

곤충호르몬의 작용기작과 그 이용방안

문 재 유

서울대 농업생명과학대학

서 론

곤충호르몬(insect hormone)은 곤충의 생체내에서 만들어지는 유기화합물이며, 미량으로 유효하게 작용한다. 곤충호르몬은 생체내외의 정보를 특정한 표적세포(target cell)에 전해하는 것에 의해 그 표적세포의 활동을 조절하여 곤충이 정상적으로 생명현상을 유지할 수 있는 상태로 해 주는 화학전달물질로서 작용한다.

곤충호르몬에는 중추신경계의 신경분비세포에서 합성·분비되는 신경펩티드호르몬(neuropeptide hormone)으로서, 전흉선자극호르몬(prothoracicotropic hormone, PTTH), 붐비신(bombyxin), 휴면호르몬(diapause hormone) 등이 있고, 상피계의 내분비선에서 합성·분비되는 유약호르몬(juvenile hormone, JH), 탈피호르몬(ecdysone)이 있다.

근래 곤충호르몬은 생화학, 분자생물학의 발전에 의해 그 구조나 작용기작 등이 밝혀지고 있으며, 또한 곤충호르몬 활성물질이 개발되어 산업적으로 해충방제, 양잠에 이용되고 있다.

1. 신경펩티드 호르몬(neuropeptide hormone)

1) 전흉선자극호르몬(PTTH)

누에에 있어서 PTTH는 뇌의 측방부에 있는 2쌍의 신경분비세포에서 합성·분비되며, 알라타체(corpora allata, CA)를 통해서 혈림프로 방출된다(Kawakami 등, 1990). PTTH는 분자량 30,000(Eri-잠 35,000, 담배나방 27,000)의 peptide로서 109개의 아미노산이 disulfide(S-S)결합으로 가교화된 dimer이다. PTTH는 전흉선에 작용해서 탈피호르몬(ecdysone)의 분비를 조절한다.

곤충에 있어서 peptide hormone의 일반적인 작용기작은 다음과 같다. Peptide hormone은 특정한 표적세포(target cell)에 있는 수용체(receptor)와 높은 특이성과 친화성을 가지고 결합해서 세포의 작용을 조절한다. 즉, 수용성의 peptide hormone은 표적세포의 세포

막을 통과할 수 없다. 따라서 이 peptide hormone은 표적세포의 막표면에 있는 특정한 receptor와 결합하는 것에 의해 세포내의 대사계를 활성화시켜 변화를 일으킨다. 세포막상의 receptor에 peptide hormone이 결합하면 receptor에 결합되어 있는 GTP결합단백질(G protein)을 통해 세포막내측에 있는 adenylate cyclase가 활성화되어 ATP에서 cyclic AMP(cAMP)가 만들어진다. 이 cAMP는 2차 messenger(세포내 messenger)로서 세포내의 효소 또는 분자계에 정보를 전하고, 이것에 응답한 protein kinase(cAMP의존성 protein kinase, A kinase)가 활성화되어 일련의 효소반응이 진행된다. 그 결과로 생성된 대사산물에 의해서 peptide hormone의 특이적인 기능이 발현된다(Horikoshi 등, 1996).

2) 붐비신(bombyxin)

누에에 있어서 bombyxin은 뇌의 중앙부 배측에 있는 4쌍의 신경분비세포에서 합성·분비되어 알라타체를 통해서 혈림프로 방출된다(Kawagami 등, 1990). Bombyxin은 분자량 5,000의 peptide로서 A쇄와 B쇄가 disulfide(S-S)결합을 하고 있다. Bombyxin은 돼지 insulin의 아미노산 배열과 비교해서 A쇄에는 50% 이상, B쇄에서는 30% 이상 상동한다.

누에에 있어서 bombyxin은 Eri-잠의 제뇌용에 대해 PTTH활성을 나타내지만, 누에에 대해서는 PTTH활성을 나타내지 않는다. 일반적으로 곤충에 있어서 bombyxin은 혈림프중의 혈당을 조절하는 기능이 있는 것으로 보고되고 있다.

