

คำนำ

พันธุ์ข้าวโดยทั่วไปมีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมในการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป บางพันธุ์สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมของบางท้องที่หรือบางปี แต่ก็มีบางพันธุ์อาจแสดงลักษณะต่างๆ ออกมาได้ดียากในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเมื่อได้ทำการผสมพันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์เบื้องต้นโดยวิธีการต่างๆ จนได้สายพันธุ์ดีได้แล้ว จึงจำเป็นต้องปลูกทดสอบพันธุ์ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ในการทดสอบพันธุ์ข้าวโดยกระทำในหลายท้องที่และหลายปีนั้น มักจะพบเสมอว่าลำดับที่ในการให้ผลผลิต และลักษณะอื่นๆ ของพันธุ์ข้าวจะแตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของพันธุกรรม สภาพแวดล้อมและปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไป อิทธิพลทางพันธุกรรมนั้น สามารถควบคุม หรือจัดการให้เป็นไปตามความต้องการได้มากกว่าอิทธิพลทางสภาพแวดล้อม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดว่าพันธุ์ไหนดีกว่ากัน ดังนั้นนอกจากจะนำเอาผลผลิตเฉลี่ย และลำดับที่ของผลผลิตเฉลี่ยมาใช้พิจารณา เพื่อประเมินความสามารถในการปรับตัวของพันธุ์ข้าวเมื่อปลูกในหลายๆ สภาพแวดล้อมนั้นยังไม่เป็นการเพียงพอ จึงต้องหาวิธีการอื่น มาช่วยพิจารณาร่วมด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีการของ Eberhart และ Russell (1966) มาวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่ใช้แสดงเสถียรภาพของพันธุ์ อันได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น และค่าความเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความแปรปรวน พิจารณาร่วมกับผลผลิตเฉลี่ยเพื่อใช้อธิบายความสามารถในการปรับตัว และเสถียรภาพของแต่ละพันธุ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ

1. เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ที่มีต่อการแสดงออกของลักษณะผลผลิต และลักษณะอื่น ๆ ของข้าว
2. เพื่อศึกษาถึงพารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายเสถียรภาพของลักษณะผลผลิต และลักษณะอื่นๆ ของข้าว ซึ่งจะช่วยให้สามารถประเมินหาสายพันธุ์ที่มีเสถียรภาพในลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าว

การตรวจเอกสาร

1. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับนักปรับปรุงพันธุ์พืชในการผลิตพืชพันธุ์ใหม่ขึ้นมา เมื่อทำการเปรียบเทียบพันธุ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป ความสามารถในการแสดงออกของแต่ละพันธุ์และลักษณะต่าง ๆ ซึ่งมีประจำอยู่ในพันธุ์เหล่านั้น จะแตกต่างกันไปในแต่ละสภาพแวดล้อมด้วย ทั้งนี้เพราะการตอบสนองของแต่ละพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีไม่เท่ากัน ถ้าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมมีมากขึ้นเท่าใด การคัดเลือกพันธุ์ก็จะทำได้ลำบากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการคัดเลือกในลักษณะผลผลิตและลักษณะอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อผลผลิต ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อทั้งพันธุ์แท้ ลูกผสมเดี่ยว ลูกผสมสามทาง ลูกผสมคู่ พันธุ์ผสมบลอย ตลอดจนประชากรที่อยู่ในระหว่างการคัดเลือก ในเรื่องนี้ได้มีผู้ศึกษาและรายงานผลไว้มากมาย

Comstock และ Moll (1963) ได้แสดงวิธีการทางสถิติให้เห็นถึงผลของความแปรปรวนอันเนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม อันได้แก่ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับปี พันธุกรรมกับสถานที่ และพันธุกรรมกับปีกับสถานที่ ซึ่งถ้ามีมากเกินไปจะแปลความกำกวมในการคัดเลือกพันธุ์ ทำให้การคัดเลือกพันธุ์มีความยุ่งยากมากขึ้น

Allard และ Bradshaw (1964) แสดงให้เห็นว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีความยุ่งยากซับซ้อน เขาได้จำแนกชนิดของปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวเท่าที่จะเป็นไปได้ได้ถึง (10)¹⁴⁵ ชนิด ซึ่งมากกว่าจำนวนพืชที่มีอยู่ในโลก

Sutjihno และ Gomez (1968) ทำการศึกษาในข้าว 6 พันธุ์ ปลูกทดสอบในห้องที่ 4 แห่งในฤดูนาปรัง และ 16 แห่งในฤดูนาปี เมื่อปี 1966 แล้วนำข้อมูลของผลผลิตมาวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม ปัญหาที่พบในการศึกษาครั้งนี้คือ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (error variances) ของการทดลองต่าง ๆ ไม่เป็นเอกภาพ (heterogeneity)

Rao, Seshu และ Sarma (1968) ทำการศึกษาในข้าวพันธุ์เดี่ยว 24 พันธุ์ ในปี 1973 โดยปลูกในฤดูนาปรัง จำนวน 7 แห่ง และในฤดูนาปี จำนวน 15 แห่ง พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป

ความสามารถในการให้ผลผลิตก็ผันแปรตามไปด้วย

วิทยา (2523) ศึกษาในข้าวไร่ 12 พันธุ์ ปลูกใน 7 สภาพแวดล้อม โดยศึกษาในลักษณะผลผลิต น้ำหนัก 100 เมล็ด ความสูง อายุเก็บเกี่ยว ขนาดเมล็ดของข้าวเปลือก และข้าวกล้อง และปริมาณโปรตีน พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกลักษณะที่ศึกษา ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ มณฑล (2522) ที่ศึกษาในข้าวนาคา

Cambell และ Lafever (1977) ได้ศึกษาใน soft red winter wheat จำนวน 11 พันธุ์ ปลูกในท้องที่ 9 แห่ง เป็นเวลา 3 ปี จากการที่ variance components ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสถานที่ พันธุ์กับปี และพันธุ์กับสถานที่กับปี มีค่าสูงแสดงว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาในโครงการปรับปรุงพันธุ์ จากผลนี้ เขาแนะนำว่าควรจะทดสอบพันธุ์เป็นเวลามากกว่า 1 ปี ในหลายสถานที่ แต่อย่างไรก็ตามการที่ variance components ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสถานที่ และพันธุ์กับปี มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้แนะนำได้ว่า การทดสอบในเวลามากกว่า 3 ปี ก็จะให้ผลเช่นเดียวกับการเพิ่มสถานที่ทดสอบภายในเวลา 3 ปี

จะเห็นได้ว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อมมีความสำคัญ และเป็นปัญหาในโครงการปรับปรุงพันธุ์พืช ทั้งในลักษณะผลผลิต และลักษณะอื่น ๆ โดยเฉพาะองค์ประกอบของผลผลิต ซึ่งในเรื่องนี้ได้มีผู้ศึกษาในพืชต่าง ๆ และพบปัญหาเดียวกันนี้ เช่น Manupeerapan (1983) ศึกษาในข้าวโพด Jowett (1972) ศึกษาในข้าวฟ่าง อัมพล (2528), ขรรค์ชัย (2528), Imrie และ Butler (1982) ศึกษาในถั่วเขียว Gopani, Kabaria และ Joshi (1972) ศึกษาในถั่วเหลือง Wynne และ Isleib (1978) ศึกษาในถั่วลิสง Murrey และ Verhalen (1970), Thomson และ Cunningham (1979) ศึกษาในฝ้าย ชัยรัตน์ (2531) ศึกษาในบอกระเจา

วิธีการหนึ่งที่ใช้ลดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อมให้น้อยลงคือ การแบ่งเขตของสภาพแวดล้อม ซึ่งเขตที่นักปรับปรุงพันธุ์พืชใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ สามารถแบ่งย่อยลงไปได้โดยให้สภาพแวดล้อมในแต่ละเขตย่อยมีความคล้ายคลึงกันมากขึ้น ตามปกติในการแบ่งเขตของสภาพแวดล้อมจะถือเอาสิ่งที่แตกต่างกันมาก ๆ ของสภาพแวดล้อมมาเป็นข้อพิจารณา เช่น อุณหภูมิที่แตกต่างกัน การกระจายของฝนและชนิดของดิน Horner และ Frey (1957) แนะนำ

วิธีการลดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมให้น้อยลง โดยการแบ่งเขตของสภาพแวดล้อมให้คล้ายคลึงกันในแต่ละเขตย่อย เขาได้ประมาณองค์ประกอบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม จากการทดลองในข้าวโอ๊ต 18 พันธุ์ ในห้องที่ 9 แห่ง เป็นเวลา 5 ปี จากการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2, 3, 4 และ 5 พื้นที่ย่อย สามารถลดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมลงได้ 11, 21, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Abou-El-Fittouh, Rawlings และ Miller (1969) ได้เสนอวิธีการเพื่อใช้ในการแบ่งพื้นที่ปลูกพืชของสหรัฐอเมริกาออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ เพื่อให้ภายในแต่ละกลุ่มมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมต่ำสุด ซึ่งจะทำให้การประเมินพันธุ์พืชทำได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม แม้จะแบ่งเขตของสภาพแวดล้อมเพื่อใช้ในการทดสอบพันธุ์แล้วก็ตาม แต่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในแต่ละเขตย่อย และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในห้องที่เดียวกัน แต่ต่างปีกัน ก็ยังคงมีอยู่ในระดับสูง

Brown, Sorrells และ Coffman (1983) แนะนำว่า การปรับปรุงวิธีการคัดเลือกพันธุ์ให้มีประสิทธิภาพ โดยลดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมลง สามารถทำได้โดยการจัดกลุ่มของสภาพแวดล้อมที่ทำการคัดเลือกให้มีความเป็นเอกภาพ กล่าวคือสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกันจะจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และควรจะมีการคัดเลือกพันธุ์จากสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกลักษณะนั้น

ความสำคัญของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของนักปรับปรุงพันธุ์ กล่าวคือ ถ้าต้องการพันธุ์ที่สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่กว้างขวาง ก็ควรหาพันธุ์ที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมต่ำ แต่ถ้าต้องการพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง ก็ควรหาพันธุ์ที่ตอบสนองสูงต่อสภาพแวดล้อมนั้น ๆ (Moll and Stuber, 1974) สำหรับในประเทศที่กำลังพัฒนานั้น เนื่องจากทรัพยากรมีจำกัด จึงนิยมปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีการปรับตัวได้อย่างกว้างขวาง

2. เสถียรภาพของพันธุ์ (Varietal stability)

พันธุ์พืชซึ่งเป็นที่สนใจและปรารถนาของนักปรับปรุงพันธุ์พืช คือพันธุ์ที่มีเสถียรภาพในลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ผลผลิต พันธุ์ที่มีการแสดงออกในลักษณะต่าง ๆ ค่อนข้างคงที่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงเรียกว่าพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดี ความสามารถในการปรับตัวของพืชเมื่อสภาพแวดล้อมผันแปรไปนั้น Lerner (1954) เรียกว่า homeostasis และอธิบายว่าเป็นคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตที่จะปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป โดยที่ความเป็นพันธุ์ทางจะรักษาปรากฏการณ์ของ homeostasis ได้ดี

Simmonds (1962) ใช้คำว่า adaptation อธิบายหน้าที่และการทำงานของ homeostasis โดยแบ่ง adaptation ออกเป็น 4 ชนิดคือ

1. Specific-genotype adaptation เป็นการปรับตัวของ genotype ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเฉพาะ

2. General-genotype adaptation เป็นการปรับตัวของ genotype ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่กว้างขวาง

3. Specific-population adaptation เป็นการปรับตัวของประชากรที่ประกอบด้วยหลาย genotype ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเฉพาะ

4. General-population adaptation เป็นการปรับตัวของประชากรที่ประกอบด้วยหลาย genotype ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่กว้างขวาง

Allard และ Bradshaw (1964) รวมทั้ง Allard และ Hunch (1964) ใช้คำว่า buffering อธิบายกลไกของพืชที่ทำให้เกิดเสถียรภาพหรือความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย individual buffering และ populational buffering โดยที่ individual buffering เป็นคุณสมบัติของพืชแต่ละ genotype ในประชากรหนึ่ง ๆ ที่จะปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ส่วน populational buffering เป็นคุณสมบัติหรือความสามารถของประชากรที่ประกอบด้วยหลาย genotype ที่จะปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้อย่างกว้างขวาง เพราะแต่ละ genotype จะมีความสามารถในการปรับตัวโดยกับสภาพแวดล้อมที่ผันแปรไป ดังนั้นพืชที่เป็น heterozygous หรือ homozygous genotype จึงมีแต่ individual buffering ส่วนประชากรพืชที่เป็น

heterogeneous จะมีทั้ง individual buffering และ populationnal buffering จึงเป็นประชากรพืชที่ตอบสนองน้อยที่สุดต่อสภาพแวดล้อมที่ผันแปรไป

การปรับตัวของพืชในสภาพแวดล้อมที่ผันแปรนั้น มีรายงานเป็นจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่า การใช้พันธุ์พืชที่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงขึ้น จะทำให้ลักษณะต่างๆ มีเสถียรภาพเพิ่มขึ้นภายใต้สภาพแวดล้อมที่ผันแปร Sprague และ Federer (1951), Jones (1958), Eberhart, Russell และ penny (1964), Weatherspoon (1970) พบว่าข้าวโพดลูกผสมคู่ และลูกผสมสามทาง มีขนาดของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมต่ำกว่าลูกผสมเดี่ยว ดังนั้นจึงมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตสูงกว่าลูกผสมเดี่ยว นอกจากนี้ Allard และ Workman (1963) ศึกษาใน lima bean โดยทดลองกับพันธุ์แท้ (homozygotes) และพันธุ์ทาง (heterozygotes) ถึง 10 คู่ พบว่าพันธุ์ทางให้ลูกที่มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แท้ 20-30 เปอร์เซ็นต์

ได้มีผู้ทำการศึกษาค้นคว้าและแนะนำให้ใช้วิธีการปลูกหลายๆ genotype บนกันแทนการปลูกเพียง genotype เดียวหรือพันธุ์บริสุทธิ์เพียงพันธุ์เดียว เพราะการปลูกหลาย genotype บนกันอาจให้ผลได้ดีกว่า ทั้งนี้เพราะจะไปลดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมลง Jensen (1952) ทำการทดลองในข้าวโอ๊ต โดยใช้ multiline varieties แทนพันธุ์บริสุทธิ์ โดยใช้หลักการของความหลากหลายทางพันธุกรรม (diversification) ซึ่ง multiline varieties นี้ คาดว่าจะมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต มีความสามารถในการปรับตัวอย่างกว้างขวาง และยังลดการสูญเสียของผลผลิตอันเนื่องมาจากการทำลายของโรคอีกด้วย

