บทที่ 2

การสำรวจเอกสาร

ข้าวบาร์เลย์ Hordeum vulgare L. emend Lam. เป็นธัญพืชที่สำคัญอันดับ 4 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าว และข้าวโพด มีพื้นที่ปลูก 11 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกธัญพืชทั้งหมดของโลก ผลผลิตใช้เป็นอาหารสัตว์มากกว่า 5Ø เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งหมด และประมาณ 3Ø เปอร์เซ็นต์ใช้ผลิตมอลท์เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเบียร์ นอกจากนี้ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์และแปรรูปเป็นอาหารของมนุษย์ ในประเทศไทยปัจจุบันยังไม่สามารถผลิตข้าวบาร์เลย์ได้เพียงพอ และต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นมูลค่าปีละหลายร้อยล้านบาท (Department of Custom ,1983)

ในประเทศไทยปี 2517 กรมวิชาการเกษตรได้นำพันธุ์ข้าวบาร์เลย์จากต่างประเทศเข้ามาปลูกเพื่อคัดเลือกพันธุ์ หลังจากนั้นเป็นต้นมาได้มีการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีการผสมและคัดเลือกพันธุ์จนกระทั่งปัจจุบัน ส่วนการปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำให้เกิดมิวเตชันเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าจะทำการศึกษา การศึกษาการชักนำให้เกิดมิวเตชันในพืช เพื่อที่จะทราบว่าสิ่งชักนำให้เกิดมิวเตชันนั้นมีผลอย่างไรบ้างต่อพืชทดลอง และเป้าหมายหลักก็เพื่อศึกษาแนวโน้มในการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ได้ลักษณะตามต้องการ

ต้นศตวรรษที่ 2Ø Hugo de Vries เป็นบุคคลแรกที่เข้าใจบทบาทของมิวเตชันที่มีต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ต่อมา Stadler (1928) ได้พบว่ารังสีเอ็กซ์และรังสีแกมมาสามารถทำให้เกิดมิวเตชันในข้าวบาร์เลย์และข้าวโพดได้ หลังจากนั้นประมาณต้นปี 194Ø เป็นต้นมา ได้มีการนำวิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำให้เกิดมิวเตชันมาใช้เป็นวิธีใหม่ มิวเตชันแบ่งได้เป็น การเปลี่ยนแปลงระดับยีน (gene mutation) จากการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้ allele เดิมเปลี่ยนเป็น allele ใหม่ได้ และการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม (chromosome aberration) ได้แก่ การจัดเรียงตัวกันใหม่ และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม เช่น deletion ,inversion และ translocation เป็นต้น (Briggs,1978) จากการชักนำให้เกิดมิวเตชันด้วยรังสีแกมมาในบัวจีน ผลปรากฏว่าทำให้เกิดความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์ปลายรากแบบต่าง ๆ ได้แก่ acentric fragment, chromatid gap และ ring chromosome เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบความผิดปกติของโครโมโซมในไมโครสปอร์ขณะแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซีส และขณะมีไซโตไคนีซีส (กันยารัตน์ ไชยสุต, 2532)

การชักนำให้เกิดมิวเตชันเพื่อปรับปรุงพันธุ์พืชพบว่ารังสีแกมมาที่ปริมาณพอเหมาะจะทำให้ได้พืชสายพันธุ์ใหม่ที่มีประโยชน์เป็นปริมาณมากกว่าการใช้รังสีปริมาณสูง และการใช้รังสีปริมาณต่ำจะทำให้เกิดมิวเตชันแบบ micro-lesion รังสีปริมาณสูงจะทำให้เกิดมิวเตชันแบบ macro-lesion ซึ่งมักจะทำให้ได้พืชที่มีคุณสมบัติในทางลบ และการเกิดมิวเตชันที่จะทำให้ได้พืชสายพันธุ์ใหม่ที่มีประโยชน์มักจะได้จากลูกใน M_2 หรือ M_3 generation หรือในรุ่นที่ลูกมีการผสมพันธุ์กันและเข้าสู่สภาพ homozygous (Tavcar, 1965) จำนวนพันธุ์พืชมิวแตนท์ที่ได้จากการปรับปรุงในประเทศต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1. แสดงจำนวนพันธุ์พืชมิวแตนท์ที่ได้จากการปรับปรุงในประเทศต่างๆ (Bhatia, 1989)