3) 휴면호르몬(diapause hormone)

누에에 있어서 diapause hormone은 누에번데기 때 신도하신경절(SG)에 있는 DF세포(diapause factor cell)에서 합성·분비되어 혈림프로 방출된다. Diapause hormone은 24개의 아미노산으로 된 peptide이다(Imai 등, 1982). Diapause hormone은 누에알의 휴면을 조절하고 있는데, 누에알을 고온명칭청한 경우에 누에번데기 때 뇌에 있는 측진부에 의해 식도하신경절의 DF세포가 활성화되어 휴면호르몬이 분비

되고, 그 결과 누에나방은 휴면알을 산란한다. 그러나, 저온암최청을 할 경우에는 누에번데기 때 뇌에 있는 억제부에 의해 식도하신경절의 DF세포가 억제되어 휴면호르몬은 분비되지 않으며, 그 결과 누에나방은 비휴면알을 산란한다(Sonobe 등, 1982).

Diapause hormone의 작용기작을 보면 ovary에 있어서 trahalase활성화를 통해 glycogen함량을 증가시킴으로써 누에알의 휴면을 유도하는 것으로 알려지고 있다.

2. 탈피호르몬(ecdysone)

Ecdysone은 곤충의 전흉선에서 합성·분비되는 steroid 화합물이다. 곤충의 뇌에서 분비되는 PTTH가 전흉선을 자극하면 전흉선에서 ecdysone이 합성·분비된다. 이 때에 알라타체에서 유약호르몬이 분비되면 유충은 탈피한다. 한편, 유약호르몬의 분비가 없으면 ecdysone의 작용에 의해 유충은 용으로, 용은 성충으로 변태한다(大西, 1971).

곤충에 있어서 ecdysone은 Butenandt 등(1954)에 의해 누에번데기에서 처음으로 단리된 이래, 2-ecdysone(누에), 20-hydroxyecdysone(누에), 26-hydroxyecdysone(담배나방알), 20,26-hydroxyecdysone(담배나방)이 단리되었다. Ecdysone과 화학적으로 유사한 phytoecdysteroid로서, Takemoto 등(1967)에 의해 우슬뿌리에서 2종의 phytoecdysteroid가 발견되었으며, 현재 다른 식물에서 150종 이상의 phytoecdysteroid가 발견되고 있다.

곤충에 있어서 ecdysone은 전흉선에서 식물성 sterol에서 동물성 cholesterol로 전환되고, 다시 cholesterol에서 7-dehydrocholesterol, 3-dehydroecdysone을 거쳐 ecdysone이 합성된다. 곤충에 있어서 ecdysone의 분비조절을 보면, 뇌에서 분비되는 PTTH가 전흉선을 자극해서 ecdysone 분비를 촉진시킨다. 이 경우 ecdysone 분비는 전흉선의 PTTH에 대한 응답성의 변화에 따라 조절된다.

곤충에 있어서 ecdysone(ecdysteroid)의 작용기작을 보면 다음과 같다. 지용성의 ecdysone(ecdysteroid)은 표적세포의 막을 용이하게 통과할 수 있다. 따라서 이 ecdysone(ecdysteroid)는 세포내로 들어가 특정한 수용체(receptor)와 결합해서 hormone-receptor complex가 되어 핵안으로 들어간다. 이 hormone-receptor complex는 DNA의 특이적인 영역에 결합해서 특정한 유전자를 활성화시킨다. 이것에 의해서 유전자의 전사, mRNA의 생성, 핵외에서의 유전정보의 번역, 즉 특이적인 단백질 합성이 일어나 대사과정에 영향을

준다(Lepesant 등, 1989).

곤충에 있어서 ecdysone의 활성을 가진 ecdysteroid의 이용을 보면 옛날부터 ecdysteroid가 양잠의 상족효율화에 유효한 것으로 알려져 왔지만, 고가이므로 실용화되지 못하였다. 그러나 근래 ecdysteroid가 많이 함유되어 있는 식물들이 발견되고 있어 금후 양잠의 상족에 있어서 phytoecdysteroid의 이용이 기대되고 있다.

3. 유약호르몬(juvenile hormone, JH)

유약호르몬(JH)은 곤충의 알라타체(CA)에서 합성·분비되는 sesquiterpene 화합물이다. Wigglesworth(1934)에 의해 cecropia-잠에 JH가 존재한다는 것이 발견된 이래, Röller(1967)에 의해 JH가 단리되어 그 화학적 구조가 밝혀졌다. JH에는 탄소수가 하나씩 다른 JH-I, JH-II, JH-III가 있지만, 근래 담배나방 알에서 JH-I보다 탄소수가 1개 많은 JH-O가 단리되었다(Bergot 등, 1980).

곤충에 있어서 혈림프 중의 JH농도는 주로 생합성의 수준과 대사 수준에서 조절되고 있다. 즉, 알라타체에서 분비되는 JH 및 뇌에서 분비되는 PTTH에 의해 조절되고, 분비된 혈림프 중이나 세포에서 JH량은 JH-esterase 및 expoxide hydrolase의 분해작용에 의해서 조절되고 있다. 곤충에 있어서 JH는 유충의 형질 유지나 생색기관의 성숙화를 촉진하는 작용을 한다. 즉, 누에에 있어서 뇌에서 분비되는 PTTH가 전흉선을 자극하면 ecdysone이 분비되는데, 이 때에 알라타체에서 JH가 분비되면 유충은 번데기로 변태되지 않고 유충으로 탈피만 한다. 그러나 JH분비가 없으면 ecdysone의 작용에 의해 유충은 용으로, 용은 성충으로 변태한다.

곤충에 있어서 JH의 일반적인 작용기작을 보면 알라타체에서 합성·분비되어 혈림프 중에 방출된 JH는 혈림프 중에서 JH carrier protein에 의해 표피, 지방체 등의 target cell까지 운반되어 세포막을 통해 세포내로 들어가 receptor와 결합하여 hormone-receptor complex가 되어 핵안으로 들어간다. 이 hormone-receptor complex는 DNA의 특이적인 영역에 결합하여 특정한 유전자의 전사, 번역을 일으키게 한다.

곤충에 있어서 JH의 산업적 이용을 보면, 근래 많은 유약호르몬 활성물질이 합성되어 해충방제에 이용되고 있는데, 그 중에서 methoprene은 물속에 살포하여 모기가 성충이 되는 것을 억제시키거나, 가축사료에 혼합하여 배설물에 산란하는 파리류의 성

총화를 억제하는 효과가 있어 실용화가 기대되고 있다. 또한 양잠에 있어서 methoprene은 증견증사제로서 이용되고 있다. 한편, Bowers(1976)에 의해 엉겅퀴의 일종인 *Ageratum houstonianum*이라는 식물에서 항유약호르몬(anti-juvenile hormone) 물질인 precocene(I,II)이 발견된 이래, 항유약호르몬 물질이 많이 합성되어 해충방제나 양잠에 이용이 기대되고 있는데, 그 중에서 imidazole계 화합물은 양잠에 있어서 세섬도고치생산에 그 이용이 기대되고 있다(문 등, 1994).

요 약

곤충에 있어서 호르몬의 작용기작과 그 이용에 관하여 요약하면 다음과 같다. 곤충호르몬에는 중추신경계의 신경분비세포에서 합성·분비되는 peptide의 neuropeptide hormone (PTTH, bombyxin, diapause hormone 등)이 있고, 상피계의 내분비선에서 합성·분비되는 sesquiterpene의 유약호르몬(juvenile hormone)과 steroid의 탈피호르몬(ecdysone)이 있다. 곤충호르몬은 특정한 표적세포에 있는 수용체와 높은 특이성과 높은 친화성을 가지고 결합해서 세포의 작용을 조절한다. 일반적으로 peptide hormone은 표적세포의 세포막을 통과할 수 없으므로 표적세포의 막 표면에 있는 수용체와 결합하는 것에 의해 세포내 대

사제를 활성화시킴으로서 peptide hormone의 특이적인 발현되는 것으로 알려지고 있다. 한편, ecdysone과 같은 steroid hormone이나 juvenile hormone은 표적세포의 세포막을 용이하게 통과할 수 있으므로 세포내로 들어가 수용체와 결합해서 hormone-receptor complex가 된다. 이 hormone-receptor complex는 핵내로 들어가 DNA의 특이적인 영역에 결합하므로서 이들 호르몬의 특이적인 기능이 발현되는 것으로 알려져 있다. Ecdysone의 활성이 있는 ecdysteroid가 여러 식물에서 발견되고 있어, 금후 양잠의 상속에 이용이 기대되고 있다. 또한, 항유약호르몬(AJH) 활성물질인 imidazole계 화합물은 양잠에 있어서 세섬도고치 생산에 그 이용이 기대되고 있다.

참고문헌

- Julius J.M. et al.(1972), *Insect juvenile hormones*, Academic Press.
 Nijhout H.F.(1994), *Insect hormones*, Princeton University Press, USA.
 Novak V.J.A.(1966), *Insect hormones*, Methuen, London.
 大西英爾等(1995), *昆蟲の生化學·分子生物學*, 名古屋大學出版部.
 Wigglesworth W.B.(1970), *Insect hormones*, Oliver, Boyd, Edinburgh.