Frey และ Maldonado (1967) ได้รายงานจากการศึกษาในข้าวโอ๊ต ว่าพันธุ์รวม (mixture) ของข้าวโอ๊ตจะมีเสถียรภาพของผลผลิตสูงกว่าพันธุ์บริสุทธิ์ ซึ่งปลูกใน 2 ฤดูปลูก เป็นเวลา 3 ปีติดต่อกัน สรุปว่าประชากรที่ประกอบด้วยหลาย ๆ พันธุ์ปรับตัวได้ดีกว่าประชากรที่มีน้อยพันธุ์ และประโยชน์ของประชากรที่เป็น heterogeneous นี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อสภาพแวดล้อมเลวลง

Suneson (1956) ทำการศึกษาในข้าวบาร์เลย์ โดยปลูกประชากรรวม (bulk population) ของ ลูกผสมชั่วที่ 1 ที่ได้จากพ่อแม่ 28 พันธุ์ จำนวน 378 คู่ผสม ตลอด 29 คู่ พบว่าประชากรรวม ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์มาตรฐานในชั่วที่ 2 ถึงชั่วที่ 8 แต่เกือบเท่ากันในช่วงที่

11 ถึงวันที่ 20 ตลอดในช่วงการทดลอง 18 ปี พันธุ์มาตรฐานให้ผลผลิตที่ไม่แน่นอน มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูงเกือบ 2 เท่าของประชากรรวม และผลผลิตของประชากรรวมสูงกว่าพันธุ์มาตรฐานในวันที่ 21 ถึงวันที่ 29

Probst (1957) เปรียบเทียบผลผลิตของถั่วเหลือง 3 พันธุ์ กับพันธุ์ที่เกิดจากการนำถั่วเหลืองมาปนกันเป็นประชากรผสม (blend) ในอัตราส่วนต่างๆ กัน จำนวน 13 ประชากรทำการทดลอง 2 สถานที่เป็นเวลา 4 ปี พบว่า ตลอดทั้ง 4 ปี ไม่มีประชากรใดเลยที่มีผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด มีบางประชากรเท่านั้นที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดในช่วง 4 ปี แต่พวกประชากรผสมเกิดปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมน้อยกว่าและมีเสถียรภาพดีกว่าที่ปลูกพันธุ์เดียว ๆ

Allard (1961) ทำการศึกษาในถั่ว lima bean โดยเปรียบเทียบเสถียรภาพของผลผลิตของประชากรที่มีความแตกต่างของพันธุกรรมในระดับต่าง ๆ 3 ระดับ โดยใช้ประชากร 10 ชุด ประกอบด้วยพันธุ์บริสุทธิ์ 3 พันธุ์ พันธุ์รวมจากพันธุ์บริสุทธิ์ 2 และ 3 พันธุ์ ในอัตราส่วนที่เท่ากันจำนวน 4 ชุด และประชากรรวม ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์บริสุทธิ์ทั้ง 3 พันธุ์แบบพบกันหมดจากข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 7 มารวมกันโดยไม่มีการคัดเลือกในแต่ละกลุ่ม จำนวน 3 ชุด นำมาปลูกเปรียบเทียบใน 4 สภาพแวดล้อมเป็นเวลา 4 ปี เพื่อศึกษาถึงความมีเสถียรภาพซึ่งพิจารณาจากความคงที่ของอันดับในการให้ผลผลิต ร่วมกับขนาดของความแปรปรวน พบว่าประชากรรวม มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตมากกว่าหรือเท่ากับพันธุ์รวม และพันธุ์รวมมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์บริสุทธิ์ จึงสรุปว่า ความแตกต่างทางพันธุกรรมเป็นปัจจัยสำคัญของความมีเสถียรภาพของผลผลิต

3. วิธีการศึกษาเสถียรภาพของพันธุ์

การคัดเลือกพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดีในการให้ผลผลิตตลอดจนลักษณะที่สำคัญอื่น ๆ เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปหรือเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันนั้น จะต้องมีการประเมิน วิธีการประเมินหาพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดีในแง่ผลผลิตและลักษณะอื่น ๆ ดังกล่าว มีผู้เสนอไว้หลายวิธีแตกต่างกันไป

Plaisted และ Peterson (1959) ได้เสนอวิธีการที่จะวัดเสถียรภาพของพันธุ์เมื่อปลูกในหลายสถานที่หรือหลายฤดู โดยใช้ตัวอย่างจากข้อมูลของการทดสอบผลผลิตของพันธุ์ในหลายแห่งเพียงปีเดียว แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมจากทุกพันธุ์ในทุกสถานที่ ถ้าพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อม จึงวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมในแต่ละคู่ของพันธุ์ที่ใช้ทุกคู่แบบพบกันหมด วิธีการนี้ต้องทำการวิเคราะห์ถึง $n(n-1)/2$ คู่ เมื่อ n คือจำนวนพันธุ์ ประมาณค่าความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อมจากแต่ละคู่ หลังจากนั้นจะหาค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนอื่นเนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวในแต่ละพันธุ์ พันธุ์ใดที่ให้ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนอื่นเนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กรรมกับสภาพแวดล้อมต่ำที่สุดจะเป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพมากที่สุด วิธีการนี้จะไม่สะดวกในการวิเคราะห์ผลเมื่อจำนวนพันธุ์มีมากขึ้น