ประเทศ	จำนวนพันธุ์	ประเทศ	จำนวนพันธุ์
จีน	241	ออสเตรีย	18
อินเดีย	166	อังกฤษ	17
เนเธอร์แลนด์	162	อิตาลี	16
สหภาพโซเวียต	91	เบลเยียม	14
ญี่ปุ่น	81	ฮังการี	12
สหรัฐอเมริกา	66	ปากีสถาน	11
บราซิล	27	แคนาดา ฟินแลนด์ และ	
ฝรั่งเศส	23	โคด ไอวอรี ประเทศละ	1Ø
บัลแกเรีย	21	ไทย	4
สวีเดน	19	ประเทศอื่น ๆ	139
		รวม	1188

พืชที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์แล้วด้วยวิธีการชักนำให้เกิดมิวเตชันได้แก่ในกลุ่มธัญพืช 67Ø พันธุ์ พืชอื่น ๆ รวมทั้งไม้ประดับ 523 พันธุ์ พืชน้ำมัน 73 พันธุ์ และถั่ว 58 พันธุ์ ในกลุ่มของธัญพืชพบว่าได้รับความสำเร็จมากที่สุดแบ่งเป็นข้าว 231 พันธุ์ ในจำนวนนี้มีข้าวไทยอยู่ 3 พันธุ์คือ กข 6 กข 15 และ กข 1Ø สองพันธุ์แรกได้จากการฉายรังสีแกมมาข้าวขาวดอกมะลิ 1Ø5 และพันธุ์หลังได้จากการฉายรังสีนิวตรอนเร็วข้าวพันธุ์ กข 1 ส่วนธัญพืชอื่น ๆ ที่ได้รับความสำเร็จรองลงมาคือข้าวสาลี Triticum aestivum (6X) 115 พันธุ์ ข้าวสาลี T. turgidum (4X) 19 พันธุ์ ข้าวบาร์เลย์ Hordeum spp. 137 พันธุ์ ข้าวโอต 14 พันธุ์ ข้าวไรย์ 6 พันธุ์ ข้าวฟาง 4 พันธุ์ ข้าวฟางไข่มุก 1 พันธุ์ และอื่น ๆ อีก 5 พันธุ์

การปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำให้เกิดมิวเตชันในพืชชนิดต่าง ๆ พบว่าลักษณะที่ปรับปรุงแล้วได้แก่ ปริมาณผลผลิต การออกดอก ช่วงเวลาการออกดอก ลักษณะต้นเตี้ย การต้านทานต่อการหักล้ม การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน เมล็ดต้านทานต่อการแตกหักและร่วงหล่น การต้านทานต่อโรค แมลง ความแห้งแล้ง อุณหภูมิสูง อุณหภูมิต่ำ การปรับปรุงปริมาณและคุณภาพของแป้ง และโปรตีน

Gaul (1977) ได้รายงานถึงผลของรังสีต่อข้าวบาร์เลย์ใน M_1 generation ว่ารังสีทำให้ต้นได้รับอันตราย ตาย เป็นหมัน และมีผลต่อส่วนประกอบของเซลล์ความสูงของต้น กล้า ความยาวราก ความงอกของเมล็ด ความอยู่รอด จำนวนช่อต่อต้น จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนเมล็ดต่อรวง และเขาอ้างถึงการทดลองที่แล้ว ๆ มาว่าปริมาณรังสี 10-14 กิโลแรด จะทำให้ความสูงของต้นกล้า ความอยู่รอดและความยาวรากของข้าวบาร์เลย์ลดลงสัมพันธ์กับปริมาณรังสี มีรายงานอื่น ๆ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่าง ๆ ของข้าวบาร์เลย์เนื่องจากการเกิดมิวเตชันด้วยรังสี

