บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของเห็ดโคน

เห็ดโคนเป็นเห็ดที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาแตกต่างกันมาก ดอกเห็ดมีขนาดตั้งแต่ 2 - 30 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับชนิด แหล่งที่พบและความอุดมสมบูรณ์ของดิน หมวกดอกมียอดแหลม หรืออาจทู่ก็ได้ ก้านดอกโป่งออกเป็นกระเปาะบริเวณโคนก้าน กลาง หรือบริเวณใกล้หมวกดอก มีส่วนที่คล้ายรากหยั่งลึกถึงรังปลวก สปอร์สีขาวครีม ชมพู หรือน้ำตาลอ่อน(อนงค์, 2530 ; Bels and Pataragetvit, 1982 ; Singer, 1975) เส้นใยเห็ดโคนมีผนังค่อนข้างบาง ไม่มี clamp connections (Singer, 1975 ; Natarajan, 1979)

การศึกษาเกี่ยวกับเห็ดโคนส่วนใหญ่มุ่งเน้นถึงการหาวิธีการและสูตรอาหารที่จะทำให้เห็ดโคนออกดอกนอกเหนือจากธรรมชาติแต่ก็ยังไม่ประสพความสำเร็จ รายงานส่วนใหญ่จึงเป็นการสำรวจแหล่งที่พบเห็ดโคนขึ้นในธรรมชาติ และความก้าวหน้าในการศึกษานิเวศน์วิทยาของเห็ดโคน

การแพร่กระจายและแหล่งที่พบเห็ดโคน

การแพร่กระจายของเห็ดโคนเริ่มจากทวีปอาฟริกาเข้าสู่ทวีปเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยผ่านทางปากีสถาน อินเดีย ศรีลังกา เข้าสู่มาเลเซีย คาบสมุทรอินโดจีน อินโดนีเซีย บอร์เนียว ฟิลิปปินส์ ส่วนทางตอนใต้ของจีนและเกาะไต้หวันพบอยู่น้อย(Batra and Batra, 1977)

มีรายงานการสำรวจพบเห็ดโคนขึ้นในธรรมชาติที่ประเทศต่าง ๆ ทั้งในทวีปอาฟริกาและเอเชียดังนี้ เช่น อาฟริกาใต้ ไนจีเรีย แซมเบีย นามีเบีย อินเดีย จีน ฟิลิปปินส์ และประเทศไทย เป็นต้น(อนงค์, 2530 ; โอภาส สาโรช กริชชัย สุวิทย์ และประยุทธ, 2526 ; Zang, 1981 ; Yang, 1990 ; Quimio, 1977 ; Aich, 1977 ; Piearce, 1987 ; Botha and Eicker, 1991 ; Zoberi, 1973)

จากการสำรวจเห็ดโคนในเมืองไทยของ Bels และ Patargetvit (1982) พบเห็ดโคน 4 ชนิด คือ *T. clypeatus* *T. fuliginosus* และ *T. globulus* ที่จังหวัดกาญจนบุรี ในเดือนตุลาคม ส่วนอีกชนิดหนึ่งคือ *T. mammiformis* พบที่จังหวัดเชียงใหม่ ในเดือนกันยายน

โอภาส และคณะ (2526.) พบเห็ดโคน 3 ชนิด คือเห็ดปลวกปี ขึ้นในเดือนมิถุนายน ซึ่งเป็นระยะเริ่มต้นของฤดูฝนที่อำเภอม่วงสามสิบ จังหวัดอุบลราชธานี ชนิดที่ 2 คือ เห็ดโคนขาไก่หรือเห็ดโคนใหญ่ ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ขึ้นในเดือนกรกฎาคม-กันยายน ชนิดที่ 3 เห็ดโคนข้าวตอก *T. fuliginosus* ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Piearce (1987) ศึกษาเห็ดโคน *Termitomyces* ซึ่งมีศูนย์กลางการแพร่กระจายอยู่ในอาฟริกาและอินเดีย และประเทศแซมเบีย จะมีเห็ดโคนขึ้นเป็นช่วงสั้น ๆ ประมาณเดือนพฤศจิกายน-มกราคม จะพบมากในเดือนธันวาคม