Wricke อ้างโดย Jowett (1972) ได้เสนอวิธีการสร้าง ecovalence (W_j) ขึ้นมาใช้เปรียบเทียบโดย

$$W_j = \sum_i (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...})^2$$

$\bar{Y}_{ij}$ = ค่าเฉลี่ยของทุกซ้ำของพันธุ์ที่ j ที่สภาพแวดล้อม i

$\bar{Y}_{i..}$ = ค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์ทุกซ้ำที่สภาพแวดล้อม i

$\bar{Y}_{.j.}$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ที่ j ทุกซ้ำในทุกสภาพแวดล้อม

$\bar{Y}_{...}$ = ค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในทุกซ้ำทุกสภาพแวดล้อม

ค่า ecovalence ของแต่ละพันธุ์จะเป็นค่าบ่งถึงเสถียรภาพของพันธุ์นั้น ถ้าพันธุ์ที่แสดงค่า ecovalence ต่ำ แสดงว่าพันธุ์นั้นมีเสถียรภาพดี คือมีการเบี่ยงเบนเพียงเล็กน้อยจากค่าเฉลี่ยของการทดลองภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ส่วนพันธุ์ที่มีค่า ecovalence สูงจะเป็นพันธุ์ที่ไม่มีเสถียรภาพ

Finlay และ Wilkinson (1963) เสนอวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการปรับตัวของพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในหลายสถานที่และหลายปี โดยทำการศึกษาในข้าวบาร์เลย์ แล้วนำค่าผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์มาสร้างรีเกรสชันเส้นตรงบนผลผลิตเฉลี่ยของทุก ๆ พันธุ์ ในแต่ละสภาพแวดล้อม ผลผลิตที่ใช้คำนวณต้องทำการเปลี่ยนเป็นค่า $\log$ ฐาน 10 เสียก่อนเพื่อทำให้รีเกรสชันของแต่ละพันธุ์ที่ทำการวิเคราะห์นั้นเข้าสู่ความเป็นเส้นตรงมากขึ้น อีกเหตุผลหนึ่งคือทำให้ค่าคลาดเคลื่อนในการทดลองในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีเอกภาพ (homogeneity) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าวอธิบายได้ว่า

1. ผลผลิตเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในแต่ละปีหรือแต่ละท้องที่จะเป็นตัวบ่งชี้ความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าสภาพแวดล้อมเหมาะกับการปลูกพืชนั้น ถ้ามีค่าต่ำก็แสดงว่าไม่เหมาะสม

2. ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b) ของผลผลิตของแต่ละพันธุ์ต่อผลผลิตเฉลี่ยจากทุกพันธุ์ใช้วัดเสถียรภาพของพันธุ์ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันมีค่าเท่ากับ 1.00 แสดงว่ามีเสถียรภาพเฉลี่ยหรือปานกลาง ถ้ามากกว่า 1.00 แสดงว่ามีเสถียรภาพต่ำและถ้าน้อยกว่า 1.00 แสดงว่ามีเสถียรภาพสูง

3. เมื่อพิจารณาค่าของสัมประสิทธิ์รีเกรสชันร่วมกับผลผลิตของแต่ละพันธุ์ จะเป็นตัววัดความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม (adaptability) ถ้าพันธุ์ใดมีค่า $b = 1.00$ และผลผลิตเฉลี่ยสูง แสดงว่าสามารถปรับตัวเข้ากับทุกสภาพแวดล้อม ถ้าค่า $b = 1.00$ แต่ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ แสดงว่าไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใดเลย ถ้าค่า b มากกว่า 1.00 ถือว่าเหมาะที่จะปลูกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ถ้าค่า b น้อยกว่า 1.00 จะเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เลว

พันธุ์ที่ดีที่สุดในการคิดหรือจินตนาการของ Finlay และ Wilkinson คือพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุด และมีเสถียรภาพดีที่สุดในลักษณะที่ต้องการ แต่จากการศึกษาในข้าวบาร์เลย์ จำนวน 227 พันธุ์ ที่รวบรวมมาจากทั่วโลกทำการปลูก 3 ซ้ำ ในที่ 3 แห่ง เป็นเวลา 3 ปี และเก็บเกี่ยวได้เพียง 7 สภาพแวดล้อมนั้น ยังไม่พบพันธุ์ในจินตนาการเลย นอกจากนั้นยังได้พบว่า พันธุ์ที่นำมาจากบริเวณเดียวกันค่อนข้างจะมีความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมในแง่การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม

Eberhart และ Russell (1966) ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่ใช้แสดงเสถียรภาพของพันธุ์ เพื่อใช้วัดการแสดงออกของพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกเปรียบเทียบในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน วิธีการคือการสร้างรีเกรสชันของแต่ละพันธุ์บนดัชนีของสภาพแวดล้อม (environmental index) นอกจากนี้ยังคำนวณค่าความเบี่ยงเบนไปจากรีเกรสชัน (deviation from regression) เป็นพารามิเตอร์สำหรับการพิจารณาอีกตัวหนึ่งนอกเหนือไปจากสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน พันธุ์ที่ต้องการควรเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสเท่ากับ 1.00 และมีค่าเบี่ยงเบนไปจากรีเกรสชัน (ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความแปรปรวน) ใกล้ 0 จากวิธีการนี้เขาพิจารณาว่า ค่าเบี่ยงเบนไปจากรีเกรสชัน เป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน แต่การพิจารณาถึงเสถียรภาพของพันธุ์และการใช้พารามิเตอร์เพื่อแสดงถึงเสถียรภาพของพันธุ์ จะน่าเชื่อถือเพียงใดขึ้นอยู่กับ การทดสอบพันธุ์ ว่าได้ปลูกในช่วงของสภาพแวดล้อมที่เพียงพอและคลุมช่วง ของสภาพแวดล้อมที่จะเป็นไปได้ทั้งหมดหรือไม่ นอกจากนี้เขายังได้แนะนำวิธีการเพิ่มสภาพแวดล้อมในกรณีที่มีสถานที่ทดลองจำกัด โดยการปลูกพืชเร็วขึ้น และปลูกล่าช้าออกไปจากปกติ หรือใช้จำนวนต้นต่อเนื้อที่ปลูกแตกต่างกัน ใช้อัตราปุ๋ยต่างกัน ฯลฯ ซึ่งจะเป็นการช่วยให้สภาพแวดล้อมที่ทดสอบมีความแตกต่างกันมากขึ้น วิธีการของ Eberhart และ Russell นี้มีผู้นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง

Tai (1971) เสนอวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ที่คล้ายคลึงกับวิธีการของ Eberhart และ Russell (1966) โดยใช้พารามิเตอร์สองตัว ในการวัดเสถียรภาพของพันธุ์ คือ α ใช้วัดการตอบสนองของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อม และ λ วัดค่าเบี่ยงเบนจากรีเกรสชันเส้นตรง พารามิเตอร์ทั้งสองนี้คล้ายคลึงกับค่า b และ S^2_d ที่หาจากวิธีการของ Eberhart และ Russell (1966) พันธุ์ที่มีเสถียรภาพที่สุดจะมีค่า $\alpha = -1$ และ $\lambda = 1$ ส่วนพันธุ์ที่มีค่า $\alpha = 0$ และ $\lambda = 1$ จะมีเสถียรภาพเท่ากับค่าเสถียรภาพเฉลี่ย

Freeman และ Perkins (1971) ได้วิจารณ์วิธีการซึ่งเสนอโดย Eberhart และ Russell (1966) ว่าการแบ่งแยก sum of squares และ degree of freedom ใน combined analysis ที่มีการวิเคราะห์รีเกรสชันไม่ถูกต้องตามหลักสถิติ เนื่องจากดัชนีของสภาพแวดล้อมทำการประเมินโดยใช้ค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์ที่ปลูกในแต่ละสภาพแวดล้อม ฉะนั้น sum of squares ของ joint regression จะเป็นค่าเดียวกับ total sum of squares

ระหว่างสภาพแวดล้อมไม่ใช่เป็นส่วนหนึ่งของ total sum of squares ระหว่างสภาพแวดล้อม ในการเลือกใช้ดัชนีของสภาพแวดล้อมเพื่อสร้างรีเกรสชันของแต่ละพันธุ์ เขาได้แนะนำว่าควรแบ่งเข้าของแต่ละพันธุ์ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มหนึ่งใช้วัดการตอบสนองของพันธุ์กับสภาพแวดล้อม และค่าเฉลี่ยของอีกกลุ่มหนึ่งใช้เป็นดัชนีสภาพแวดล้อม อาจจะใช้เพียงพันธุ์เดียวหรือหลายพันธุ์ก็ได้ เพื่อเป็นมาตรฐานในการประเมินสภาพแวดล้อมแต่ละแห่ง อย่างไรก็ตาม Knight (1970) ก็ได้วิจารณ์การใช้ค่าเฉลี่ยของผลผลิต ของทุกพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อมเป็นดัชนีของสภาพแวดล้อม โดยแสดงให้เห็นว่าการตอบสนองของพันธุ์ต่อปัจจัยของสภาพแวดล้อม ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง เช่น อุณหภูมิ หรือปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับ จะแตกต่างจากการตอบสนองที่วัดโดยใช้ผลผลิตเฉลี่ยของสภาพแวดล้อม แต่ยอมรับว่าการใช้ผลผลิตเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อม เป็นค่าดัชนีของสภาพแวดล้อมนั้น ยังคงมีประโยชน์ ต่อการปรับปรุงพันธุ์พืชในการคัดเลือกพันธุ์ที่มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์รีเกรสชันของผลผลิตแต่ละพันธุ์บนดัชนีของสภาพแวดล้อม มีประโยชน์มากในการใช้หาพันธุ์ที่มีความสามารถในการให้ผลผลิตอย่างมีเสถียรภาพในพืชหลายชนิดด้วยกันคือ

