วิจารณ์ผลการทดลอง

การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองทนดินเค็มได้พิจารณาจากการแพร่กระจายของราก ความยาวราก และการผิดปกติของสีใบ เนื่องจากความเค็มของเกลือจะยับยั้งการแบ่งเซลและการขยายตัวของเซลในพืชที่ไม่ทนเค็ม ผลของเกลือนี้ทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้น ความยาวของ hypocotyl และความยาวรากลดลง (Poljakoff-Mayber et al., 1975) และ FAO/UNESCO (1973) ได้รายงานว่าเกลือในดินจะทำให้ใบพืชมีสีเขียวอมน้ำเงินหรือใบเขียวขึ้นมากกว่าปกติ จากการตอบสนองของลักษณะการเจริญเติบโตของพืชถั่วเหลืองดังกล่าว จึงได้นำมาใช้คัดเลือกเพื่อหาสายพันธุ์ถั่วเหลืองที่ทนดินเค็ม โดยได้ปลูกทดลองในสารละลายอาหาร Modified Hoagland's No.2 ที่ระดับความเค็ม 0, 6, 8 และ 10 mmhos.cm^{-1} ผลการศึกษาพบว่าถั่วเหลืองทั้ง 31 สายพันธุ์ แสดงอาการผิดปกติของทั้ง 3 ลักษณะที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือการแสดงอาการผิดปกติของการแพร่กระจายของราก ความเข้มของสีใบ จะมีค่าสังเกตเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น และความยาวรากโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองมีค่าลดลง เมื่อปลูกในสารละลายอาหารที่ระดับความเค็มสูงขึ้น การตอบสนองของถั่วเหลืองในลักษณะดังกล่าวมีรูปแบบคล้ายคลึงกับการคัดเลือกข้าวสาลีทนเค็มในระยะกล้าโดยปลูกในสารละลายอาหาร Hoagland's solution ว่าพันธุ์ข้าวสาลีที่ทนเค็มจะมีระบบรากแพร่กระจายมากกว่าพันธุ์อ่อนแอ (กิตติพัฒน์, 2531)

สำหรับการพิจารณาหาสายพันธุ์ถั่วเหลืองที่แสดงความสามารถต่อการทนดินเค็มนั้น ได้พิจารณาจากทั้ง 3 ลักษณะ โดยใช้ค่าสังเกตการแพร่กระจายของราก,ความเข้มของสีใบ และความยาวราก เฉลี่ยจากความเค็มของสารละลายอาหาร 4 ระดับ ได้พบว่ามีความแปรปรวนระหว่างสายพันธุ์ต่อการแสดงความทนเค็มของทั้ง 3 ลักษณะ เช่น สายพันธุ์ EMGOPA 302 แสดงความสามารถทนเค็มได้ทั้ง 3 ลักษณะ สายพันธุ์ O.C.B แสดงความทนเค็มของลักษณะการแพร่กระจายของรากและความเข้มของสีใบ สายพันธุ์ XANH TIAN TAI(VIR) แสดงความทนเค็มของลักษณะการแพร่กระจายและความยาวราก ในขณะที่สายพันธุ์อื่นๆ แสดงความทนเค็มของบางลักษณะเท่านั้น เช่น พันธุ์สจ.5 แสดงความทนเค็มของสีใบ ที่แสดงอาการปกติ ถึงแม้ว่าจะปลูกในสารละลายที่เค็มมากก็

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาม ความแตกต่างของการตอบสนองต่อความเค็มนี้ เป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรม (genotypic differences) ระหว่างสายพันธุ์ถั่วเหลือง ที่บ่งบอกให้เห็นถึงความทนทานต่อสภาพดินเป็นพิษ และการขาดธาตุอาหาร ซึ่งแต่ละสายพันธุ์จะมีความสามารถแตกต่างกันของการดูดซึม ion ต่างๆโดยทางราก การลำเลียงธาตุอาหารต่างๆ ผ่านทาง xylem (conduction) การกักกัน ion ในเนื้อเยื่อที่ติดกัน รวมถึงการเคลื่อนย้ายสารต่างๆใน phloem (translocation) และประสิทธิภาพของ metabolic ion utilization (Epstein, 1972) ความแตกต่างทางพันธุกรรมของการดูดซึมธาตุอาหารหรือการลำเลียงธาตุอาหารมีความสำคัญอย่างมากต่อการปรับปรุงพันธุ์พืชทนเค็ม (BOSTID, 1990) ดังนั้นจึงทำการคัดเลือกสายพันธุ์ EMGOPA 302 และ สายพันธุ์ XANH TIAN TAI(VIR) ไว้เพื่อศึกษาในการทดลองที่ 2 เพราะทั้ง 2 สายพันธุ์ ตอบสนองต่อลักษณะการแพร่กระจายและความยาวราก เมื่อปลูกในสารละลายอาหาร ในทิศทางที่ทนเค็มได้ดีที่ระดับความเค็ม 6 mmhos.cm^{-1} ในขณะที่สายพันธุ์อื่นๆตอบสนองในบางลักษณะเท่านั้น หรือไม่สามารถเจริญเติบโตได้หรือตายไปในที่สุด ส่วนลักษณะความเข้มของสีใบนั้นพบว่ามีความแปรปรวนมากในแต่ละสายพันธุ์และระดับความเค็ม จึงใช้เป็นลักษณะสำหรับการพิจารณาคัดเลือกหาสายพันธุ์ทนเค็มได้ไม่ถูกต้องและเหมาะสมเท่ากับลักษณะการแพร่กระจายและความยาวราก