<u>ชีวเคมีในเห็ดโคน</u>

เห็ดโคนเป็นเห็ดที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีรายงานการวิจัยสารชีวเคมีในเห็ดโคนดังนี้ Rohrmann และ Rossmann (1980) พบว่า ในดอกเห็ดโคน(basidiocarp) มีไคตินเป็นองค์ประกอบถึง 2.7 % และมีโปรตีนสูงถึง 38 % Botha และ Eicker (1991) ศึกษาเห็ดโคน 4 ชนิดจากอาฟริกาใต้ ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น(essential amino acid)ถึง 10ชนิด และกรดอะมิโนไม่จำเป็น(non essential amino acid) อีก 8 ชนิด

เห็ดโคนสามารถย่อยสลายลิกนินได้ เพราะมีแอคติวิตี้ของเอ็นไซม์ laccase และ polyphenol oxidase (Hakin, Larsen, and Obst, 1974) ในปี 1983 Osore และ Okech สามารถสกัดเอ็นไซม์ cellulase และ beta-glucosidase จาก conidiophores และ fruit bodies ของเห็ดโคนได้ และในปี 1985 Mishra และ Sen-Sarma รายงานว่า *T. albuminosus* ในรังเห็ดสามารถสังเคราะห์เอ็นไซม์ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตได้หลายชนิด เช่น sucrase maltase melibiase cellobiase lactase amylase xylanase cellulase และ galactanase

Ghosh, Banerjee และ Sengupta (1980) ได้สกัดและศึกษาคุณสมบัติของ เอ็นไซม์ xylan hydrolase จากเห็ดโคน *T. clypeatus* ในปี 1987 Ghosh และ Sengupta สามารถสกัดเอ็นไซม์ amylase จากอาหารเลี้ยงเส้นใยได้ และในปี 1990 Senggupta and Senggupta รายงานว่า เส้นใยของเห็ดโคน *T. clypeatus* ที่เลี้ยงในอาหารสำเร็จรูปสามารถผลิตเอ็นไซม์ cellobiase และปล่อยออกมานอกเซลล์ได้

การเพาะเลี้ยงเห็ดโคนในสภาวะควบคุม

นักวิชาการและนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศพยายามหาวิธีเพาะเลี้ยงเห็ดโคน ทั้งวิธี เลียนแบบธรรมชาติและในอาหารสังเคราะห์(ยงยุทธ สมศักดิ์ ธำรงศักดิ์ และไพบูลย์ 2520 ; สาโรช กริชชัย ประยุทธ สุวิทย์ โอภาส , 2526 a ; 2526b ; Batra and Batra, 1977 และ Thomas, 1987a) แต่ก็ยังไม่สามารถทำให้เห็ดโคนออก ดอกในสภาวะควบคุมได้

Batra และ Batra (1977) ศึกษาการใช้สูตรอาหารพื้นฐาน(basal medium) ที่มีแหล่งคาร์บอน ไนโตรเจนและวิตามิน ในการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดโคน *T. albuminosus* พบว่าสูตรอาหารที่มีสารละลายที่กรองจากเส้นใย *Xylaria* อายุ 14 วัน เส้นใยมีการเจริญเติบโตมากที่สุด และพบว่าวิตามินที่จำเป็นต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดโคน คือไทอะมีน(thiamine) ไบโอติน(biotin)และ ไพริดอกซิน (pyridoxine)

Thomas (1987b) ได้ทดลองเลี้ยงเส้นใยของ *Termitomyces spp.* 8 ชนิด ในอาหารสังเคราะห์ พบว่ามีการเจริญของเส้นใยไม่แตกต่างกัน

ยงยุทธ และคณะ (2520) เพาะเลี้ยงเห็ดโคนในอาหารวุ้น 11 สูตร และเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใย พบว่าอาหารสูตรที่มีน้ำต้มเห็ดโคน จะให้เส้นใยที่มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด

สาโรช และ คณะ (2526a) ศึกษาวัสดุที่เห็ดโคนขึ้นในธรรมชาติ คือ อินทรีย์วัตถุที่ประกอบเป็นรังเลี้ยงตัวอ่อนของปลวก ในระยะที่เห็ดกำลังขึ้นมีความชื้นสูง pH อยู่ในช่วง 5.0-5.5 อุณหภูมิภายในรังปลวกขณะเห็ดขึ้นอยู่ในช่วง 28-30 องศาเซลเซียส ความชื้นในบรรยากาศประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิภายนอกรังปลวกประมาณ 26-27 องศาเซลเซียส

