

당근 세포의 단백질 생합성에 대한 몇가지 식물생장조절제의 영향

류기중 · 박창규* · 송태철

제주대학교 농화학과, *서울대학교 농화학과
(1985년 9월 10일 수리)

Effects of Some Plant Growth Regulators on Protein Biosynthesis of Carrot Cells

Ki-Jung Yoo, Chang-Kyu Park* and Tae-Chul Song

Department of Agricultural Chemistry, Cheju Nat'l University

*Department of Agricultural Chemistry, Seoul Nat'l University, Korea

Abstract

Electrophoretic studies of protein extracts from carrot calluses suspension-cultured on the media containing kinetin, BA, IAA, NAA or GA₃ at the levels of 10⁻⁶, 10⁻⁵, 10⁻⁴M, respectively, were performed to identify polypeptides and proteins regulated by auxin, cytokinin or GA.

Fifteen bands of polypeptide(s) were observed in the callus cultured in the control medium devoid of growth regulators, and their molecular weights were 18.4, 20.2, 20.6, 34.3, 35.7, 37.4, 40.3, 42.2, 44.1, 44.4, 49.3, 55.6, 56.6, 58.1, and 59.9 KD, respectively.

The synthesis of polypeptide appeared to be promoted in two bands by kinetin, in six bands by BA, in one band by IAA, in two bands by NAA, and in four bands by GA₃, while inhibited in five bands by kinetin, in three bands by BA, in four bands by IAA, in three bands by NAA and in three bands by GA₃. The polypeptides of 40.3 KD and 42.2 KD seemed to be regulated by cytokinins, and those of 44.1 KD, 37.4 KD, and 56.6 KD by auxins.

The proteins of three bands with relative mobilities of 0.56, 0.84, and 0.92, respectively, increased in the calluses cultured on the media containing kinetin, IAA, GA₃, NAA or BA, compared to the control, but it was difficult to identify the proteins specific for each growth regulator.

* 이 논문은 1984년도 문교부 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

서 론

Auxin, GA 및 cytokinin은 식물의 성장과 분화에 매우 중요한 성장조절물질들로서, auxin은 뿌리와 줄기의 신장^{1,2,3)}, 뿌리와 측아의 형성^{1,4)}을 촉진하고, GA는 식물의 일반적 성장⁵⁾, 개화⁶⁾, 과실의 성장⁶⁾, 휴면타파를 촉진하며, cytokinin은 세포분열과 기관형성⁷⁾, 노화억제⁸⁾, nutrient sink⁹⁾, 측아분화¹⁰⁾, 줄기와 뿌리의 성장¹¹⁾, 엽록체의 분화 및 엽록소의 합성¹²⁾ 등에 관여하는 것으로 알려져 있다.

그런데 각 성장조절제의 이러한 작용들이 어떤 생화학적 경로를 거쳐 이루어지는 지에 대하여는 아직 잘 알려져 있지 않다. 다만 DNA, RNA 또는 단백질에 대한 성장조절제들의 영향^{13,19)}이 부분적으로 보고되어 있는데, 이 중에서 단백질대사에 대한 성장조절제들의 영향에 관한 연구는 각 성장조절제와 관련된 생리작용이나 어떤 형질의 발현이 결국 효소계를 통하여 이루어진다는 점에서 성장조절제의 작용기작 연구에 중요하다.

단백질대사에 대한 auxin의 영향에 관하여는 대두의 hypocotyl에서 단백질합성이 auxin에 의해 유도된 성장과 밀접한 관계가 있음을 밝힌 Key 등¹³⁾의 것을 비롯한 여러 보고가 있고, GA도 여러가지 단백질의 대사에 영향을 주는 것이 알려져 있는데 특히 α -amylase를 비롯한 가수분해 효소의 합성이 GA에 의하여 촉진된다는 것이 잘 알려져 있다¹⁴⁾. Cytokinin 역시 endopeptidase, pyrophosphatase, RuDP carboxylase, nitrate reductase 등을 비롯한 여러 효소계에 영향을 주며^{15,16,17)}, 잎의 노화에 관련된 단백질의 대사에 도 영향을 주는 것이 알려져 있다¹⁸⁾. 그런데 각 성장조절제에 의한 효소나 단백질들의 변화가, 성장조절제에 의하여 유도된 성장의 변화에 따른 결과인지 아니면 효소나 단백질의 합성에 대한 성장조절물질들의 직접적인 조절작용에 의한 것인지는 잘 알려져 있지 않고 성장조절제에 의하여 polypeptide의 합성이 조절된다는 몇몇 보고가 있을 뿐이다¹⁹⁾.

본 연구에서는 auxin, GA 또는 cytokinin이 어떤 polypeptide 혹은 단백질의 합성에 영향을 주는 지 보기 위하여, IAA, NAA, GA₃, kinetin 또는 BA를 포함하는 배지에서 suspension culture한 당근 callus의 추출물에 대한 전기영동 양상을

조사하였다.