Eberhart และ Russell (1969) ทำการเปรียบเทียบผลผลิตและเสถียรภาพของข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวและลูกผสมคู่ จากสายพันธุ์แท้ 10 สายพันธุ์ และลูกผสมในทางการค้าอีก 10 สายพันธุ์ ภายใต้ 21 สภาพแวดล้อม พบว่า โดยทั่วไปแล้วลูกผสมคู่มีแนวโน้มว่าจะมีเสถียรภาพสูงกว่าลูกผสมเดี่ยว เพราะมีค่าความเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความแปรปรวนต่ำกว่า อย่างไรก็ตามมีลูกผสมเดี่ยวอยู่ 2 พันธุ์ที่มีผลผลิตสูง และมีเสถียรภาพสูงกว่าลูกผสมคู่บางพันธุ์ด้วย นอกจากนี้ลูกผสมเดี่ยวสองพันธุ์นี้ ยังให้ผลผลิตสูงกว่าลูกผสมเดี่ยวที่เป็นการค้า 4 พันธุ์อยู่ 11 เปอร์เซนต์ และลูกผสมคู่ที่เป็นการค้าอยู่ 13 เปอร์เซนต์ จึงได้แนะนำว่า การคัดเลือกให้ได้ลูกผสมเดี่ยวที่มีเสถียรภาพดีและมีความสามารถในการให้ผลผลิตสูง เพื่อจะนำไปส่งเสริมให้ปลูกเป็นการค้านั้น จะต้องทำการประเมินภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในช่วงกว้าง

Jowett (1972), Patanothai และ Atkins (1974) ได้ศึกษาเสถียรภาพของผลผลิตของลูกผสมเดี่ยวและลูกผสมสามทางในข้าวฟ่าง เมื่อปลูกหลายสภาพแวดล้อม โดยพิจารณาความมีเสถียรภาพจากพารามิเตอร์ที่ใช้แสดงเสถียรภาพทั้งสอง ซึ่งได้แก่สัมประสิทธิ์รีเกรสชัน และค่าเบี่ยงเบนไปจากรีเกรสชัน พบว่าโดยเฉลี่ยลูกผสมสามทางเป็นกลุ่มที่ค่อนข้างมี

เสถียรภาพมากกว่าลูกผสมเดี่ยว

Busch, Hammond และ Forhberg (1976) ทำการศึกษาในประชากรลูกผสม 28 กลุ่ม ซึ่งได้จากการผสมพันธุ์ข้าวสาลี 8 พันธุ์ โดยปลูกทดสอบในหลายสภาพแวดล้อม จากนั้นนำผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์การแปรผันของการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ พบว่า ประชากรรวม (bulk population) มีช่วงของค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันเหมือนกับพันธุ์พ่อแม่ ส่วนค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความแปรปรวนของประชากรรวม ต่ำกว่าของพ่อแม่

Rojanaridpiched (1975) ศึกษาในข้าวโพด 2 กลุ่ม พบว่าคุณสมบัติของพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดี เป็นลักษณะของพันธุ์ที่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง และข้าวโพดแต่ละพันธุ์มีแนวโน้มที่จะมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของตัวเอง แต่ Fatunla และ Frey (1976) ศึกษาในข้าวโอ๊ต จำนวน 200 สายพันธุ์ ที่ปลูกใน 14 สภาพแวดล้อม เมื่อสุ่มสภาพแวดล้อมออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 7 สภาพแวดล้อม แล้วทำการวิเคราะห์การแปรผัน เพื่อประมาณดัชนีของเสถียรภาพของแต่ละกลุ่มของสายพันธุ์ข้าวโอ๊ตที่ใช้ทดลอง พบว่าสัมประสิทธิ์การแปรผันที่ได้ ไม่ได้เป็นค่าเฉพาะของแต่ละพันธุ์

มณฑล (2522) ทำการศึกษาในข้าว 9 พันธุ์ และสายพันธุ์ดีเด่นอีก 5 สายพันธุ์ พบว่าพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง จะปรับตัวได้ดีหรือให้ผลผลิตสูงเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่ให้ผลผลิตสูง ส่วนพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ จะปรับตัวได้ดีหรือให้ผลผลิตสูง ในสภาพแวดล้อมที่ให้ผลผลิตต่ำ และพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง สามารถคาดคะเนการให้ผลผลิตในสภาพแวดล้อมแต่ละแห่งได้ใกล้เคียงกับความจริงกว่าพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ รวมทั้งพบว่าพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่มีความสามารถปรับตัวได้ดีหรือให้ผลผลิตสูงเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่ให้ผลผลิตสูง สามารถคาดคะเนการให้ผลผลิตในสภาพแวดล้อมแต่ละแห่งได้ใกล้เคียงกับความจริงกว่าพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่ปรับตัวให้ผลผลิตสูงเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่ให้ผลผลิตต่ำ อาจกล่าวได้ว่า ค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความแปรปรวนของพันธุ์หรือสายพันธุ์ต่าง ๆ เป็นค่าที่ควรนำมาใช้ในการอธิบายถึงความมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตได้ดีกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน

Beaver และ Johnson (1981) ทำการเปรียบเทียบเสถียรภาพของผลผลิตของถั่วเหลือง พันธุ์ไม่ทอดยอด (determinate) และทอดยอด (indeterminate) โดยการวิเคราะห์การแปรผัน ทำการปลูกทดสอบใน 8 สภาพแวดล้อม พบว่าถั่วเหลืองพันธุ์ทอดยอดให้ผล

ผลิตมากกว่าผลผลิตเฉลี่ย และมีค่าเบี่ยงเบนไปจากรีเกรสชันน้อยที่สุด ส่วนพันธุ์ไม่ทอดยอดนั้น มีค่าเบี่ยงเบนไปจากรีเกรสชันสูง ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การตอบสนองของผลผลิตต่อสิ่งแวดล้อมที่ค้นพบอยู่เสมอนั้น พันธุ์ไม่ทอดยอดจะมีเสถียรภาพน้อยกว่าพันธุ์ทอดยอด และเช่นเดียวกันนี้ Beaver และ คณะ (1985) ทำการศึกษาใน Dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) พบว่า พันธุ์ไม่ทอดยอด จะให้ผลผลิตต่ำกว่าหรือเท่ากับผลผลิตเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนไปจากรีเกรสชันมีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนพันธุ์ทอดยอด ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนไปจากรีเกรสชันมีค่าต่ำ จะเน้นการพัฒนาพันธุ์ทอดยอดดังกล่าวจะสามารถปรับปรุงผลผลิตและเสถียรภาพของผลผลิต Dry bean ได้

นอกจากวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันจะถูกนำไปใช้ศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตแล้ว ยังมีผู้นำไปศึกษากับลักษณะอื่นๆ อีกด้วย ทำให้สามารถประเมินความมีเสถียรภาพของลักษณะอื่นๆ ได้เช่นกัน โดยการศึกษาถึงความมีเสถียรภาพในแต่ละลักษณะ อาจพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันที่แตกต่างไปจาก 1.00 ได้ตามความต้องการของแต่ละลักษณะเหล่านั้น มณฑล (2522) นอกจากได้วิเคราะห์ลักษณะผลผลิตในข้าวแล้ว ยังได้ทำการวิเคราะห์รีเกรสชันกับลักษณะปริมาณโปรตีน ระดับความเป็นท้องไข่ และปริมาณอมัยโลส โดยในสองลักษณะหลัง พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูง คือ พันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ หรือใกล้เคียงกับ 0 เพราะถือว่าระดับความเป็นท้องไข่ และปริมาณอมัยโลส ไม่ควรเปลี่ยนแปลงไปในพันธุ์ที่ต้องการ เนื่องจากทำให้คุณภาพข้าวเปลี่ยนแปลงไป

Stroike และ Johnson (1972) ทำการศึกษาในข้าวสาลี พบว่า ในลักษณะความสูง การหักล้ม การร่วงของเมล็ด น้ำหนักเมล็ด อายุเก็บเกี่ยว การรอดชีวิตในฤดูหนาว ปริมาณโปรตีน และปริมาณไลซีนในเมล็ด พันธุ์แต่ละพันธุ์จะมีค่าพารามิเตอร์ทั้งสองเฉพาะตัวและจากการศึกษาสรุป ได้ว่าลักษณะที่จะนำมาวิเคราะห์รีเกรสชันได้นั้นต้องเป็นลักษณะปริมาณเท่านั้น

Rai และคณะ (1978) ศึกษาอันดับของเสถียรภาพในลักษณะผลผลิต จำนวนสมอ ต่อต้น ความสูง และเปอร์เซ็นต์ปุ๋ยของฝ้าย 16 พันธุ์ ทำการทดสอบใน 3 สภาพแวดล้อม พบว่า เสถียรภาพที่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ขึ้นอยู่กับรีเกรสชันเส้นตรงในทุกลักษณะนอกจากความสูง และยังพบว่า พวกที่มีต้นเตี้ยเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมได้ง่ายกว่าพวกที่มีต้นสูง

การวิเคราะห์รีเกรสชันของผลผลิตหรือลักษณะอื่น ๆ ของแต่ละพันธุ์บนดัชนีของสภาพแวดล้อม ทำให้สามารถหาพันธุ์ที่ให้ผลผลิตตลอดจนลักษณะอื่น ๆ ที่ดี และมีเสถียรภาพเพื่อใช้ปลูกได้หลาย ๆ สภาพแวดล้อม และยังทำให้สามารถคัดเลือกพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย Johnson, Shafer และ Schmidt (1968) ศึกษาในข้าวสาลีที่มีการปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมทั่ว ๆ ไป ทำให้งานปรับปรุงพันธุ์ที่ใช้ปลูกในภาคกลางและภาคใต้ของสหรัฐอเมริกา มีความก้าวหน้ามาก โดยพันธุ์ใหม่ที่ได้ให้ผลผลิตสูงและมีเสถียรภาพดี ดังนั้นการได้พันธุ์ที่มีเสถียรภาพจึงมีประโยชน์ในแง่การปรับปรุงพันธุ์ ตลอดจนการแนะนำพันธุ์ใหม่ ๆ สู่เกษตรกรต่อไป