สาโรช และคณะ (2526b). ศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาการของเห็ดโคนข้าวตอก(*T. fuliginosus*)ภายในรังปลวกธรรมชาติและภายในโหลทดลองพบว่า การเกิดดอกเห็ดเริ่มต้นจากเส้นใยเห็ดภายในรังปลวกรวมตัวกันอย่างไร้ระเบียบ เป็นตุ่มเห็ดที่มี ลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3-1.0 เซนติเมตร ยึดติดกับผิวหน้าของรังปลวก จากนั้น ส่วนของตุ่มเห็ดที่สัมผัสกับรังปลวกจะยืดออกเป็นเบสิดิโอคาร์พ(basidiocarp) และยืดยาวออกเรื่อย ๆ จนชนเพดานของโพรงดินเหนียวที่หุ้มรังปลวกแล้วดันแทรกดินเหนียวของจอมปลวกออกสู่ภายนอก ขณะที่เบสิดิโอคาร์พเริ่มดันแทรกดินจอมปลวกอยู่นั้นก็จะเริ่มมีการสร้างหมวกเห็ดปรากฏให้เห็นที่ปลายแหลมของมัน

ขนาดของหมวกเห็ดจะโตขึ้นเรื่อย ๆเมื่อเคลื่อนเข้าใกล้ผิวดิน เมื่อโผล่พ้นดินก้านดอกจะยืดยาวออกได้อีกเล็กน้อยพร้อมทั้งหมวกเห็ดที่เจริญเต็มที่แล้วก็จะบานออกปล่อยเบสิดิโอสปอร์ (basidiospore)สีครีมอ่อน ๆ รูปไข่ขนาดประมาณ 1 ไมครอน

เห็ดโคนขาไก่มีลำดับการเจริญเติบโตและพัฒนาการแตกต่างไปจากเห็ดโคนข้าวตอก ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมเส้นใยภายในรังปลวกจะรวมตัวกันอย่างไร้ระเบียบเป็นตุ่มเห็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ0.5-1.0เซนติเมตร จาก นั้นตุ่มเห็ดจะเจริญยืดยาวออกเป็นแท่งเบสิดิโอคาร์พที่มีลักษณะแข็งและปลายแหลม แท่งเบสิดิโอคาร์พเจริญยาวขึ้นเรื่อย ๆ แล้วดันแทรกดินเหนียวจอมปลวกออกสู่ภายนอก ส่วนของหมวกเห็ดเจริญออกมาสังเกตได้เมื่อเบสิดิโอคาร์พเกือบถึงผิวดินเมื่อเห็ดโผล่พ้นผิวดินแล้วจะมีการเติบโตขยายขนาดทางด้านกว้างเบสิดิโอคาร์พยืดยาวได้อีกเล็กน้อยหมวกเห็ดที่โตเต็มที่แล้วก็บานออกในลักษณะโค้งจากแนวระนาบประมาณ10-20 องศา เบสิดิโอสปอร์เป็นรูปไข่ ขนาดประมาณ1ไมครอน มีสีขาวนวล (สาโรช และคณะ. 2526b.)

<u>การจำแนกชนิดของเห็ดโคน</u>

การจำแนกเห็ดโคนส่วนใหญ่ ใช้การศึกษาลักษณะทั่ว ๆไป เช่น ลักษณะและขนาดของหมวกดอก ก้านดอก สปอร์ basidium cystidia pseudorhiza และ การมีวงแหวนหรือไม่มี Heim (1962)สามารถจำแนกเห็ดโคนได้ถึง 9 ชนิด มีคำบรรยายลักษณะต่าง ๆของแต่ละสปีชีส์ ไว้อย่างละเอียด

Natarajan (1979) ศึกษาลักษณะของเห็ดโคน *Termitomyces heimii* โดยใช้ลักษณะและขนาดของ หมวกดอก ก้านดอก สปอร์ basibium cystidia pseudorhiza และการมีวงแหวน มีคำบรรยายลักษณะต่าง ๆไว้อย่างละเอียด

อนงค์ (2520) อ้างถึงการจำแนกเห็ดโคนของ ดร. Heim โดยแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ เห็ดโคนพวกหนึ่งจะเจริญบนผิวดินจอมปลวก และอีกพวกหนึ่งเป็นเห็ดโคนที่มีรากหยั่งลึกลงไปใต้ผิวดินจนถึงรังปลวก มีทั้งหมด 9 ชนิด ทุกชนิดรับประทานได้

