

植物生體膜과 除草劑 生理

具石鎮 (LG화학 기술연구원)

1. 序言

生體膜(biological membrane)은 生命體에 있어서 한 界(system)의 내부와 외부의 경계를 이루며 2중층의 燐脂質(lipid bilayer)을 기본구조로 하여 steroid와 蛋白質이 삽입되어 있다. 生命現狀은 일정한 환경속에서 이루어지는 것이므로 細胞의 내부조건은 변동이 심한 외부환경과 달리 비교적 일정하게 유지되는데 이는 일차적으로 生體膜의 기능에 의한 것이다. 따라서 生體膜은 空間的으로 界의 안팎을 구분할 뿐만아니라 機能的으로 界 내부의 환경을 유지하는 生命의 바탕이라고 할 수 있다. 生體膜의 이러한 조절기능은 그의 선택적 투과성에 바탕을 둔다. 親油性 物質이나 물은 일반적으로 生體膜을 비교적 자유로이 통과하나, 그외의 물질들은 자유로이 통과되는 경우가 적다. 生體膜에서의 통과가 자유롭지 않은 물질중 細胞에 필요한 것들은 細胞膜상에 있는 transporter나 carrier를 통하여 수송이 되는데 이때는 에너지를 필요로 하는 경우도 있다.

除草劑가 식물을 죽이는 것은 細胞내에 어떠한 생명현상을 방해하거나 교란하기 때문이다. 따라서 제초제가 그 효과를 발휘하기 위해서는 細胞내로 이동해들어와야 하며 이는 즉 최소한 한개이상의 生體膜을 통과하여야 한다는 것을 의미한다. 따라서 제초제의 生體膜 통과는 제초제 생리 이해에 있어서 매우 중요한 분야이다. 제초제의 生體膜 통과 유형은 크게 3가지 정도가 있는데 이는 擴散, carrier의존 통과, 弱酸의 통과이다.

2. 除草劑의 植物生體膜 통과 mechanism

가. 擴散 (diffusion)

많은 제초제는 親油性 물질이다. 親油性물질은 生體膜을 비교적 자유롭게 통과한다. 따라서 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 농도편차가 없어질 때까지 擴散되며 擴散의 속도는 물질고유의 擴散계수와 농도편차에 비례한다. 이 유형의 제초제는 투과정도가 약량 수준과 비례하고 경시적으로는 평형이 이루어질 때까지 증가하다가 평형이 이루어진 후에는 더 이상의 흡수가 일어나지 않는다.

나. Carrier-mediated transport

제초제 중에 전하를 띠고 있는 것들로는 paraquat, glyphosate, glufosinate 등이 있다.. 전하를 띠는 물질들은 生體膜을 자유로이 통과할 수 없고 이런 물질의 통과는 生體膜에 있는 carrier에 의하여 이루어진다. Paraquat는 2가의 양이온인데 이 제초제의 原形質膜 통과는 유사한 전하를 띠는 polyamine transporter에 의해 이루어진다는 것이 밝혀졌다. Glyphosate는 2가의 음이온을 띠고 있는데 이 제초제는 無機態 燐을 흡수하는 기능을 하는 phosphate transporter에 의하여 이루어지는 것으로 보인다. Carrier가 관여하는 원형질막 통과는 energy를 요구하며 통과량은 효소 kinetics와 유사하다. 즉, 통과량은 농도에 대해서는 포화반응 (saturation kinetics), 경시적으로는 일직선적인 반응을 보이며, 동일한 carrier를 통하여 통과하는 물질 (polyamine이나 phosphate)에 의해서는 경합을 보인다.

