N., Xiao, Y., Qi, Y. and Liang, Z. Q. 2004. Optimization of submerged culture requirements for the production of mycelial growth and exopolysaccharide by *Cordyceps jiangxiensis* JXPJ 0109. *J. Appl. Microbiol.* 96:1105-1116.

Zhu, J. S., Halpern, G. M. and Jones, K. 1998. The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal medicine: *Cordyceps sinensis*: part I. *J. Altern. Complem. Med.* 4:289-303.