เกษม (2537) ศึกษาลักษณะของเห็ดโคน Termitomyces 4 ชนิด คือ *T. albuminosa T. cartilagineus T. clypeatus*และ*T. fuliginosus.* โดยใช้ ลักษณะและขนาดของหมวกดอก ก้านดอก สปอร์ pseudorrhiza ในการจำแนกชนิดของเห็ดโคน มีรูปประกอบคำบรรยายลักษณะต่าง ๆ

ไอโซไซม์และอิเลคโตรโฟริซิส

ไอโซไซม์ เป็นโปรตีนที่มีประจุซึ่งเกิดจาก หมู่อะมิโน หมู่คาร์บอกซิล และหมู่ฟังก์ชั่นในสายรอง(side chain)ของกรดอะมิโนที่ประกอบขึ้นเป็นโปรตีน เมื่อเคลื่อนที่ในกระแสไฟฟ้าแล้วสามารถตรวจสอบได้ โดยการนำ substrate ที่ทำปฏิกิริยาเฉพาะกับเอ็นไซม์ที่ถูกแยกด้วยกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นแถบ(band) ซึ่งแสดงความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ศึกษาได้ (สุจิตรา , 2535)

การศึกษาไอโซไซม์เริ่มตั้งแต่ปี 1950 โดยอาศัยวิธีโครมาโตกราฟีและอิเลคโตรโฟริซิสแบบกระดาษ Smithies (1955) ได้พัฒนาเทคนิคอิเลคโตรโฟริซิสชนิดเจลแป้ง และสามารถย้อมสีเอ็นไซม์โดยตรงบนเจลแป้ง ซึ่ง Hunter และ Market(1957) ได้เสนอให้ใช้คำว่า ไซโมแกรม (zymogram) เพื่อแสดงถึงแถบของเอ็นไซม์ที่ปรากฏบนแผ่นเจล และให้นิยามคำว่า ไอโซไซม์ หมายถึงเอ็นไซม์ที่มีโมเลกุลหลายรูปแบบแต่เร่งปฏิกิริยาเดียวกันในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน สามารถแยกออกจากกันได้โดยใช้อิเลคโตรโฟริซิส

ดังนั้นอิเลคโตรโฟริซิสจึงเป็นคำที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้า ส่วนใหญ่เป็นสารโพลิเมอร์ในทางชีวภาพ (biological polymer) ซึ่งมีประจุจึงสามารถเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าได้ อาศัยคุณสมบัติดังกล่าวนี้ เทคนิคอิเลคโตรโฟริซิสจึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาคุณสมบัติของแมคโครโมเลกุล(macromolecule) เช่น โปรตีน (อาภัสสรา , 2537)

จากรายงานของ Okunishi (1979) ซึ่งใช้อิเลคโตรโฟริซิส ศึกษาคุณสมบัติของเอ็นไซม์ 6 ระบบ ที่สกัดจากเส้นใย primodium ก้าน หมวกเห็ด และ hymenophore ของเห็ดหอม(*Lentinus edodes* SJ 8541) ได้แก่ เอ็นไซม์ esterase acid phosphatase malate dehydrogenase glucrose-6-phosphatedehydrogenase และ 6-phosphogluconate dehydrogenase และเอ็นไซม์ esterase ที่สกัดจากเห็ด *Corpinus kimurae* AJ 8239 *Polyporellus brumalis* AJ 8169 พบว่า เอ็นไซม์ esterase tyrosinase malate dehydrogenase และ 6-phosphogluconate dehydrogenase มีคุณสมบัติเป็นไอโซไซม์ และยังพบว่า เอ็นไซม์ esterase จะมีรูปแบบของไอโซไซม์ ที่แตกต่างกันใน เส้นใย primordium ก้านดอกและหมวกเห็ด

Toyomasu และ Zennyozi (1981) พบว่าสามารถใช้ electrophoresis patterns ของเอ็นไซม์ esterase ribonuclease glucrose-6 phosphate dehydrogenase และ malate dehydrogenase ที่สกัดจากเส้นใยของ เห็ดหอม ในการจำแนก สายพันธุ์ ของเห็ดหอมได้

Royes และ May (1982) ศึกษาความปรวนของไอโซไซม์ 20 ระบบของเห็ด *Agaricus brunnescens* 34 สายพันธุ์ที่มีการเพาะเลี้ยงเป็นการค้า และ 162 สายพันธุ์ของศูนย์รวบรวมพันธุ์เห็ดมหาวิทยาลัยเพนซิลเวเนีย โดยศึกษาจากสารสกัดเอ็นไซม์จากเส้นใย และจากการตรวจสอบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของไอโซไซม์ในเห็ดชนิดนี้จากสปอร์ของดอกเห็ดที่เป็น heterozygote พบว่ามีการกระจายของยีนเป็นไปตามกฎของเมนเดล จึงทำให้ทราบว่าเห็ดที่มีการเพาะเลี้ยงเป็นการค้านี้ 27 พบมีความปรวนทางพันธุกรรมที่ยีน 5 ตำแหน่ง แต่อีก 5 สายพันธุ์เป็นเกิดจากสปอร์เดียว(monoculture)

Electrophoresis pattern ของ เอ็นไซม์ 9 ชนิด ของเส้นใยเห็ดหอม 93 สายพันธุ์ ที่วิเคราะห์ได้สามารถใช้แยกความปรวนของเห็ดหอมในธรรมชาติได้ โดยพบว่าเห็ดหอมจากประเทศญี่ปุ่น จีน ปาปัว นิวกีนี และนิวซีแลนด์ แต่ละสายพันธุ์มี Isozyme pattern ของ เอ็นไซม์ 9 ชนิดที่แตกต่างกัน ยกเว้น เห็ดหอมที่มาจากประเทศญี่ปุ่นและจีน มี Isozyme pattern ใกล้เคียงกัน (Fukuda and Tokimoto, 1991)

Sen และ Hepper (1986) อ้างถึง Rosendahl และ Sen กล่าวว่า การใช้เทคนิค ไอโซไซม์ในการจำแนกราวีเอไมโครไรซ่า โดยศึกษาจาก pattern ของ isozymes ที่สกัดจากสปอร์ของราวีเอไมโครไลซ่าสกุล Glomus 5 ชนิด พบว่าเอ็นไซม์ malate dehydrogenase เป็นชนิดที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเชื้อราได้ดีที่สุด

ในปี 1987 Wang and Wang ใช้อิเลคโตรโฟริซิสของเอ็นไซม์ esterase polyphenol oxidase cytochrome oxidase peroxidase alcohol dehydrogenase lactic dehydrogenase acid phosphatase malate dehydrogenase และ โปรตีน ในการทำนายลักษณะที่ดีของสายพันธุ์เห็ดแชมปิญอง (*Acaricus bisporus*) ขณะที่เป็นเส้นใยก่อนที่จะนำไปเพาะเลี้ยง เพื่อลดระยะเวลาในการคัดเลือกพันธุ์

สุจิตรา (2535ก) ใช้เทคนิค horizontal starch gel electrophoresis ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของไอโซไซม์ของสนสองใบ จากเอ็นไซม์ LAP พบว่าถูกควบคุมด้วยยีน 2 ตำแหน่ง คือ LAP-A มี 2 อัลลีล คือ A_0 และ A_1 และ LAP-B มี 2 อัลลีล คือ B_1 และ B_2 อัลลีล A_0 เป็นยีนด้อย(recessive gene) ไม่สามารถแสดงฟีโนไทป์ออกมาได้ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ยาก แต่สามารถศึกษาได้อิเลคโตรโฟรซิส ซึ่งยีน LAP มีการถ่ายทอดลักษณะการกระจายตัว(segregation)เป็นไปตามกฎของเมนเดล

การศึกษา isozyme gene maker ในไม้ป่าและไม้ป่าชายเลนบางชนิด โดยเอ็นไซม์ 11 ระบบ พบว่าสามารถวินิจฉัยตำแหน่งของยีนได้ถึง 8 ตำแหน่ง คือ LAP-A, LAP-B, GOT-A, 6-PGDH, SKDH-A G-6PDH-A และ FADH-A ซึ่งเป็นผลมาจากความปรวนทางพันธุกรรมจริง ไม่ได้เป็นผลมาจากปัจจัยอื่น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้กับการวางแผนพันธุ์ไม้ป่าในเมืองไทยได้ (สุจิตรา, 2535 ข)

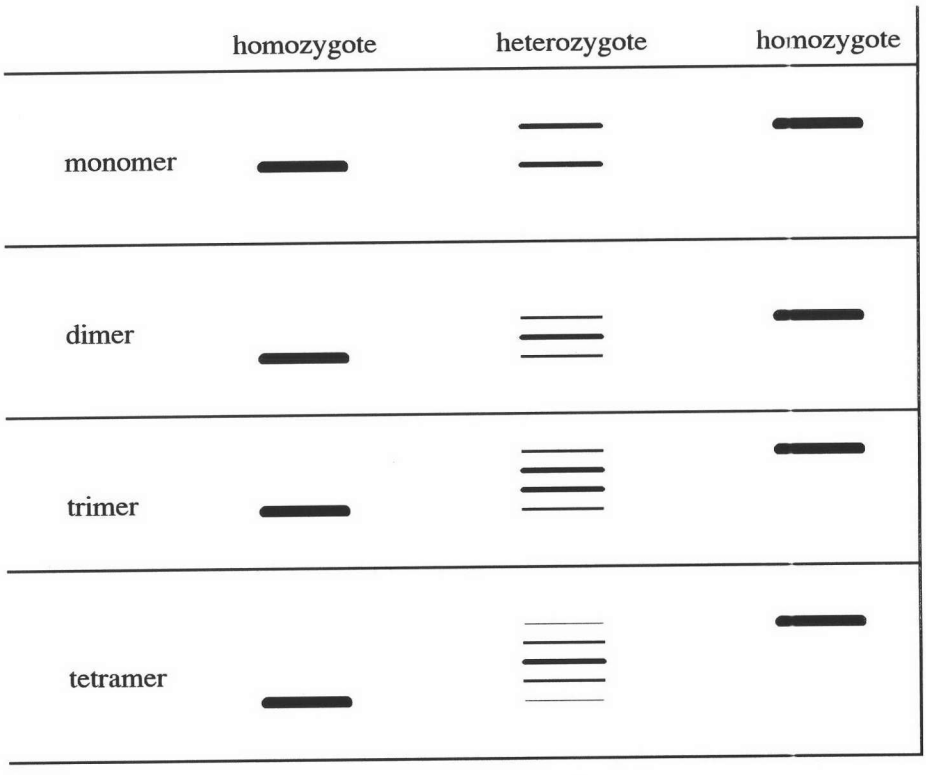
สุจิตรา (2536) ศึกษาความปรวนทางพันธุกรรมของแม่ไม้สะเดาไทยโดยใช้ไอโซไซม์ 11 ระบบ จากใบอ่อนของแม่ไม้ พบว่า ความปรวนของยีน 4 ตำแหน่ง ใน 31 clones ของแม่ไม้ ช่วยในการปรับปรุงพันธุ์และการอนุรักษ์

และในปี 1995 Changtragoon ศึกษาตำแหน่งของยีนควบคุม isozyme phenotype ของ ไอโซไซม์ 11 ชนิดในสนสองใบ(*Pinus merkusii*) ซึ่งมีการกระจายตัวเป็นไปตามกฎของเมนเดล พบว่ายีนควบคุม ไอโซไซม์ 11 ตำแหน่งเป็น polymorphic และอีก 7 ตำแหน่ง เป็น monomorphic และจากการตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของ 11 ประชากรของสนสองในประเทศไทย พบว่า มีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำเนื่องจากมีการผสมตัวเอง

จะเห็นว่าการศึกษาฟีโนไทป์ของไอโซไซม์ จำเป็นต้องทราบว่าไซโมแกรมแต่ละแถบเป็นผลมาจากความปรวนทางพันธุกรรม และมีการถ่ายทอดลักษณะการกระจายตัวเป็นไปตามกฎของเมนเดล และการวิเคราะห์ไซโมแกรม ที่เกิดขึ้นบนเจลแป้งจำเป็นต้องทราบลักษณะพื้นฐานทางพันธุกรรมของไอโซไซม์แต่ละชนิด เพราะไอโซไซม์เกิดจากความแตกต่างของชนิดของสายโพลีเปปไทด์และจำนวนของหน่วยย่อย(subunit) ตารางที่ 2 โดยเอ็นไซม์ที่เป็นโมโนเมอร์ประกอบด้วย 1 สายของโพลีเปปไทด์ ซึ่งถูกควบคุมโดยยีน 1 คู่ 2 อัลลีล จากพ่อและแม่ ดังนั้น ถ้าลูกเกิดจากการผสมของพ่อและแม่ที่มีอัลลีลต่างกัน แสดงว่ามี จีโนไทป์ เป็นแบบ heterozygote

จะปรากฏแถบสี 2 แถบเหมือนทั้งพ่อและแม่ ส่วนเอ็นไซม์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลมากกว่า 1 หน่วย(multimeric enzymes) จะปรากฏแถบสีดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะของไซโมแกรมของ homozygote และ heterozygote ของเอ็นไซม์ที่เป็น monomer dimer trimer และ tetramer



ที่มา : Harris และ Hopkinson (1976)