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะต่างๆของสายพันธุ์ถั่วเหลืองได้ศึกษาทั้งอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง(h_{b}^{2}) และอัตราพันธุกรรมแบบแคบ(h_{n}^{2}) จากผลการประเมินหาค่า h_{b}^{2} ที่แสดงในตารางที่ 7 พบว่าค่า h_{b}^{2} ของแต่ละลักษณะที่ศึกษาได้แก่ ความแข็งแรงของต้นกล้า ความสูง จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น อายุออกดอก และอายุสุกแก่ เมื่อปลูกที่ระดับความเค็มต่ำ (2 mmhos.cm^{-1}) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่ระดับความเค็มสูง (6 mmhos.cm^{-1}) โดยเฉพาะลักษณะความสูง จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น ค่า h_{b}^{2} ลดลงอย่างมากเมื่อปลูกในสภาพความเค็มที่เพิ่มขึ้นจาก 2 เป็น 6 mmhos.cm^{-1} อย่างไรก็ตามมีบางลักษณะที่ค่า h_{b}^{2} มีค่าไม่แตกต่างกันมาก เมื่อปลูกที่ความเค็มทั้ง 2 ระดับ ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อายุออกดอกและอายุสุกแก่ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าทั้ง 2 ลักษณะนี้เป็น qualitative trait ค่า h_{b}^{2} จึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ถึงแม้ว่าสิ่งแวดล้อมที่ปลูกจะมีความเค็มเพิ่มขึ้น ต่างจากลักษณะความสูง จำนวนฝักต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ซึ่งเป็น quantitative trait ซึ่งอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบค่อนข้างมาก จึงทำให้ค่า h_{b}^{2} มีค่าลดลง เมื่อปลูกในระดับความเค็มที่สูงขึ้น จากการประเมินหาค่า h_{b}^{2} ของลักษณะถั่วเหลืองเมื่อเฉลี่ยจากทั้ง 2 ระดับความเค็มของทุกคู่ผสม พบว่าลักษณะความแข็งแรงของต้นกล้าและอายุออกดอก มีค่า h_{b}^{2} สูงกว่าลักษณะอื่นๆ และมีค่าสูงกว่า 50% ชี้ให้เห็นว่าลักษณะทั้งสองดังกล่าวน่าจะใช้คัดเลือกความทนเค็มของถั่วเหลืองได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Allen et al.(1985) และ Ashraf et al.(1987)