<u>การเปลี่ยนแปลงลักษณะทรงต้น</u>

การชักนำให้เกิดมิวเตชันในข้าวบาร์เลย์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบทรงต้น ได้แก่ การทำให้ปล้องสั้นเรียกว่า erectoides และต้านทานต่อการหักล้ม (Kleinhofs et al., 1978) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการชักนำให้เกิดมิวเตชันในข้าวบาร์เลย์ด้วยรังสีแกมมา ทำให้ได้ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ต้นเตี้ยแบบต่าง ๆ ได้แก่ erectoides (Donini and Devreux, 1970 ; Abdalla et al., 1980) ต้นเตี้ยแบบ semi-dwarfs (Bansal, 1972 ; Yamashita, Ukai and Yamaguchi,1972 ; Kivi, Rekunen and Gorastev,1976) ต้นเตี้ยแบบ dwarf (Stephanov and Gorastev,1976) ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ต้นเตี้ยบางสายพันธุ์ได้ถูกปรับปรุงจนกระทั่งเป็นพันธุ์ที่สำคัญทางการค้าได้แก่พันธุ์ Pallas ของสวีเดน มีการปลูกอย่างกว้างขวางทางตอนเหนือและตะวันตกของยุโรป (Gustafsson et al., 1971) พันธุ์ Gamma No.4 ของญี่ปุ่น (Matsuo and Yamaguchi,1967) และพันธุ์ Diamant ของเชคโกสโลวาเกีย (Bouma,1967) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ารังสีแกมมาสามารถชักนำให้ได้ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ต้นสูง (Tavcar, 1965 ; Gill, Nanda and Karam, 1974 ; Ibrahim and Sharaan,1974) การเปลี่ยนแปลงลักษณะของทรงต้นอีกอย่างหนึ่งคือการแตกหน่อ มีรายงานว่าข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์บางสายพันธุ์แตกหน่อจำนวนมาก (Sethi,1975) ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์พันธุ์ Diamant นอกจากต้นเตี้ยต้านทานต่อการหักล้มแล้วยังมีหน่อจำนวนมากทำให้ผลผลิตสูง

การเปลี่ยนแปลงระบบราก

Kleinhofs et al, (1978) ได้รายงานถึงผลของมิวเตชันในข้าวบาร์เลย์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบราก นอกจากนี้มีรายงานว่า main roots ส่วนที่เหลือของข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์แบบ erectoides สั้นลงและสร้างรากแขนงช้าลงด้วย (Wettstein, 1954) และมีการคัดเลือกมิวแตนท์ต้นเตี้ยที่มีการพัฒนาระบบรากที่แข็งแรงในประเทศโปแลนด์ โดย Gorny (1978)