재료 및 방법

1. 당근의 조직배양 및 suspension culture

당근 뿌리를 20% sodium hypochlorite에 30분간 침지살균하고 멸균수로 몇번 씻은 다음, cambium을 포함하는 조직을 가로, 세로, 두께가 각각 4, 4, 2 mm가 되게 잘라, 25ml의 배지가 든 100 ml 삼각플라스크에 5개씩 넣어, 25°C의 암조건에서 30일간 배양하였다. 이 때의 배지는 성장조절제를 제외한 MS기본배지²⁰⁾에 2, 4-D 10mg/l를 첨가한 것이었다.

위의 조직배양에서 형성된 callus는 갈색으로 노화된 부분을 제거하고 1g씩 취하여 배지 25ml가 든 100ml 삼각플라스크에 넣고, 25°C 암조건에서 50 rpm으로 진탕하며 10일간 suspension culture하였다. 이 때의 배양액은 agar와 성장조절제가 없는 MS 배지²⁰⁾에 kinetin, indole-3-acetic acid (IAA), gibberellic acid (GA₃), naphthaleneacetic acid (NAA) 혹은 benzyladenine(BA)을 넣어 각각 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶M이 되게 만들었는데, 성장조절제 용액들은 0.45 μ m ultrafilter로 여과하여 사용했고, 다른 영양액들은 120°C로 15분간 autoclave에서 살균하여 사용하였다.

2. 단백질 시료

Suspension culture후 배양액을 여과하여 버리고 callus 2g에 3ml의 추출용액(4°C)을 넣고 미리 4°C이하로 냉각시킨 막자사발에서 마쇄한 다음, 4°C에서 8000g로 30분간 원심분리하여 단백질을 추출하였다. 단백질추출용액으로는 1 M sucrose, 0.056 M 2-mercaptoethanol을 포함하는 0.2 M Tris-HCl (pH 8.5) 완충용액을 사용하였다.

전기영동에서 단백질의 분리를 방해하는 색소나 polyphenol 등을 제거하기 위하여 다음과 같이 acetone을 처리하였다²¹⁾. Tris-HCl 단백질추출액 2ml에 약 -20°C의 acetone 6ml를 넣고 냉각고의 냉동실에서 1시간동안 단백질을 침전시켜 4°C에서 8000g로 15분간 원심분리하고, 0.01M의 2-mercaptoethanol을 함유하는 70% acetone으로 침전물을 씻어 원심분리한 다음, Tris-HCl 추출용액 2ml에 단백질을 녹이고 다시 원심분리하여 녹지 않는 침전물을 제거한 상등액을 전기영동에 사용하였다.

3. Disc-polyacrylamide gel 전기영동

단백질의 전기영동은 polypeptide 양상을 조사하기 위한 SDS 해리계와 native protein의 양상을 보기 위한 비해리계의 두가지로 하였는데 모두 discontinuous 완충계로 하였다.

SDS 전기영동은 Laemmli의 방법²²⁾에 준했는데

separating gel은 0.1%의 SDS를 포함하는 7.5% acrylamide gel을 사용하였고, stacking gel의 polymerization initiator로 riboflavin을 사용하였다. 단백질시료는 Tris-HCl 단백질추출액을 acetone으로 처리하여 색소등을 제거한 단백질용액 150 μ l에, 10% SDS 45 μ l와 2-mercaptoethanol을