다. 弱酸과 ion-trap mechanism

弱酸은 낮은 pH에서는 해리정도가 적고 높은 pH에서는 해리정도가 많으며 고유의 해리

상수 (pKa)와 Handerson-Hasselbalch Equation에 의하여 해리정도는 예측된다. 弱酸은 해리되기 전에는 전하가 없으므로 親油性 물질과 유사하게 生體膜을 擴散에 의하여 통과한다. 그러나 해리가 되면 음전하를 띄게되므로 生體膜을 통과하지 못한다. 한편 식물細胞는 細胞質은 pH 7 이상, 細胞벽은 pH가 5 정도로 원형질막 사이에 두고 2 unit 이상의 pH차가 존재한다. pH가 낮은 원형질막 외부에서는 해리정도가 적으므로 다량의 해리되지 않은 분자가 존재하고 이것은 親油性이므로 細胞質쪽으로 擴散이동한다. 한편 細胞質 속으로 이동해 들어간 弱酸은 pH가 높으므로 바로 해리된다. 해리되어 이온화된 弱酸은 원형질막을 통과해서 밖으로 나가지 못하므로 細胞質 속에 갇히게 된다. 한편 해리되지 않은 형태의 弱酸은 細胞質속에서는 매우 미량으로 존재하므로 외부로부터 내부로 擴散입이 계속 존재한다. 결국 해리된 형태와 해리되지 않은 형태를 포함한 弱酸의 총량은 pH가 높은 細胞質내에 축적이 일어난다. 弱酸은 이와 같이 막을 가운데 두고 pH가 높은 곳에 축적이 일어나게 되는데 이러한 현상을 ion-trap mechanism이라고 한다. 따라서 弱酸의 막통과는 pH에 결정적인 영향을 받는다.

3. 除草劑 Quinclorac의 吸收

Quinclorac은 벼와 피간에 고도의 선택성을 가진 약제로이며 pKa= 4.35인 弱酸이다. Quinclorac의 흡수는 낮은 pH에서 많고 높은 pH에서 적었으며, 성장저해도 낮은 pH에서 강하였으므로 이 제초제의 흡수는 위에서 설명한대로 ion-trap mechanism에 의존하는 것으로 추정된다.

4. Quinclorac의 選擇性 설명 model

Quinclorac의 작용기구는 개발회사인 BASF사에서는 옥신형이라는 주장이 있고, 필자의 연구결과에 의하면 옥신적이기 보다는 細胞壁 생합성 저해제인 것으로 보여 아직 완전히 알려져 있는 상태는 아니다. 그러나 벼와 피간에는 細胞벽 생합성 저해 정도가 현저하게 다르므로 細胞壁에서의 감수성차이가 선택성의 本質인 것으로 보인다. 그러나 quinclorac의 선택성에 있어서 특별한 점은 벼에 대해서는 아무리 고약량을 처리하더라도 벼가 죽는 일은 없다는 것이다. 따라서 선택성의 정도가 무한대라고 말할 수 있는데 이에 대한 설명으로 quinclorac의 弱酸으로써의 성질과 水溶解度가 관여하는 것이 아닌가하는 필자의 제안이 있으며 이를 간단히 설명하기로 한다. Quinclorac은 용액중에 pH 5의 용액에서 10 μM이면 성장을 완전히 저해하는데 細胞質의 pH가 7이라고 가정하면 평형상태에서 細胞質내의 quinclorac 농도는 ion-trap mechanism에 의해서 1,000 μM이 되게 된다. 그런데 quinclorac의 수용해도는 300 μM으로써 평형농도의 1,000 μM 보다 훨씬 낮은 수치이다. 이것이 의미하는 바는 외부의 농도를 아무리 높여도 細胞質내의 농도를 300 μM이상으로는 높일 수 없다는 것이다. 만일 細胞質이 완전히 포화가 된 상태에서도 벼의 細胞壁 합성 저해정도가 致死수준 이하가 되면 벼는 외부에서 아무리 많은 양의 quinclorac을 투여해도 그 이상의 저해는 일어나지 않는다는 것이다. 따라서 벼는 일정수준 이상의 저해는 일어나지 않게 되므로 무한대의 약량수준에서도 견딜 수 있는 것으로 보인다. 이는 弱酸이라는 성질과 弱酸의 원형질막 통과법인 ion-trap mechanism, 그리고 水溶解度라는 3자가 교묘히 연관된 특별한 예라고 할 수 있다.

5. 結論

生體膜에서의 물질의 통과는 생명현상의 가장 본질적인 것의 하나이기 때문에 어떠한 분야와도 연관을 가질 수 밖에 없는 아주 중요한 것이다. 그러한 다양한 분야중의 하나로 제초제의 生體膜 통과를 유형별로 다루어 보았으며 한 예로 quinclorac의 選擇性에 있어서 生體膜의 관여하는 것을 보였다.