การเปลี่ยนแปลงของอายุเก็บเกี่ยว

มิวเตชันที่ทำให้อายุเก็บเกี่ยวเร็วขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาการตอบสนองต่อช่วงแสง ทำให้การออกดอกเร็วขึ้น ลักษณะดังกล่าวพบในข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์พันธุ์การค้า "Mari" (Hagberg,1967 ; Gustafsson et al, 1971) นอกจากนี้มีรายงานว่าการชักนำให้เกิดมิวเตชันในข้าวบาร์เลย์ด้วยรังสีแกมมาทำให้ได้มิวแตนท์สองต้นที่ออกดอกเร็วขึ้นและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Tavcar,1965) บางสายพันธุ์ออกดอกเร็วขึ้น 20-25 วันแต่ให้ผลผลิตปกติ (Bansal, 1971; 1972) พบลักษณะออกดอกเร็วกว่าปกติ (Donini and Devreux, 1970 ; Enchev, 1976) นอกจากนี้รังสีแกมมายังทำให้ได้ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ที่ออกดอกเร็วกว่าปกติ 6-12 วัน (Stephanov and Gorastev, 1976) ออกดอกเร็วกว่าปกติ 25 วัน (Devreux, Donini and Scarascia- Mugnozza,1972) และออกดอกเร็วกว่าปกติ 25-38 วัน (Hussein,Abdalla and Sharaan, 1979) ปฏิกิริยาการตอบสนองต่อช่วงแสงของพืชสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ภายใต้อิทธิพลของมิวแตนท์ยีน ลักษณะดังกล่าวได้มีการทดลองโดยใช้ห้องควบคุมสภาวะแวดล้อมที่กรุงสตอกโฮล์มกับข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ในกลุ่มของ Gustafsson และการทดลองคล้าย ๆ กันนี้ทำในญี่ปุ่นโดย Yamashita et al. (1972) ทั้งสองการทดลองนี้ทำให้ได้ข้าวบาร์เลย์ 38 สายพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าปกติเป็นผลมาจากการใช้รังสีแกมมาและสาร Ethyl Imine และยังทำให้ได้มิวแตนท์ที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสงออกดอกเร็วกว่าปกติ 10 วัน มิวแตนท์บางสายพันธุ์ตอบสนองต่อช่วงแสงน้อยออกดอกเร็วกว่าปกติ 7 วัน และตอบสนองต่อช่วงแสงมากออกดอกเร็วกว่าปกติ 3 วัน

การเป็นหมันของเกสรตัวผู้

Tavcar(1965) ได้ชักนำให้เกิดมิวเตชันโดยการใช้รังสีแกมมาในข้าวบาร์เลย์และพบว่าสามารถทำให้ได้ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ที่เกสรตัวผู้เป็นหมัน (male sterile) นอกจาก

การชักนำให้เกิดมิวเตชันแล้วยังมีรายงานว่าการเป็นหมันของเกสรตัวผู้สามารถเกิดเองขึ้นได้เองแบบ spontaneous mutation (Mian et al, 1974 ; Ahokas, 1975)

การปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม

มิวเตชันที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมจากการทดลองของ Enchev (1976) พบว่าข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์มีความสามารถในการต้านทานต่อสภาพหนาวเย็นได้ดีขึ้น การปรับตัวต่อสภาพของดินในมิวแตนท์แบบ erectoides คือสามารถใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ดี (Scarascia-Mugnozza, 1966) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์สองพันธุ์คือ Mari และ Edda สามารถตอบสนองและปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ กันคือ เมื่อปลูกทั้งพันธุ์ Mari และ Edda ทางตอนเหนือของสวีเดนที่ 63 องศาเหนือ ปรากฏว่าพันธุ์ Edda มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าพันธุ์ Mari 8 วัน เมื่อปลูกทางตอนใต้ของสวีเดนที่ 55 องศาเหนือ ปรากฏว่าพันธุ์ Edda มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าพันธุ์ Mari เพียง 2 วันและเมื่อปลูกบนเกาะคานารีที่ 28 องศาเหนือปรากฏว่าพันธุ์ Edda มีอายุเก็บเกี่ยวช้ากว่าพันธุ์ Mari 16 วัน (Akerberg, 1966)

การต้านทานโรค

การชักนำให้เกิดมิวเตชันเพื่อให้ได้มิวแตนท์ที่ต้านทานต่อโรคมีรายงานว่าจากการคัดเลือกข้าวบาร์เลย์ใน M_2 generation จำนวน 95,1ØØ ต้น ปรากฏว่ามีเพียง 5 ต้นที่ต้านทานต่อโรคราแป้ง (Jorgensen, 1975) การทดสอบข้าวบาร์เลย์ใน M_2 generation 2.5 ล้านต้นในสาธารณรัฐประชาธิปไตยเยอรมันผลปรากฏว่ามีมิวแตนท์ 95 ต้นที่ต้านทานต่อโรคราแป้ง (Hentrich,1977) การคัดเลือกข้าวบาร์เลย์ใน M_2 generation จากจำนวน 1.2 ล้านต้นในญี่ปุ่นปรากฏว่ามีมิวแตนท์เพียง 7 ต้นที่ต้านทานต่อโรคราแป้ง (Yamaguchi and Yamashita, 1979) การคัดเลือกข้าวบาร์เลย์ใน M_2 generation จากจำนวน 7532 ต้นปรากฏว่ามีมิวแตนท์ 43 ต้นที่ต้านทานต่อโรคราแป้ง (Varghese, 1985) การชักนำให้เกิดมิวเตชันในข้าวบาร์เลย์ด้วยรังสีแกมมาปรากฏว่าทำให้ได้มิวแตนท์ที่ต้านทานต่อโรคต่าง ๆ กันคือ มิวแตนท์ 1Ø ต้นที่ต้านทานต่อโรคราแป้ง (Hanis,1974) และมิวแตนท์ 37 ต้นต้านทานต่อโรคราแป้ง (Hanis et al, 1977) มิวแตนท์ต้านทานต่อโรค Yellow Dwarf Virus (Parodi and Nebreda, 1977) มิวแตนท์ต้านทานต่อโรค Yellow Mosaic Virus (UKai and Yamashita, 1979;198Ø)

017167 i 10311397

ปริมาณผลผลิต

มิวเตชันที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตในข้าวบาร์เลย์ พบว่าการคัดเลือกข้าวบาร์เลย์จากการชักนำให้เกิดมิวเตชันแบบ micro-mutation ทำให้ได้มิวแตนท์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เดิม 10 เปอร์เซ็นต์ (Gaul, 1965, 1967 ; Gaul, Grunewaldt and Ulsonksa, 1971) ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ Norwegian สองพันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เดิม 7-9 เปอร์เซนต์ (Aastveit, 1966) ข้าวบาร์เลย์เดนิสมิวแตนท์ต้นเตี้ยให้ผลผลิตดีมาก (Haahr and Wettstein, 1976) ข้าวบาร์เลย์สวีเดนพันธุ์ Kristina ได้จากการผสมระหว่างมิวแตนท์ 2 พันธุ์คือ Mari กับ Dermen ปรากฏว่าให้ผลผลิตสูง (Gustafsson et al.,1972)

ขนาดและคุณภาพของเมล็ด

จากการผสมพันธุ์ระหว่างมิวแตนท์กับพันธุ์ที่เป็น translocation line พบว่าทำให้ได้ลูกที่รูปร่างและขนาดเมล็ดเปลี่ยนแปลงไป (Hauser and Fischbeck,1976) ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์พันธุ์ Kristina นอกจากจะให้ผลผลิตสูงและต้านทานต่อการหักล้มแล้วยังมีคุณภาพของมอล์ทดีมาก แต่มีระยะการพักตัวของเมล็ดสั้น

ปริมาณโปรตีนในเมล็ด

การชักนำให้เกิดมิวเตชันในข้าวบาร์เลย์สามารถทำให้ได้มิวแตนท์ที่มีโปรตีนสะสมในเมล็ดปริมาณสูงกว่าพันธุ์เดิม เช่น ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ 92 สายพันธุ์มีโปรตีนสะสมในเมล็ด 9.3-14.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์เดิมมี 9.7-10.3 เปอร์เซ็นต์ (Doll,1972) ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์พันธุ์ Notch 1 และ Notch 2 มีโปรตีนและกรดอมิโนไลซีนสะสมในเมล็ดสูงกว่าพันธุ์เดิม (Bansal, 1970 ; Balaravi et al., 1976) นอกจากนี้ได้มีการคัดเลือกมิวแตนท์ที่มีโปรตีนสะสมในเมล็ดเพิ่มขึ้น 4 สายพันธุ์ในอเจนตินา ในจำนวนนี้พบว่าสายพันธุ์ C61 และ C64 มีขนาดเมล็ดใหญ่ขึ้นด้วย (Favret et al., 1969) ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ที่ได้จากการฉายรังสีแกมมาพบว่ามีโปรตีนและกรดอมิโนไลซีนสะสมในเมล็ดสูงขึ้น (Sigurbjornsson and Micke, 1974) ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ 20 สายพันธุ์จากการคัดเลือกใน M_2 generation 14,776 ต้น ปรากฏว่ามีกรดอมิโนไลซีนในเมล็ดสูงขึ้น (Doll, Koie and Eggum, 1974) ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ 2 สายพันธุ์คัดเลือกจาก M_2 gerneration จำนวน 10,000 ต้น ปรากฏว่ามีกรดอมิโนไลซีนในเมล็ดสูงขึ้น (Scholz, 1972)

การใช้ประโยชน์จากมิวแตนท์

การใช้ประโยชน์จากข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์แบ่งเป็น 2 แบบคือ แบบแรกมิวแตนท์ที่คัดเลือกแล้วมีลักษณะดีตามต้องการ พวกนี้สามารถนำไปปลูกได้โดยตรง อีกแบบหนึ่งเป็นมิวแตนท์ที่มีลักษณะดีแต่ยังขาดลักษณะหนึ่งลักษณะใดหรือเป็นพวกที่มีพันธุกรรมดี พวกนี้จะใช้ประโยชน์โดยการนำไปผสมกับพันธุ์อื่นต่อไป มีรายงานว่าข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ที่ยอมรับให้ปลูกจำนวน 47 พันธุ์พบว่ามีเพียง 17 พันธุ์เท่านั้นเป็นพันธุ์ที่ได้จากการชักนำให้เกิดมิวเตชันโดยตรง ส่วนที่เหลือได้จากการผสมระหว่างมิวแตนท์หรือสายพันธุ์อื่น (Sigurbjornsson,1967) เช่นข้าวบาร์เลย์พันธุ์ Kristina เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างมิวแตนท์ Mari กับ Domen และยอมรับให้ปลูกในปี 1969 (Gustafsson and Dormling, 1971)

การตรวจสอบมิวเตชัน

การศึกษามิวเตชันจำเป็นจะต้องมีวิธีการตรวจสอบที่เหมาะสม การวิเคราะห์ไอโซไซม์ เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และให้ผลดีสำหรับการตรวจสอบมิวเตชัน และต้นมิวแตนท์ Newton, Johnson and Carten (1986) ได้ใช้วิธีนี้วิเคราะห์ไอโซไซม์ของเชื้อราที่เป็น variants นอกจากนี้ Elisens (1989) ได้ทำการศึกษาการแปรผันทางพันธุกรรมของต้นลิ้นมังกรโดยใช้เทคนิคอิเลคโตรโฟริซิส Loomis and Kuspa (1984) ได้กล่าวว่าไอโซไซม์ของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน แต่มีรูปแบบต่างกันสาเหตุหนึ่งเนื่องมาจากมิวเตชัน ในการจำแนกข้าวบาร์เลย์ 12 สายพันธุ์สามารถทำได้โดยการศึกษารูปแบบของไอโซไซม์เอสเทอร์เรสเพียงอย่างเดียว หรืออาจจะใช้ร่วมกับการศึกษาไอโซไซม์ฟอสฟาเตส หรือเปอร์ออกซิเดส (Brassiri and Rauhani,1977) นอกจากนี้ได้มีการแยกโปรตีน Hordeins จากเมล็ดข้าวบาร์เลย์และจำแนกพันธุ์โดยใช้เทคนิคอิคเลคโตรโฟริซิส และยังสามารถใช้ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ได้ด้วย (Smith, Lister and Handson, 1986)