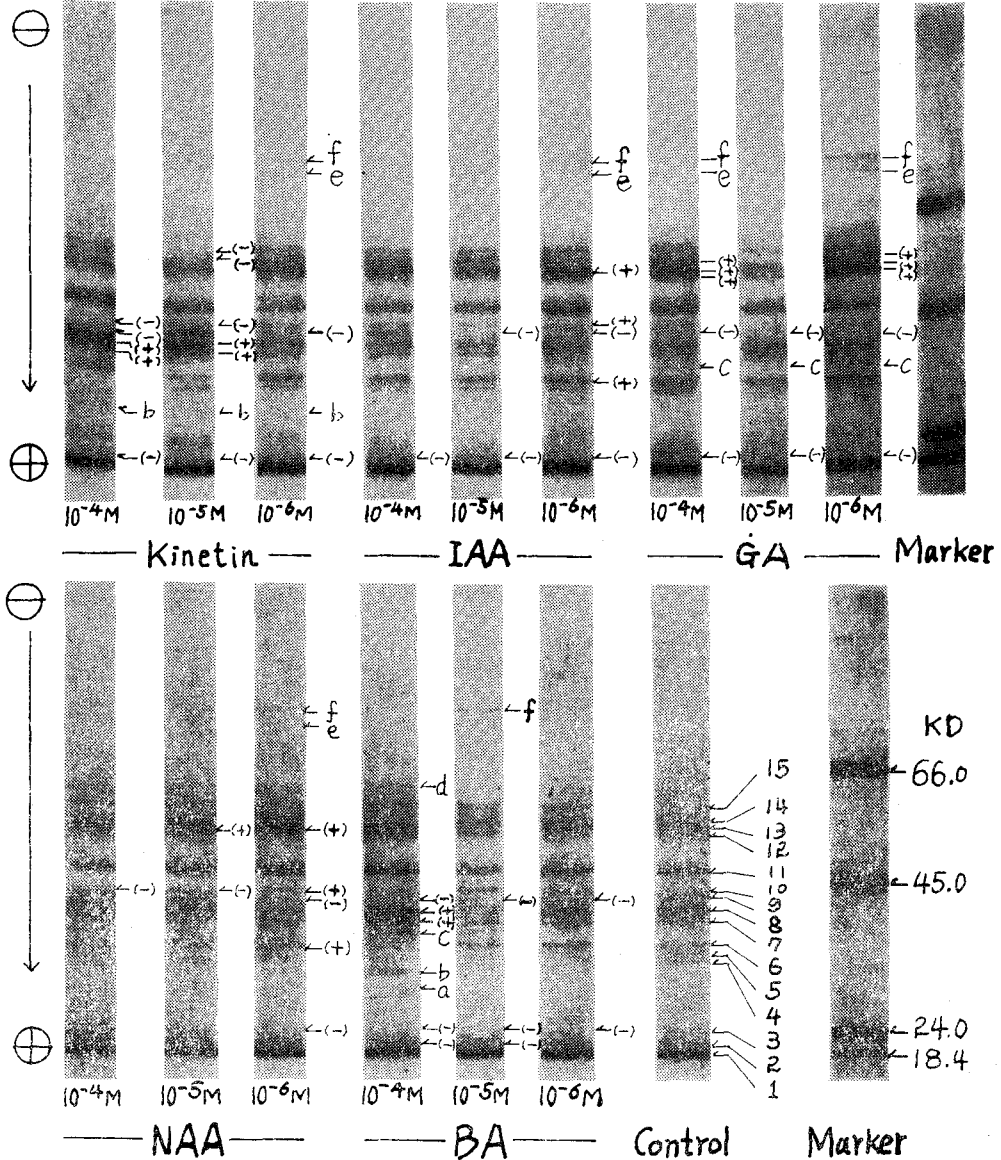


Fig. 1. SDS-polyacrylamide gel electrophoretic patterns of protein extracts from carrot calluses suspension cultured in the media containing kinetin, IAA, GA₃, NAA, or BA, at the levels of 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶M, respectively.

(+) indicates the increased bands, and (-) the decreased or missed bands, relative to control. Polypeptide markers were 66.0KD bovine albumin, 45.0KD ovalbumin, 24.0KD trypsinogen and 18.4KD β -lactoglobulin.

9 μ l 넣고 100°C에서 3분간 incubation한 것을 사용하였다. Polypeptide band의 분자량 측정을 위해 사용된 표준 polypeptide는 Sigma사의 bovine albumin(분자량 : 66,000), ovalbumin(분자량 : 45,000), trypsinogen(분자량 : 24,000), β -lactoglobulin(분자량 : 18,400)이었다.

비해리제 전기영동은 Davis의 방법²³⁾에 따랐는데 separating gel은 5% acrylamide gel을 사용했다. 단백질을 처리는 Tris-HCl단백질추출액, 혹은 이것을 acetone으로 처리한 단백질용액으로서 150 μ l를 사용하였다.

전기영동이 끝난 gel slab은 Coomassie brilliant blue R-250으로 염색하였다.

결과 및 고찰

1. Polypeptide 양상에 대한 kinetin, BA, IAA, NAA 및 GA₃의 영향

Cytokinin, auxin 및 GA가 각각 어떤 polypeptide의 합성에 영향을 주는지 보기 하여 kinetin, BA, IAA, NAA, 또는 GA₃를 포함하는 배지에서 배양한 당근 callus의 단백질에 대한 SDS 전기영동 결과는 Fig. 1과 같다.

생장조절제를 넣지않은 배지에서 배양한 callus, 즉 control에서는 15개의 band가 관찰되었는데, Fig. 1에서 편의상 각 band들을 분자량크기의 순으로 1~15 번호를 붙였다. 여기서 나타난 15 band를 표준 polypeptide들의 이동도와 비교해 분자량을 계산한 결과 각각 18.4, 20.2, 24.0, 34.9, 35.7, 37.4, 40.3, 42.2, 44.1, 44.4, 49.3, 55.0, 56.6, 58.1, 그리고 59.9 kilo dalton(KD)으로 나타났다.

Cytokinin의 하나인 kinetin의 처리에서 나타난 band들을 control과 비교해 볼 때 증가했거나 새로 나타난 band, 또는 보이지 않는 band들이 관찰되었다. kinetin에 의하여 증가한 것은 분자량 40.3 KD의 7번과 42.2 KD의 8번의 두 band였는데 이들은 10⁻⁶M에서는 control과 비슷한 수준이나 10⁻⁵, M⁻⁴M에서는 현저히 증가했다. 이것으로 미루어보면 이 band의 polypeptide들은 kinetin에 의하여 조절되는 것들로서, 10⁻⁵M 이상에서는 그 합성이 현저히 촉진되는 것으로 생각되었다. control에서 보이지 않는 것으로서 kinetin 처리에 새로 나타난 band는 Fig. 1의 b, e, f의 세 개인데 이들의 분자량은 각각 32.7, 79.4, 84.1 KD였다. 이

들은 kinetin의 농도에 따라 달리 나타났는데 b는 세 농도 모두에 나타났으나 e와 f는 10⁻⁶M에만 관찰되었다. 이들 중 b의 경우에 band가 흐리고 농도에 따라 별 차이가 없는 점으로 보아 이 polypeptide가 kinetin의 직접적인 촉진작용에 의하여 나타난 것으로 보기는 어렵고, 전반적인 생육의 변화에 수반된 결과라고 생각되었으나 확실한 것은 알 수 없었다. 또 kinetin 10⁻⁶M에 나타난 e와 f의 경우에도 band가 흐리고 10⁻⁵과 10⁻⁶M에는 보이지 않아 이 band들 역시 kinetin의 직접적 촉진작용에 의하여 나타난 것으로 보기는 어려웠다.

한편 control의 15 band중에서 kinetin의 어떤 농도에서 보이지 않는 것들이 있었는데, 2, 9, 10, 14 그리고 15번 band가 그것이다. 이 중 2번 band는 세 농도 모두에 보이지 않아 적어도 kinetin의 농도가 10⁻⁶M 이상에서는 이 polypeptide의 합성이 kinetin에 의해 억제되는 것처럼 보였고, 10번 band의 경우 kinetin 10⁻⁶M에서 control에 비해 다소 증가한 것으로 나타났으나 10⁻⁵M과 10⁻⁴M에서는 보이지 않아 kinetin의 농도가 증가함에 따라 이 polypeptide는 합성이 억제되는 것처럼 보였다. 그런데 9번과 14 및 15번 band는 앞의 2번, 10번 band와 다소 다른 양상을 보였는데, 9번의 경우 10⁻⁶M과 10⁻⁴M에 보이지 않았으나 그 중간 수준인 10⁻⁵M에는 나타나 이 polypeptide는 kinetin의 농도가 일정한 수준(~10⁻⁵M)에서만 합성되는 것처럼 보여 특이했고, 14번과 15번은 9번과 반대로 10⁻⁵M에 보이지 않고 이보다 낮은 10⁻⁶M과 높은 10⁻⁴M에는 control과 비슷한 정도로 나타나 이 polypeptide는 10⁻⁵M 부근의 kinetin 농도에서 합성이 억제되는 것으로 보였다.

BA의 처리에서도 control과 다른 band들이 관찰되었는데 7번과 8번 band는 증가했고, 2번, 3번 및 9번 band는 BA의 어떤 농도에서 보이지 않았으며, a, b, c, d 그리고 f는 control에 없는 band들이었다. 7번과 8번은 10⁻⁵과 10⁻⁶M에서 control과 비슷한 수준이었으나 10⁻⁴M의 높은 농도에서 현저히 증가한 것으로 보아 이 polypeptide들은 BA의 농도가 높아짐에 따라 그 합성이 촉진되는 것으로 보였는데, 앞에서 본바와 같이 이들이, BA와 같이 cytokinin류인 kinetin에 의하여도 합성이 촉진되는 점으로 미루어 보면 이 polypeptide들은 cytokinin류 성장조절제에 의하여 조절되는 것으로 생각되었다.

BA처리에 나타난 a, b, c, d, f band중 b, c 및 f는 다른 성장조절제의 처리에도 나타났으나 a와 d는 다른 데서 볼 수 없는 것으로서 BA에 특유한 것이었는데, a와 d의 분자량은 각각 25.4 KD와 63.5 KD였다. 이들 a와 d가 BA 10^{-6} M과 10^{-5} M에는 보이지 않고 10^{-4} M에 나타난 것은 이 polypeptide들이 BA의 농도가 비교적 높을 때 그 합성이 촉진되기 때문인 것으로 생각되었다. 한편 BA에 보이지 않는 2번, 3번 및 9번 band들은 2번 band가 10^{-6} M에 나타난 것을 제외하고는 BA의 세 농도 모두에 보이지 않아 이 polypeptide들은 BA에 의해 그 합성이 억제되는 것으로 보였다.

Auxin의 하나인 IAA 처리에서 control과 비교해 차이를 보인 것은 2번, 6번, 9번, 10번 그리고 13번이었는데, 2번과 9번은 control에 비해 감소했거나 보이지 않았고, 6번, 10번 및 13번은 증가한 것으로 나타났는데 농도에 따라 차이가 있었다. 2번은 IAA 세 농도 모두에 보이지 않아 IAA에 의하여 그 합성이 억제되는 듯했고, 9번은 10^{-6} 과 10^{-5} M에서 호렸으나 10^{-4} M에서는 비교적 강하게 나타나 IAA에 의하여 이 polypeptide는 합성이 오히려 촉진되는 듯했다. 6번과 10번, 그리고 13번은 IAA 농도가 증가할수록 호리게 나타난 점으로 보아 이들은 IAA에 의하여 합성이 억제되는 듯이 보였다.

NAA에서는 IAA와 대체로 비슷한 양상을 보였는데, 9번 band가 10^{-6} M에 보이지 않으나 10^{-5} M 이상에서는 나타나 이 polypeptide의 합성이 NAA에 의하여 촉진되는 것으로 나타났고, 6번, 10번 및 13번 band가 NAA 농도가 높아질수록 감소하는 경향을 보여 이 세 band에 속하는 polypeptide들은 NAA에 의해 합성이 억제되는 것으로 나타났다. 그런데 NAA에서 6번, 9번, 10번 및 13번 band가 보인 경향은 IAA에서와 같아 이들 4 band의 polypeptide들은 auxin계 성장조절제에 의하여 조절되는 듯이 보였다. 또 NAA 처리에서 2번 band가 NAA농도가 높아질수록 증가한 것을 볼 수 있어서 이 polypeptide는 NAA에 의해 그 합성이 촉진되는 것으로 나타났다.

GA₃의 경우를 보면 2번과 9번 band가 보이지 않고 12번, 13번 그리고 14번 band가 증가한 것이 control과 달랐다. 2번과 9번의 두 band는 GA₃의 세 농도 모두에 보이지 않아 이 polypeptide들은 GA₃에 의하여 합성이 억제되는 듯했고, 12, 13,

14번의 세 band는 control에 비해 현저히 증가한 것으로 보아 GA₃에 의해 이 polypeptide들의 합성이 촉진되는 것처럼 보였다. 또 분자량 38.7KD인 c band가 GA₃처리에 나타난 것으로 보아 이 polypeptide도 GA₃에 의하여 합성이 촉진되는 듯했는데 이 band는 BA의 10^{-4} M에도 나타나 GA₃뿐만 아니라 BA의 영향도 아울러 받는 것으로 생각되었다.

위의 결과들을 종합해 볼 때 kinetin에 의하여 조절되는 것으로 보이는 polypeptide band는 2, 7, 8, 9, 10, 14 및 15번으로 모두 일곱개였는데 이중 7과 8번의 두 band에 속하는 polypeptide들은 kinetin에 의해 그 합성이 촉진되는 것으로 보였고, 2, 9, 10, 14, 15번의 다섯 band에 속하는 polypeptide들은 kinetin에 의해 합성이 억제되는 것으로 나타났다. 그런데 분자량 58.1KD인 것과 59.9KD인 두 band의 polypeptide들은 kinetin에 있어서 특징적 이었다. BA에 의하여 조절되는 것으로 보이는 polypeptide들은 2, 3, 7, 8, 9, a, b, c, d의 아홉개 band의 것으로 이 중 7, 8, a, b, c 및 d의 여섯 band의 polypeptide들은 BA에 의해 합성이 촉진되고, 2, 3 및 9번의 세 band의 polypeptide들은 합성이 억제되는 것으로 나타났다. 분자량이 40.3KD인 것과 42.2KD인 7번 및 8번 band는 kinetin과 BA에 의해 다같이 합성이 촉진되는 점으로 보아 cytokinin 성장조절제에 의해 조절되는 polypeptide들로 생각되었다. IAA에 의하여 조절되는 polypeptide로는 2, 6, 9, 10 및 13번의 다섯 band에 속하는 것들로서, 이 중에서 2, 6, 10 및 13번의 네 band에 속하는 것은 IAA에 의하여 합성이 억제되고, 9번 band에 속하는 것은 합성이 촉진되는 것으로 보였다. NAA의 조절을 받는 polypeptide는 3, 6, 9, 10 및 13번의 다섯 band의 것으로, 이들중 3과 9번 band의 것들은 NAA에 의하여 합성이 촉진되며, 6, 10 및 13의 세 band에 속하는 것들은 합성이 억제되는 것으로 생각되었다. IAA와 NAA에서 공통된 것은, 분자량 44.1KD의 9번 band의 polypeptide가 이들 두 성장조절제에 의해 합성이 촉진되는 것으로 나타난 결과 분자량 37.4, 44.4, 56.6KD의 세 band의 polypeptide들이 두 성장조절제에 의해 합성이 억제되는 것으로 나타난 점인데, 이로 미루어 보아 분자량 44.1, 37.4, 44.4, 56.6KD의 polypeptide들은 auxin류 성장조절제의 조절을 받는 것으로 생각되었다. GA에 의하여 조절되는

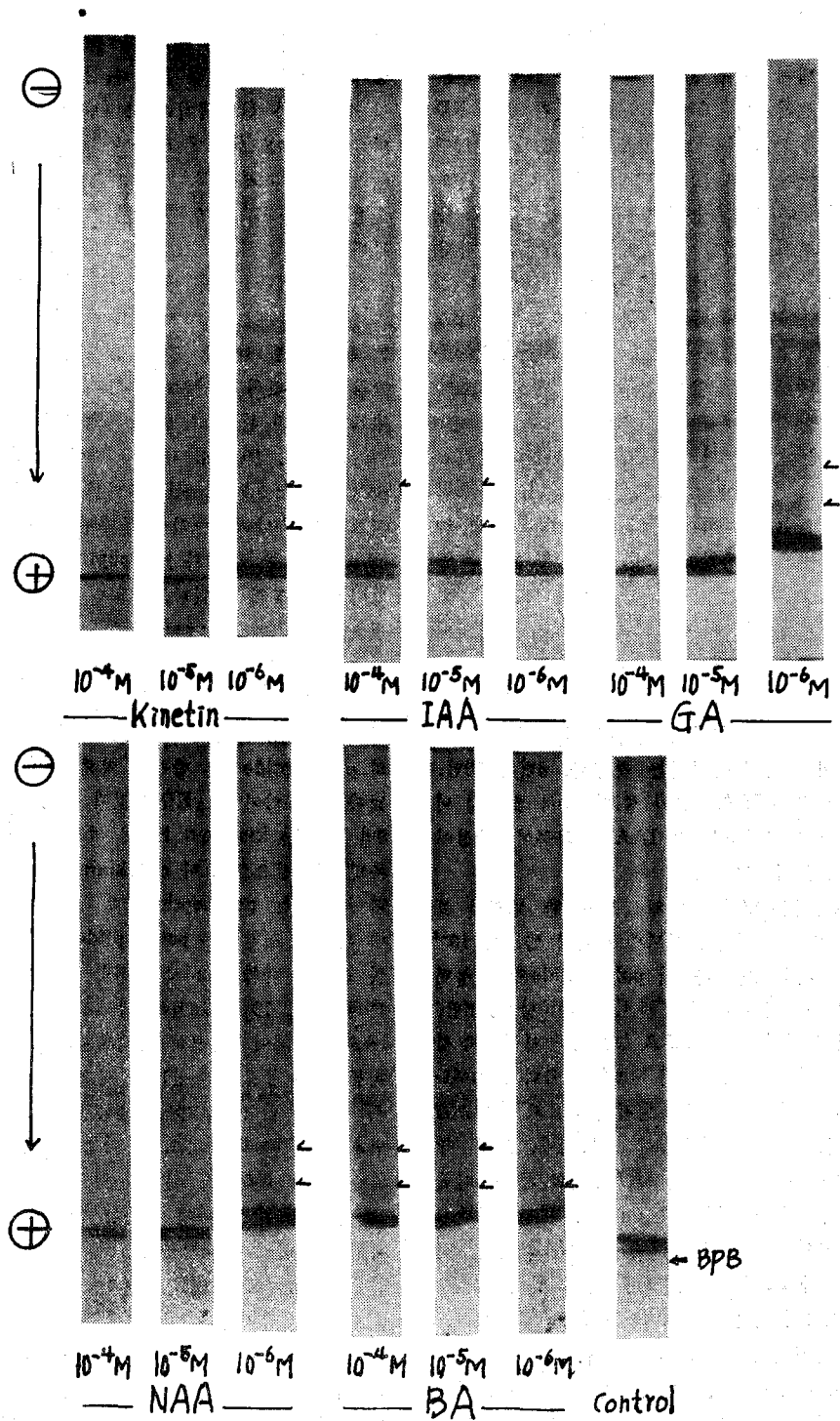


Fig. 2. Disc-polyacrylamide gel electrophoresis of proteins extracted with 0.2M Tris-HCl buffer (pH 8.5) containing 1.0M of sucrose and 0.056M of 2-mercaptoethanol, from the carrot calluses suspension-cultured in the media containing kinetin, IAA, GA₃, NAA, BA, at the levels of 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶M, respectively.

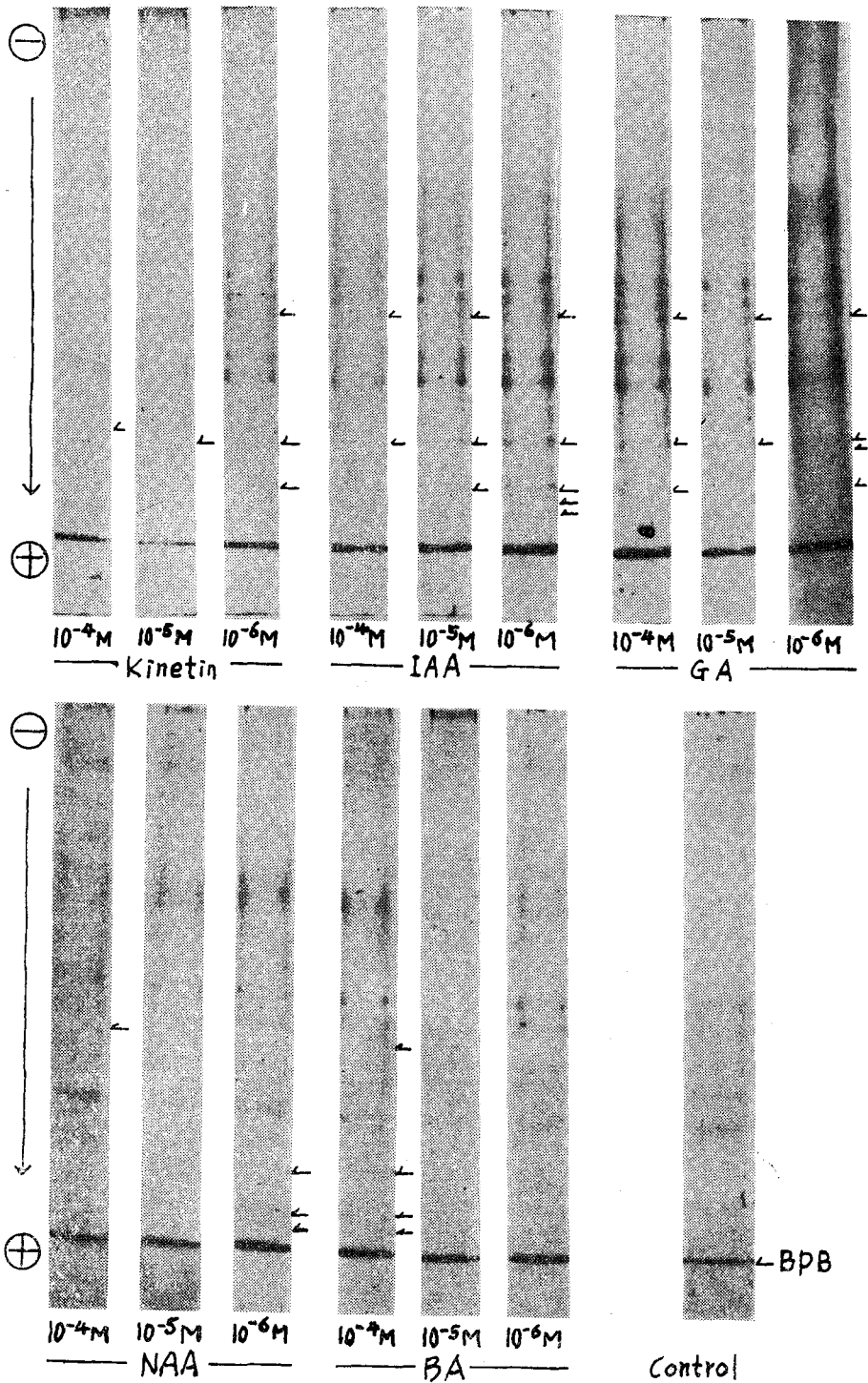


Fig. 3. Disc-polyacrylamide gel electrophoresis of acetone-treated protein extracts from carrot calluses suspension-cultured in the media containing kinetin, IAA, GA₃, NAA or BA, at the levels of 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶M, respectively.

것으로 보이는 polypeptide들은 c, 2, 9, 12, 13 및 14번의 여섯 band에 속하는 것들로, 이들 중 2번과 6번의 두가지는 GA에 의해 합성이 억제되고, 반대로 c, 12, 13 및 14번의 네가지는 합성이 촉진되는 것으로 보였다.

2. 단백질 양상에 대한 kinetin, BA, IAA, NAA 및 GA₃의 영향

생장조절제의 종류나 농도가 여러가지 polypeptide수준에 영향을 미치는 것은 앞에서 본 바와 같은데, 각 생장조절제들이 단백질의 수준에는 어떤 영향을 주는지를 보기 위하여 비배리조건으로 당근 callus들의 단백질추출물을 전기영동한 결과는 Fig. 2와 같다.

이 전기영동 조건에서는 단백질들의 분리가 좋지 않아 각 처리간에 뚜렷한 차이를 발견하기가 어려웠으나, control에 비해, kinetin 10⁻⁶M, IAA 10⁻⁴, 10⁻⁵M, GA 10⁻⁶M, NAA 10⁻⁶M, BA 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶M에서 bromphenol blue에 대한 상대 이동도가 0.84인 것과 0.92인 두 band가 증가한 것이 관찰되었다. 이 전기영동조건에서 단백질의 분리가 불량한 것은 당근시료로부터 Tris-HCl 완충용액으로 단백질을 추출할 때 색소나 polyphenol 등의 고분자 물질들²¹⁾이 함께 추출되었는데에 그 원인이 있는 것으로 생각되었다.

전기영동에서 단백질의 분리를 방해하는 물질들을 제거하기 위하여 Tris-HCl 완충용액으로 추출한 단백질용액을 재료 및 방법에서 설명한 바와 같이 acetone으로 처리하여 전기영동한 결과는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3의 결과는 Tris-HCl 완충용액으로 추출한 단백질용액을 직접 전기영동한 Fig. 2의 결과에 비해 단백질의 분리가 양호한 편이었으며, 단백질 분리대의 양상이 Fig. 2의 것과 크게 다르지 않은 점으로 보아 acetone의 처리에 의한 단백질들의 변성은 거의 없는 것으로 생각되었다.

Fig. 3에서는 Fig. 2에서 잘 보이지 않던 상대 이동도 0.56 band가 관찰되었는데, 이것은 kinetin 10⁻⁶M, IAA 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶M, GA 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶M, NAA 10⁻⁴M, BA 10⁻⁴M에서 control에 비해 증가했으며, 상대이동도 0.84와 0.92의 band가 control에 비해 증가한 것은 Fig. 2에서와 비슷했다. 그러나 이 단백질들이 Fig. 1에서의 각 polypeptide 중에서 어느 것으로 이루어져 있는지는 동정할 수 없었다.

Tris-HCl 완충용액으로 추출한 단백질용액을 acetone으로 처리했을 때 단백질의 분리는 비교적 양호한 편이었으나 band들이 흐리게 나타난 것은 당근배양 세포내에 있는 단백질들의 양이 적은 데에 원인이 있는 것으로 생각되었다.

초 록

당근에서 cytokinin, auxin 또는 GA에 의해 조절되는 polypeptide 및 단백질들을 동정하기 위하여, kinetin, BA, IAA, NAA 혹은 GA₃가 각각 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶M인 배지에서 suspension culture 한 당근 callus들의 추출물의 전기영동양상을 조사하였다.

생장조절제를 처리하지 않은 callus에서 15개 polypeptide band가 관찰되었는데, 이들의 분자량은 각각 18.4, 20.2, 24.0, 34.9, 35.7, 37.4, 40.3, 42.2, 44.1, 44.4, 49.3, 55.0, 56.6, 58.1, 그리고 59.9KD였다.

Kinetin, BA, IAA, NAA 그리고 GA₃에 의하여 합성이 촉진되는 것으로 보이는 polypeptide band는 각각 2개, 6개, 1개, 2개 그리고 4개였고, 합성이 억제되는 것으로 보이는 것은 각각 5개, 3개, 4개, 3개, 그리고 2개였다. 분자량 40.3KD 및 42.2KD의 polypeptide들은 cytokinin류 생장조절제에 의하여 합성이 촉진되는 것으로 나타났고, 44.1KD의 것은 auxin류에 의하여 합성이 촉진되며 37.4, 44.4, 56.6KD의 것은 auxin류에 의하여 합성이 억제되는 것으로 나타났다.

Kinetin, BA, IAA, NAA 및 GA₃ 처리에서 상대 이동도가 0.56, 0.84, 0.92인 단백질 band들이 증가된 것이 관찰되었으나, 각 생장조절제들에 특유한 단백질은 동정할 수 없었다.

☆ ☆ ☆

본 연구의 수행에 있어서 여러가지 편의를 제공해주신 서울대학교 농화학과 김수일 박사님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. M.W. Batron, K.L. Edwards and T.K. Scott: The Development and Function of Roots, ed. by J.G. Torrey and D.T. Clarkson, pp.300~325, Academic press, Inc., New York (1975).

2. T.K. Scott: *Plant physiol.*, 23 : 235(1972).
3. N.C. Carpita and K.M. Tarmann: *Physiol. Plant.*, 55 : 149(1982).
4. J.R. Hillman: *Apical Dominance*, ed. by M.B. Wilkins, pp. 127~148(1984).
5. J.W. Mitchell, D.P. Skaggs and W.P. Anderson: *Science*, 114 : 159(1951).
6. P. Hedden: *Aspects of Gibberellin Chemistry*, ed. by N.B. Mandava, pp. 19~56(1979).
7. F. Skoog: *Plant Growth Substances 1979*, Springer-Verlag, Berlin (1980).
8. K.V. Thimann: *Senescence in plants*, CRC press Inc., Florida (1980).
9. J.W. Patrick: *Transport and Transfer processes in plants*, ed. by J. Passioura and I.F. Wardlaw, pp. 433~446, Academic Press, Inc., New York(1976).
10. I. Pillay and I.D. Railton: *Plant physiol.*, 71 : 972(1983).
11. S.T.C. Wright: *J. Experimental Botany*, 17 : 165(1966).
12. B. Parthier: *Biochemie und physiologie der Pflanzen*, 174 : 173(1979).
13. J.L. Key, N.M. Barnett and C.Y. Lin: *Ann New York Acad. Sci.*, 144 : 49(1967).
14. P. Filner and J.E. Varner: *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 58 : 1520(1967).
15. O.N. Kulaeva: *Plant Growth Substances 1979*, pp. 120~128, ed. by F. Skoog, Springer-Verlag (1980).
16. H. Kende, M. Fukuyama-Dilworth and R. deZacks: *Plant Growth Substances 1973*, pp. 675~681, Hirokawa pub. Co., Tokyo, (1973).
17. H.F. Howard and F.H. Witham: *Plant Physiol.*, 73 : 304(1983).
18. S.M. Yu and C.H. Kao: *Bot. Bull. Aademia*, 24 : 65(1983).
19. R. Eicholz, J. Harper, G. Felix and F. Meins: *Planta*, 158 : 410(1983).
20. T. Murashige and F. Skoog: *Physiol. Plant.*, 15 : 473(1962).
21. V. Hari: *Anal. Biochem.*, 113 : 332(1981).
22. U.K. Laemmli: *Nature(London)*, 277 : 680(1970).
23. B.J. Davis: *Ann. New York Acad. Sci. U.S.A.*, 121 : 404(1964).