ค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ(h_{n}^{2}) ที่ได้ประเมินและแสดงในตารางที่ 8 ชี้ให้เห็นว่าบางลักษณะพันธุกรรมของถั่วเหลืองที่ศึกษา มีค่า h_{n}^{2} เพิ่มขึ้นและลดลง เมื่อปลูกที่ระดับความเค็ม 2 และ 6 mmhos.cm^{-1} กล่าวคือลักษณะความแข็งแรงของต้นกล้า อายุออกดอก และอายุสุกแก่ มีค่า h_{n}^{2} ลดลง เมื่อปลูกที่ระดับความเค็ม 6 mmhos.cm^{-1} ในขณะที่ลักษณะความสูง จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น มีค่า h_{n}^{2} สูงขึ้นที่ระดับความเค็มดังกล่าว เนื่องจากค่า h_{n}^{2} นี้เป็นค่าประเมินวัดจากสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของการกระทำของยีนส์แบบบวก(additive variance) ต่อความแปรปรวนทั้งหมด (total variance) ที่ปรากฏให้เห็น ดังนั้นความแปรปรวนทางพันธุกรรมแบบอื่นนอกเหนือจากพฤติกรรมของยีนส์แบบบวก(nonadditive effect) ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของยีนส์ข่ม (dominance effect) หรืออิทธิพลของยีนส์ต่างตำแหน่ง (epistasis effect) ตลอดจนอิทธิพลของสภาพแวดล้อมจึงมีผลกระทบต่อความแปรปรวนที่เกิดขึ้นกับลักษณะความสูง จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น จากผลกระทบดังกล่าวจึงทำให้ค่า h_{n}^{2} ของลักษณะดังกล่าวมีค่าค่อนข้างต่ำ ทั้ง 2 ระดับความเค็ม เมื่อพิจารณาลักษณะความแข็งแรงของต้นกล้า พบว่ามีค่า h_{n}^{2} ค่อนข้างสูง เมื่อปลูกที่ระดับความเค็มทั้ง 2 ระดับ จึงมีความเป็นไปได้ว่าลักษณะความแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แรงของต้นกล้า เป็นลักษณะ qualitative trait ที่ถูกควบคุมด้วยกลุ่มยีนส์หลัก(major genes) และมีจำนวนยีนส์น้อยคู่ ในขณะที่ลักษณะอายุออกดอก และอายุสุกแก่ นั้นค่า h_{ns}^2 จะลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มจาก 2 เป็น 6 mmhos.cm^{-1} แสดงว่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมอันเนื่องจากพฤติกรรมของยีนส์แบบข่ม และพฤติกรรมระหว่างยีนส์ต่างตำแหน่งตลอดจนสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนที่แสดงออกของลักษณะอายุออกดอก และอายุสุกแก่ ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ว่าลักษณะดังกล่าว อาจถูกควบคุมด้วยกลุ่ม modifying genes ซึ่งแต่ละยีนส์ต่างมีบทบาทต่อการแสดงออกของลักษณะที่ไม่เด่นชัด ด้วยเหตุผลที่กล่าวแล้วนี้การปรับปรุงพันธุ์โดยการคัดเลือกลักษณะต่างๆที่มีค่า h_{ns}^2 ต่ำ จึงไม่ควรกระทำการคัดเลือกในระยะแรกๆของประชากรที่มีการกระจายตัว แต่ควรจะรอจนกว่าการกระจายตัวจะลดลงในชั่วหลังๆเสียก่อน จนถั่วเหลืองค่อนข้างจะเป็นพันธุ์แท้หรืออาจใช้วิธีการปรับปรุงประชากร ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความถี่ของยีนส์ที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวให้มีปริมาณมากขึ้น (เจริญศักดิ์, 2527, Allard, 1960, Falconer, 1960)

การประเมินความก้าวหน้าของลักษณะพันธุกรรมที่ถูกคัดเลือก (genetic advance under selection; G_s) ของลักษณะต่างๆของถั่วเหลืองลูกผสมชั่วที่ 2 เมื่อปลูกที่ระดับความเค็ม 2 และ 6 mmhos.cm^{-1} แสดงในตารางที่ 9 และ 10 พบว่าค่า G_s ที่ได้มีความแตกต่างกันตามลักษณะถั่วเหลือง และระหว่างระดับความเค็ม เมื่อนำค่า G_s มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่คาดว่าจะได้ในสายพันธุ์รุ่นลูก (expected mean of progeny) พบว่าทุกลักษณะที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยสูงกว่ารุ่นชั่วที่ 2 (F_2) ทั้ง 2 ระดับความเค็ม เมื่อพิจารณาแต่ละลักษณะพบว่าลักษณะที่มีค่า h_{ns}^2 สูงจะให้ค่า expected mean of progeny สูงด้วย เช่น ลักษณะความแข็งแรงของต้นกล้า ที่ระดับความเค็ม 2 mmhos.cm^{-1} และลักษณะที่มีค่า h_{ns}^2 ต่ำ จะให้ค่า expected mean of progeny ต่ำกว่า original mean เช่น ลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ปลูกในระดับความเค็ม 2 mmhos.cm^{-1} จากการประเมินหาค่า G_s พบว่าที่ระดับความเค็ม 2 mmhos.cm^{-1} จะทำให้ค่า expected mean of progeny มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มของลักษณะองค์ประกอบที่สำคัญของผลผลิต เช่น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อต้น เพิ่มไม่มากนักเฉลี่ย 0.78 และ 0.82 % ตามลำดับ แต่เมื่อปลูกที่ความเค็ม 6 mmhos.cm^{-1} กลับพบว่า expected mean of progeny ของลักษณะจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น มีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็น 2.53,3.01,และ 6.22% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Khan(1984) ที่ชี้ให้เห็นว่า gamma rays ที่มีขนาดแรงขึ้นจะชักนำให้เกิดความแปรปรวนของลักษณะการถ่ายทอดพันธุกรรมของถั่วเขียวได้มาก รวมทั้งเพิ่มค่า genetic advance(G_s) ให้แก่ลักษณะที่ศึกษาด้วย นอกจากนี้ผลดังกล่าวยังสอดคล้องกับรายงานของ Jhonson et al. (1955) ว่าลักษณะที่มีค่า h^2 สูง และความก้าวหน้าจากการคัดเลือกสูง จะตอบสนองต่อการคัดเลือกได้ดีกว่าลักษณะที่มีค่า h^2 ต่ำด้วยเช่นกัน

การกระจายตัวของลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) เมื่อปลูกที่ระดับความเค็ม 2 และ 6 mmhos.cm^{-1} พบว่ามีการกระจายตัวอยู่ระหว่างลักษณะของพันธุ์พ่อ-แม่ ในทุกลักษณะที่ศึกษา ที่ระดับความเค็ม 2 mmhos.cm^{-1} ลักษณะที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อ-แม่ ได้แก่ ลักษณะความแข็งแรงของต้นกล้า ความสูง และอายุสุกแก่ โดยพบในคู่ผสมต่างๆ ส่วนลักษณะลูกผสมชั่วที่ 2 ที่มีการกระจายตัวอยู่ระหว่างลักษณะของพันธุ์พ่อ-แม่ แต่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์พ่อ-แม่ รวมทั้งมีการกระจายตัวแบบ Transgressive segregation ได้แก่ลักษณะจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ซึ่งพบในทุกคู่ผสมเช่นเดียวกัน และเมื่อปลูกที่ระดับความเค็ม 6 mmhos.cm^{-1} ค่าเฉลี่ยของลูกผสมของลักษณะต่างๆในแต่ละคู่ผสม จะมีทั้งค่าอยู่ระหว่าง สูงกว่า และต่ำกว่า ลักษณะของพันธุ์พ่อ-แม่ รวมทั้งมี Transgressive segregation ด้วย เช่นลักษณะจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และจำนวนกิ่งต่อต้น เป็นต้น เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของลูกผสมชั่วที่ 2 ในแต่ละคู่ผสมทั้ง 2 ระดับความเค็ม พบว่าคู่ผสมระหว่างพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ(introduced variety) กับพันธุ์พื้นเมือง(local variety) จะทำให้เกิดการกระจายตัวของลักษณะต่างๆ ของลูกผสมชั่วที่ 2 ที่อยู่เหนือขอบเขตความแปรปรวนของลักษณะพันธุ์พ่อ-แม่(Transgressive segregation) ทั้งทางบวกและทางลบเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะที่ระดับความเค็ม 6 mmhos.cm^{-1} ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเมื่อมีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผสมระหว่างพันธุ์พ่อ-แม่ ที่มีแหล่งพันธุกรรมที่แตกต่างกันมาก ๆแล้ว จะทำให้เพิ่มความแปรปรวนของลักษณะพันธุกรรมให้กับลูกผสมเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงโดยการปลูกที่ระดับความเค็มสูงขึ้น อาจมีส่วนทำให้การแสดงออกของลักษณะต่างๆ มีความแตกต่างหลากหลายมากขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลงานของ Azhar and McNeilly (1989)

การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ กับน้ำหนักเมล็ดต่อต้นหรือผลผลิต พบว่าจำนวนเมล็ดต่อต้น มีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลทางตรงด้านบวกสูงมาก ต่อน้ำหนักเมล็ดต่อต้น เมื่อปลูกที่ 2 ระดับความเค็ม นอกจากนี้ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้น จะมีอิทธิพลทางอ้อม โดยผ่านลักษณะความสูง จำนวนกิ่งต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้น ต่อผลผลิตในทางบวกสูงมากเช่นเดียวกัน ในทั้ง 2 ระดับความเค็ม ผลของการศึกษาค่าความสัมพันธ์ และวิธีวิเคราะห์โดย Path coefficient ชี้ให้เห็นว่าการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อให้ทนต่อสภาพดินเค็ม และให้ผลผลิตสูง สามารถคัดเลือกได้จากต้นที่มีจำนวนเมล็ดต่อต้นสูง ทั้ง 2 ระดับความเค็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ถ้าหากการคัดเลือกไม่สามารถคัดเลือกจากผลผลิตโดยตรงได้ ยังอาจพิจารณาคัดเลือกได้จากลักษณะลักษณะที่ส่งผลทางอ้อมได้ คือ คัดเลือกต้นที่มีลักษณะต้นสูง ต้นที่มีจำนวนฝักหรือกิ่งต่อต้นมาก ก็จะได้ผลทำนองเดียวกัน ซึ่งการคัดเลือกดังกล่าวนี้ใช้ได้ผลในถั่วเหลือง (Singh, 1976) และธัญญพืชทั่วไป เช่น ข้าวสาลี (Osman et al., 1983) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved