

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ลักษณะการทนแล้งที่ตรวจวัดมีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูงทั้ง 4 คู่ผสม ซึ่งให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่การคัดเลือกพันธุ์เพื่อปรับปรุงลักษณะทนแล้งจะประสบผลสำเร็จและมีความก้าวหน้า นอกจากนี้การตรวจวัดข้อมูลลักษณะ HI SCMR และ SLA ในสภาพขาดน้ำกับไม่ขาดน้ำนั้นมีความสัมพันธ์กันสูง ทำให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้นในการตรวจวัดในระบบการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงทนแล้งที่มีจำนวนประชากรมาก SCMR เป็นลักษณะที่ใช้เป็นการคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งได้ดี เนื่องจากมีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง ตรวจวัดได้ง่าย และมีค่าสหสัมพันธ์กับลักษณะทางการเกษตรที่ดี

เอกสารอ้างอิง

- Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics 4th ed. Longman, London.
- Holland, J.B., W.E. Nyquist, and C.T. Cervantes-Martinez. 2003. Estimating and interpreting heritability for plant breeding: an update. *Plant Breed. Rev.* 22: 21-12.
- Nigam, S.N., S. Chandra, K. Rupa Sridevi, A. Manoha Bhukta, G.S. Reddy, R.C. Nageswara Rao, G.C. Wright, P.V. Reddy, M.P. Deshmukh, R.K. Mathur, M.S. Basu, S. Vasundhara, P. Vindhya Varman, and A.K. Nagda. 2005. Efficiency of physiological trait-based and empirical selection approaches for drought tolerance in groundnut. *Ann. App. Biol.* 146: 433-439.
- Sheshshayee, M.S., H. Bindumadhava, N.R. Rachaputi, T.G. Prasad, M. Udayakumar, G.C. Wright, and S.N. Nigam. 2006. Leaf chlorophyll concentration relates to transpiration efficiency in peanut. *Ann. Appl. Biol.* 148: 7-15.
- Wright G.C., R.C. Nageswara Rao, and M.S. Basu. 1996. A physiological approach to the understanding of genotype by environment interactions-A case study on improvement of drought adaptation in groundnut. p. 365-380. In M. Cooper, and G.L. Hammer, eds. *Plant Adaptation and crop improvement*. CAB International, Wallingford.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Songsri, P., S. Jogloy, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai, and C.C. Holbrook. 2008. Heritability of drought-resistance traits and genotypic and phenotypic correlation of drought-resistance and agronomic traits in peanut. *Crop Sci.* 48(6), 2245-2253.

4.1.2 ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะการตรึงไนโตรเจน สหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏ และสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะการตรึงไนโตรเจนกับลักษณะการทนแล้ง และผลผลิตของถั่วลิสง

Heritability of N₂ Fixation Traits, and Phenotypic and Genotypic Correlations between N₂ Fixation Traits with Drought Resistance Traits and Yield in Peanut

สำราญ พิมราช สนั่น จอกลอย นิมิตร วรสุต บรรยง ทুমแสน ถวัลย์ เกษมาลา
อาร์นต์ พัฒโนทัย และ C.C. Holbrook

ถั่วลิสงที่ปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝนเขตร้อนกึ่งแห้งแล้ง มักจะประสบปัญหากระทบแล้ง เนื่องจากปริมาณฝนน้อยและการกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผลผลิตถั่วลิสงต่ำ การจัดการให้น้ำชลประทานในพื้นที่ดังกล่าวเป็นไปได้ยาก การใช้พันธุ์ถั่วลิสงที่ทนแล้งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าวได้ กลยุทธ์หลักของการคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งที่ผ่านมาใช้ผลผลิตฝักในสภาพแล้งเป็นเกณฑ์ แต่ความก้าวหน้าของการปรับปรุงพันธุ์โดยแนวทางนี้เป็นไปค่อนข้างล่าช้า เนื่องจากลักษณะที่ควบคุมการทนแล้งค่อนข้างซับซ้อน และลักษณะผลผลิตเป็นลักษณะที่มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมต่ำและมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมสูง จึงจำเป็นที่จะต้องหาแนวทางอื่นที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า การใช้ลักษณะทางสรีระวิทยาและสัณฐานวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้งมาใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ อาจจะทำให้การปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ทนแล้งก้าวหน้าเร็วขึ้น เพราะลักษณะเหล่านี้มีพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะที่ไม่ซับซ้อน การปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้ตรึงไนโตรเจนได้สูงในสภาพแล้ง คาดว่าจะช่วยส่งเสริมให้ถั่วลิสงมีผลผลิตสูงในสภาพแล้ง และอาจใช้ลักษณะการตรึงไนโตรเจนสูงในสภาพแล้งในการคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งได้

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง (broad sense heritability) และแบบแคบ (narrow sense heritability) ของลักษณะการตรึงไนโตรเจนทั้งในสภาพขาดน้ำและไม่ขาดน้ำ 2) ประเมินค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏและลักษณะทางพันธุกรรม (genotypic and phenotypic correlation) ระหว่างการตรึงไนโตรเจนกับ ค่าพื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area; SLA) ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อม (SPAD chlorophyll meter reading; SCMR) ผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index; HI) ของถั่วลิสงในสภาพขาดน้ำและไม่ขาดน้ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการผสมพันธุ์ถั่วลิสง 4 คู่ผสม ระหว่างพันธุ์ทนแล้ง (ICGV 98308 และ ICGV 98324) กับที่ให้ผลผลิตสูงและตรึงไนโตรเจนได้สูง (KK 60-3) และพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงแต่ตรึงไนโตรเจนได้ค่อนข้างต่ำ (Tainan 9) หลังจากนั้นปลูกขยายเพิ่มจำนวนประชากรในชั่วรุ่นที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งในชั่วรุ่นที่ 4 นี้ได้ทำการสุ่มสายพันธุ์จำนวน 140 สายพันธุ์ (คู่ผสม ๆ ละ 35 สายพันธุ์) และปลูกขยายพันธุ์ในชั่วรุ่นที่ 5-6 หลังจากนั้นมาปลูกทดสอบในชั่วรุ่นที่ 7 และชั่วรุ่นที่ 8 ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่และพันธุ์ไม่สร้างปม ในช่วงแล้งปี

พ.ศ. 2548/49 และ 2549/50 มีการใส่เชื้อไรโซเบียม แต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปรตุสเซียมตามคำแนะนำ และมีการให้น้ำที่ระดับความจุสนาม (field capacity; FC) และระดับ 2/3 ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน (2/3 available soil water; 2/3 AW) โดยมีถั่วลิสงพันธุ์ไม่สร้างปมร่วมทดสอบด้วยเพื่อใช้เป็นพืชอ้างอิงในการวัดปริมาณการตรึงไนโตรเจน ข้อมูลที่ทำการตรวจวัดได้แก่ พื้นที่ใบจำเพาะ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อมโดยใช้เครื่อง SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) จำนวนปม น้ำหนักปมแห้ง น้ำหนักต้นแห้ง ผลผลิตฝัก น้ำหนักแห้งทั้งหมด ดัชนีเก็บเกี่ยว และปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและคำนวณหาค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างและแบบแคบของลักษณะการตรึงไนโตรเจนในแต่ละคู่ผสม โดยค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างประเมินจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมส่วนด้วยความแปรปรวนทั้งหมด (Holland et al., 2003) และค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบประเมินจากค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 8 บนชั่วรุ่นที่ 7 (Smith and Kinman, 1965) และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏและลักษณะทางพันธุกรรม (Falconer and Mackay, 1996) ระหว่างลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนกับลักษณะการทนแล้งและผลผลิตของถั่วลิสงทั้งในสภาพขาดน้ำและไม่ขาดน้ำ

ผลการทดลอง

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ทั้งในสภาพที่ไม่ขาดน้ำและในสภาพที่ขาดน้ำอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน โดยที่ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างอยู่ในช่วง 0.84 ถึง 0.98 และค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบอยู่ในช่วง 0.29 ถึง 0.39 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การคัดเลือกในสภาพที่ไม่ขาดน้ำและในสภาพที่ขาดน้ำให้ความก้าวหน้าใกล้เคียงกัน ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ในสภาพที่ไม่ขาดน้ำกับปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ในสภาพที่ขาดน้ำมีสหสัมพันธ์กันในทางบวก ($r = 0.77^{**}$) (ตารางที่ 1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การคัดเลือกสายพันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนสูงในสภาพที่ไม่ขาดน้ำจะได้พันธุ์ให้ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้สูงในสภาพแล้งด้วย

ในสภาพที่ไม่ขาดน้ำปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ น้ำหนักต้นแห้ง และน้ำหนักแห้งทั้งหมดมีสหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏ (r_p) และลักษณะทางพันธุกรรม (r_G) ในเชิงลบกับดัชนีเก็บเกี่ยว (r_p และ $r_G = -0.46^{**}$ ถึง -0.48^{**}) (ตารางที่ 2) แต่มีแนวโน้มของสหสัมพันธ์กันในทางบวกกับผลผลิตฝัก แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ในสภาพที่ไม่ขาดน้ำจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมากกว่าผลผลิตฝัก อย่างไรก็ตามลักษณะดังกล่าวจะมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับค่า SCMR (r_p และ $r_G = 0.20^*$ ถึง 0.23^{**}) ในขณะที่จำนวนปมและน้ำหนักปมแห้งมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับค่า SLA และผลผลิตฝัก น้ำหนักแห้งทั้งหมดมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับค่า SCMR ($r_p = 0.40^{**}$ and $r_G = 0.41^{**}$) และผลผลิตฝัก ($r_p = 0.60^{**}$ และ $r_G = 0.61^{**}$) ในทำนองเดียวกันค่า SCMR ก็มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตฝักในสภาพขาดน้ำ ($r_G = 0.21^*$) และในสภาพที่ไม่ขาดน้ำ ($r_G = 0.51^{**}$) (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

ในสภาพที่ขาดน้ำปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ จำนวนปม น้ำหนักปมแห้ง น้ำหนักต้นแห้ง และ น้ำหนักแห้งทั้งหมดมีสหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏและลักษณะทางพันธุกรรมในทางบวกกับผลผลิตฝัก ($r_p = 0.32^{**}$ ถึง 0.76^{**} และ $r_G = 0.43^{**}$ ถึง 0.78^{**}) (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าผลผลิตฝักขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจน การคัดเลือกพันธุ์ถั่วลันเตาที่ตรึงไนโตรเจนได้สูงในสภาพแล้งสามารถช่วยส่งเสริมให้มีผลผลิตสูงได้ ($r_p = 0.42^{**}$ และ $r_G = 0.43^{**}$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ในสภาพแล้งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นลดลงแต่ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้จะไปช่วยส่งเสริมผลผลิตฝักเพิ่มขึ้นซึ่งสนับสนุนโดยค่าสหสัมพันธ์ของปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ น้ำหนักต้นแห้ง และน้ำหนักแห้งทั้งหมดกับค่าดัชนีเก็บเกี่ยวที่มีค่าสหสัมพันธ์กันในทางลบลดลง (r_p และ $r_G = -0.20^*$ ถึง -0.23^{**})

เมื่อพิจารณาถึงสหสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การลดลงของผลผลิตฝักกับเปอร์เซ็นต์การลดลงของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจน พบว่า มีค่าแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) กล่าวคือ เปอร์เซ็นต์การลดลงของผลผลิตฝักมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ ($r_P = 0.21^*$ และ $r_G = 0.25^{**}$) เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักต้นแห้ง ($r_P = 0.22^{**}$ และ $r_G = 0.23^{**}$) และ เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งทั้งหมด ($r_P = 0.66^{**}$ และ $r_G = 0.69^{**}$) แสดงให้เห็นว่าการลดลงของผลผลิตฝักจะขึ้นอยู่กับ การลดลงของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจน

การคัดเลือกพันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนสูงในสภาพแล้งจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าในการที่จะได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงในสภาพแล้ง ทั้งนี้เพราะสหสัมพันธ์ของลักษณะทางพันธุกรรมระหว่างปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้กับผลผลิตฝักแห้งในสภาพแล้ง ($r_G = 0.43^{**}$) สูงกว่าในสภาพที่ไม่ขาดน้ำ ($r_G = 0.13$) การคัดเลือกปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้มีผลน้อยต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อม (SCMR) และพื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้มีความสัมพันธ์ต่ำกับกับปริมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อมและพื้นที่ใบจำเพาะ แต่มีผลในทางลบต่อดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) อย่างมีนัยสำคัญ ($r_G = -0.23^{**}$)

สรุปผลการทดลอง

การคัดเลือกลักษณะการตรึงไนโตรเจนของถั่วลันเตาในสภาพที่ไม่ขาดน้ำและในสภาพที่ขาดน้ำ ให้ผลที่ใกล้เคียงกันเพราะมีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะใกล้เคียงกัน ซึ่งการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนได้สูงในสภาพที่ไม่ขาดน้ำจะได้พันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนได้สูงในสภาพแล้งด้วย การคัดเลือกลักษณะการตรึงไนโตรเจนของถั่วลันเตาในสภาพที่ไม่ขาดน้ำอาจจะช่วยส่งเสริมให้มีผลผลิตสูงได้แต่อาจจะ เป็นพันธุ์ที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำ อย่างไรก็ตามการคัดเลือกพันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนสูงในสภาพแล้งจะช่วยส่งเสริมให้ถั่วลันเตามีผลผลิตที่สูงได้ เพราะค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏและลักษณะทางพันธุกรรมของปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้กับผลผลิตฝักในสภาพที่ขาดน้ำมีค่าสูงกว่าในสภาพที่ไม่ขาดน้ำ การใช้ลักษณะ SCMR และ SLA ในการคัดพันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนได้สูงจะมีประสิทธิภาพต่ำเพราะค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะดังกล่าวมีค่าต่ำ การคัดเลือกลักษณะการตรึงไนโตรเจนจะไม่มีผลกระทบต่อลักษณะ SCMR และ SLA แต่จะมีผลกระทบต่อดัชนีเก็บเกี่ยว ส่วนการคัดเลือกลักษณะเปอร์เซ็นต์การลดลงของลักษณะปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ น้ำหนักต้นแห้ง และน้ำหนักแห้งทั้งหมด อาจจะช่วยส่งเสริมให้มีผลผลิตสูงในสภาพแล้ง แต่การคัดเลือกเปอร์เซ็นต์การลดลงของลักษณะดังกล่าวจะต้องลงทุนมากเพราะต้องปลูกคัดเลือกพันธุ์ทั้งในสภาพไม่ขาดน้ำและในสภาพขาดน้ำ

ตารางที่ 1 ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง (broad sense heritability) และแบบแคบ (narrow sense heritability) ของปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ จำนวนปม น้ำหนักปมแห้ง น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักแห้งทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์การลดลงของลักษณะดังกล่าวของถั่วลิสง 4 คู่ผสมที่ปลูกในช่วงแล้งปี พ.ศ. 2548/49 และ 2549/50

คู่ผสม	ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง					ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบ				
	ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้	จำนวนปม	น้ำหนักปมแห้ง	น้ำหนักต้นแห้ง	น้ำหนักแห้งทั้งหมด	ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้	จำนวนปม	น้ำหนักปมแห้ง	น้ำหนักต้นแห้ง	น้ำหนักทั้งหมด
สภาพไม่ขาดน้ำ										
ICGV 98308 x KK 60-3	0.84 ± 0.14 ²	0.23 ± 0.39	0.55 ± 0.29	0.91 ± 0.10	0.89 ± 0.12	0.29± 0.03	0.10± 0.06	0.19± 0.04	0.37± 0.02	0.37± 0.02
ICGV 98308 x Tainan 9	0.95 ± 0.06	0.39 ± 0.34	0.69 ± 0.22	0.97 ± 0.04	0.98 ± 0.03	0.36± 0.05	0.13± 0.07	0.38± 0.06	0.43± 0.04	0.45± 0.03
ICGV 98324 x KK 60-3	0.86 ± 0.11	0.40 ± 0.34	0.64 ± 0.25	0.92 ± 0.08	0.93 ± 0.08	0.36± 0.04	0.18± 0.05	0.21± 0.05	0.40± 0.03	0.41± 0.03
ICGV 98324 x Tainan 9	0.92 ± 0.08	0.86 ± 0.13	0.86 ± 0.13	0.95 ± 0.06	0.98 ± 0.03	0.39± 0.04	0.40± 0.04	0.54± 0.05	0.42± 0.03	0.46± 0.03
สภาพขาดน้ำ										
ICGV 98308 x KK 60-3	0.91 ± 0.09	0.30 ± 0.37	0.50 ± 0.31	0.94 ± 0.07	0.94 ± 0.07	0.31± 0.05	0.13± 0.07	0.15± 0.07	0.35± 0.03	0.36± 0.03
ICGV 98308 x Tainan 9	0.91 ± 0.09	0.59 ± 0.27	0.75 ± 0.19	0.86 ± 0.13	0.93 ± 0.07	0.31± 0.05	0.24± 0.07	0.55± 0.09	0.29± 0.03	0.34± 0.03
ICGV 98324 x KK 60-3	0.93 ± 0.08	0.00 ± 0.00	0.50 ± 0.29	0.93 ± 0.08	0.94 ± 0.07	0.37± 0.05	0.00± 0.00	0.21± 0.06	0.42± 0.03	0.45± 0.03
ICGV 98324 x Tainan 9	0.91 ± 0.09	0.24 ± 0.36	0.50 ± 0.31	0.92 ± 0.08	0.96 ± 0.04	0.37± 0.05	0.20± 0.09	0.60± 0.10	0.36± 0.04	0.41± 0.04
เปอร์เซ็นต์การลดลง³										
ICGV 98308 x KK 60-3	0.79 ± 0.19	0.00 ± 0.00 ⁵	0.38 ± 0.33	0.85 ± 0.16	0.93 ± 0.11	0.30± 0.09	0.00± 0.08	0.11± 0.05	0.33± 0.08	0.37± 0.08
ICGV 98308 x Tainan 9	0.53 ± 0.27	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.72 ± 0.21	0.81 ± 0.16	0.21± 0.13	0.00± 0.00	0.00± 0.00	0.35± 0.16	0.37± 0.14
ICGV 98324 x KK 60-3	0.73 ± 0.20	0.21 ± 0.37	0.35 ± 0.33	0.83 ± 0.16	0.85 ± 0.15	0.37± 0.10	0.06± 0.07	0.11± 0.05	0.28± 0.09	0.31± 0.07
ICGV 98324 x Tainan 9	0.63 ± 0.24	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.80 ± 0.17	0.86 ± 0.14	0.40± 0.14	0.00± 0.00	0.00± 0.00	0.27± 0.12	0.31± 0.09
Correlation (r) ¹	0.77**	0.73**	0.81**	.68**	0.67**	-	-	-	-	-

¹ สหสัมพันธ์ของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนในสภาพไม่ขาดน้ำและในสภาพที่ขาดน้ำ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติที่ P < 0.01

² ค่า standard error

³ เปอร์เซ็นต์การลดลง = (ลักษณะนั้นในสภาพได้รับน้ำ - ลักษณะนั้นเมื่อขาดน้ำ) × 100/ลักษณะนั้นเมื่อขาดน้ำ

ตารางที่ 2 สหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏ (phenotypic correlation; r_p) และลักษณะทางพันธุกรรม (genotypic correlation; r_G) ระหว่างลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนกับผลผลิตฝักแห้ง ดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index; HI) พื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area; SLA) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อม (SPAD chlorophyll meter reading; SCMR) ของถั่วลิสง 140 สายพันธุ์ที่ปลูกในช่วงแล้งปี พ.ศ. 2548/49 และ 2549/50

ลักษณะการตรึงไนโตรเจน		ผลผลิตฝักแห้ง		ดัชนีเก็บเกี่ยว		พื้นที่ใบจำเพาะ		ปริมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อม		เปอร์เซ็นต์การลดลงของการตรึงไนโตรเจน	ผลผลิตฝักแห้ง	
		ไม่ขาดน้ำ	ขาดน้ำ	ไม่ขาดน้ำ	ขาดน้ำ	ไม่ขาดน้ำ	ขาดน้ำ	ไม่ขาดน้ำ	ขาดน้ำ			
ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้	r_p	0.13	0.42**	-0.46**	-0.23**	0.00	0.13	0.22**	0.14	ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้	r_p	0.21*
	r_G	0.13	0.43**	-0.48**	-0.23**	0.02	0.14	0.23**	0.15		r_G	0.25**
จำนวนปม	r_p	0.22**	0.32**	0.00	-0.08	0.30**	0.30**	0.08	0.04	จำนวนปม	r_p	-0.05
	r_G	0.27**	0.68**	-0.01	-0.20*	0.50**	0.70**	0.05	0.10		r_G	0.00
น้ำหนักปมแห้ง	r_p	0.23**	0.39**	-0.10	-0.02	0.26**	0.22**	0.15	0.03	น้ำหนักปมแห้ง	r_p	-0.12
	r_G	0.26**	0.57**	-0.12	-0.01	0.38**	0.32**	0.14	0.04		r_G	-0.13
น้ำหนักต้นแห้ง	r_p	0.16	0.45**	-0.46**	-0.22**	0.04	0.18	0.21*	0.08	น้ำหนักต้นแห้ง	r_p	0.22**
	r_G	0.15	0.47**	-0.46**	-0.20*	0.06	0.20*	0.20*	0.09		r_G	0.23**
น้ำหนักแห้งทั้งหมด	r_p	0.60**	0.76**	0.01	0.16	0.00	0.22*	0.40**	0.14	น้ำหนักแห้งทั้งหมด	r_p	0.66**
	r_G	0.61**	0.78**	0.01	0.19	0.01	0.24**	0.41**	0.15		r_G	0.69**

*, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

^u เปอร์เซ็นต์การลดลง = (ลักษณะนั้นในสภาพได้รับน้ำ - ลักษณะนั้นเมื่อขาดน้ำ) \times 100/ลักษณะนั้นเมื่อขาดน้ำ

เอกสารอ้างอิง

- Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics 4th ed. Longman. London, UK.
- Holland, J.B., W.E. Nyquist, and C.T. Cervantes-Martinez. 2003. Estimating and interpreting heritability for plant breeding: an update. Plant Breed. Rev. 22:2-112.
- Smith, J.D., and M.L. Kinman. 1965. The use of parent-offspring regression as an estimator of heritability. Crop Sci. 5:595-596.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Pimratch, S., S. Jogloy, N. Vorasoot, B. Toomsan, T. Kesmala, A. Patanothai and C.C. Holbrook. 2009. Heritability of N_2 fixation traits, phenotypic and genotypic correlation between N_2 fixation traits with drought resistance traits and yield in peanut under different water regimes. Crop Sci. 49: 791-800.

4.1.3 ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินและสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน กับลักษณะการทนแล้งในถั่วลิสง

Heritability of Aflatoxin Resistance Traits and Correlation of Aflatoxin Resistance and Drought Tolerance Traits under Drought in Peanut

อนุรักษ์ อรัญญนาค สนั่น จอกลอย ไสภณ วงศ์แก้ว นิมิตร วรสุด
อารันต์ พัฒโนทัย G. Wright และ R.C. Rachaputi

การปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินเป็นปัญหาที่สำคัญในการผลิตถั่วลิสงทั่วโลก เนื่องจากสารชนิดนี้เป็นสารพิษที่มีอันตรายต่อผู้บริโภค การใช้พันธุ์ถั่วลิสงที่มีความต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินเป็นวิธีแก้ปัญหาคือวิธีหนึ่ง อย่างไรก็ตามการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้มีความต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินที่ผ่านมายังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (G x E) มีอิทธิพลอย่างมากต่อลักษณะความต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน (Sanders et al., 1985; Kisyombe et al., 1985) นอกจากนี้ถั่วลิสงพันธุ์ต้านทานต่อสารอะฟลาทอกซินมักจะอ่อนแอต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินเมื่อเพาะปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง (Blankenship et al., 1985; Anderson et al., 1995) รวมถึงวิธีการประเมินความต้านทานต่อสารอะฟลาทอกซินมีความยุ่งยาก ใช้เวลานาน และมีค่าใช้จ่ายสูง ปัญหาเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้ต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน

มีรายงานว่าความทนทานต่อความแห้งแล้งอาจใช้เป็นเครื่องมือทางอ้อมในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงได้ (Holbrook et al., 2000) จากการศึกษาของ Arunyanark et al. (2009) พบว่าลักษณะทางสรีระวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความทนแล้งของถั่วลิสงมีความสัมพันธ์สูงกับการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน ดังนั้นลักษณะทนแล้งบางลักษณะจึงอาจนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้ต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินได้ถ้าลักษณะเหล่านั้นมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกับความต้านทานต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซิน

ข้อมูลความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินและสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินกับลักษณะการทนแล้งในถั่วลิสงจะมีประโยชน์อย่างมากในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้ต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน โดยเฉพาะข้อมูลภายใต้สภาวะการกระทบแล้งเนื่องจากพื้นที่ปลูกถั่วลิสงส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่แห้งแล้งซึ่งมักมีปัญหาการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินสูง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการประเมินค่าการถ่ายทอดลักษณะการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน และสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินกับลักษณะการทนแล้งในถั่วลิสงที่ปลูกในสภาพแห้งแล้ง



อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกทดสอบและประเมินถั่วลิสงลูกผสมจำนวน 140 สายพันธุ์ ที่ได้มาจากการสุ่มคัดเลือก จาก 4 คู่ผสม (ICGV 98308 x KK 60-3, ICGV 98308 x Tainan 9, ICGV 98324 x KK 60-3, and ICGV 98324 x Tainan 9) ในช่วงที่ 4 นำมาปลูกขยายเพื่อการทดสอบ 2 ครั้ง เพื่อให้มีเมล็ดมากพอแล้วนำมา ปลูกทดสอบในช่วงวันที่ 7 และช่วงวันที่ 8 ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ในสภาพไร่ระหว่างฤดูแล้งปีเพาะปลูก พ.ศ. 2548/49 และ 2549/50 ภายใต้อากาศที่ไม่ขาดน้ำโดยมีความชื้นดินที่ระดับ field capacity (FC) และใน สภาพขาดน้ำที่ระดับ $2/3$ available water ($2/3$ AW) เพื่อประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ (h^2) ของความต้านทานต่อสารอะฟลาทอกซิน และสหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏ (r_p) และลักษณะทาง พันธุกรรม (r_G) ระหว่างลักษณะต้านทานต่อสารอะฟลาทอกซินและการทนแล้ง โดยทำการเก็บข้อมูลการ เข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสง น้ำหนักชีวมวล ผลผลิต ผักแห้ง ดัชนีการทนแล้ง (drought tolerance index ; DTI) ของลักษณะชีวมวล (BIO) ดัชนีการทนแล้ง ของลักษณะผลผลิตผักแห้ง (DTI (PY)) และลักษณะทางสรีระวิทยาของความทนแล้ง ได้แก่ ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) SPAD chlorophyll meter readings (SCMR) และ พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทาง สถิติจาก 2 ปี และคำนวณหาค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะของลักษณะความต้านทานต่อเชื้อ ราที่สร้างอะฟลาทอกซิน และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะการทนแล้ง และ ลักษณะการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน ตามวิธีเดียวกับการศึกษาที่ 4.1.1

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสองปีของลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* ใน เมล็ด และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินภายใต้อากาศการกระทบแล้งของถั่วลิสง 140 สายพันธุ์ พบว่า มีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูงทั้งลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อรา และการสร้างสารอะฟลาทอกซิน อย่างไรก็ตามปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลมากต่อทั้งลักษณะความ ต้านทานต่อลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินในเมล็ด (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ทั้งสองลักษณะนี้ยังมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมต่ำถึง ปานกลาง (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อสารอะฟลาทอกซินโดยใช้ลักษณะการ เข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดมีโอกาสประสบความสำเร็จน้อย

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสองปีของลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* ในเมล็ด และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินภายใต้สภาวะการกระทบแล้งของถั่วลิสงสายพันธุ์ลูกผสม 140 สายพันธุ์

แหล่งของความแปรปรวน	df	ความแปรปรวน	
		การเข้าทำลายของเชื้อ	สารอะฟลาทอกซิน
Year (Y)	1	249257 **	5869
Rep. within Y	6	2665	1594
Genotypes (G)	139	519 **	893 **
G x Y	139	308 **	471 **
Pooled error	834	225	292

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ตารางที่ 2 ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและ standard error ของลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* ในเมล็ด และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินภายใต้สภาวะการกระทบแล้งของถั่วลิสง 4 คู่ผสมระหว่างฤดูแล้งปีเพาะปลูกพ.ศ.2548/49 และ 2549/50

คู่ผสม	ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ	
	การเข้าทำลายของเชื้อ	สารอะฟลาทอกซิน
ICGV 98308 x KK 60-3	0.30 ± 0.50	0.30 ± 0.49
ICGV 98308 x Tainan 9	0.51 ± 0.34	0.61 ± 0.25
ICGV 98324 x KK 60-3	0.41 ± 0.40	0.56 ± 0.33
ICGV 98324 x Tainan 9	0.51 ± 0.33	0.65 ± 0.22

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบสหสัมพันธ์ของลักษณะทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะต้านทานสารอะฟลาทอกซินและลักษณะทนแล้ง โดยเฉพาะผลผลิตฝักภายใต้สภาวะความแห้งแล้ง (ตารางที่ 3) จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะปรับปรุงลักษณะผลผลิตฝักไปพร้อมๆ กับความต้านทานต่อสารอะฟลาทอกซิน นอกจากนี้ลักษณะทางสรีระวิทยาของลักษณะความทนแล้ง คือ ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) SCMR และ พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) ยังมีความสัมพันธ์สูงกับการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* และการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดต่ำอีกด้วย (ตารางที่ 4) ดังนั้นลักษณะทนแล้งเหล่านี้จึงสามารถใช้เป็นลักษณะทางอ้อมในการคัดเลือกความต้านทานต่อสารอะฟลาทอกซินได้

นอกจากนี้ทั้งลักษณะ SCMR และ พื้นที่ใบจำเพาะเป็นลักษณะที่ไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (Arunyanark et al., 2008; Nageswara Rao et al., 2001) มีวิธีการตรวจวัดที่สะดวก และรวดเร็ว และจากการศึกษาของ Songsri et al. (2008) พบว่าดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) SCMR และพื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) มีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสูง ดังนั้นการใช้ลักษณะเหล่านี้เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วลิสงต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินจึงทางอ้อมมีโอกาสสร้างความก้าวหน้าในงานปรับปรุงพันธุ์มากกว่า

สรุปผลการทดลอง

การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมสูง และมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมต่ำของลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* และการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดทำให้การปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงเพื่อความต้านทานต่อการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินมีความก้าวหน้าน้อย อย่างไรก็ตามลักษณะความต้านทานต่อการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสูงกับลักษณะการทนแล้งโดยเฉพาะผลผลิตฝักภายใต้สภาวะความแห้งแล้ง และลักษณะทางสรีระวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้ง เช่น ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR และ พื้นที่ใบจำเพาะ ดังนั้นจึงสามารถใช้ลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะทางอ้อมในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะความต้านทานต่อสารอะฟลาทอกซินได้

ตารางที่ 3 สหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏ (r_p) และลักษณะทางพันธุกรรม (r_G) ระหว่างลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสงกับ ชีวมวล ผลผลิตฝักแห้ง ดัชนีการทนแล้งของลักษณะชีวมวล (DTI(BIO)) และดัชนีการทนแล้งของลักษณะผลผลิตฝักแห้ง (DTI (PY)) ในสภาวะการกระเทบแล้งของ 4 คู่ผสมปี พ.ศ.2548/49 และ 2549/50

	ชีวมวล		ผลผลิตฝักแห้ง		DIT(BIO)†		DIT(PY)†									
	r_p	r_G	r_p	r_G	r_p	r_G	r_p	r_G								
การเข้าทำลายของเชื้อ																
ICGV 98308 x KK 60-3	-0.14	-0.15	-0.31	**	-0.49	**	-0.26	**	-0.42	**	-0.30	**	-0.51	**		
ICGV 98308 x Tainan 9	-0.53	**	-0.86	**	-0.61	**	-0.93	**	0.10		0.28	**	-0.54	**	-0.76	**
ICGV 98324 x KK 60-3	-0.08		-0.22	**	-0.41	**	-0.63	**	0.18	*	0.16		-0.22	**	-0.27	**
ICGV 98324 x Tainan 9	-0.42	**	-0.62	**	-0.59	**	-0.86	**	-0.04		-0.09		-0.38	**	-0.58	**
สารอะฟลาทอกซิน																
ICGV 98308 x KK 60-3	0.11		0.30	**	-0.18	*	-0.31	**	-0.12		-0.19	*	-0.28	**	-0.55	**
ICGV 98308 x Tainan 9	-0.35	**	-0.54	**	-0.37	**	-0.46	**	0.01		-0.05		-0.12	**	-0.17	**
ICGV 98324 x KK 60-3	-0.06		0.11		-0.21	*	-0.29	**	-0.20	*	-0.16		-0.38	**	-0.55	**
ICGV 98324 x Tainan 9	-0.34	**	-0.45	**	-0.44	**	-0.56	**	-0.20	*	-0.32	**	-0.34	**	-0.43	**

**, ** ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

† DTI คำนวณจากการใช้ค่าของลักษณะนั้นในสภาพที่ขาดน้ำหารด้วยค่าลักษณะนั้นในสภาพที่ไม่ขาดน้ำ

ตารางที่ 4 สหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏ (r_p) และลักษณะทางพันธุกรรม (r_G) ระหว่างลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสงกับ ดัชนีเก็บเกี่ยว SPAD chlorophyll meter readings (SCMR) และพื้นที่ใบจำเพาะในสภาวะการกระทบแล้งของ 4 คู่ผสมระหว่างเพาะปลูก พ.ศ. 2548/49 และ 2549/50

	ดัชนีเก็บเกี่ยว		พื้นที่ใบจำเพาะ		SCMR	
	r_p	r_G	r_p	r_G	r_p	r_G
การเข้าทำลายของเชื้อ						
ICGV 98308 x KK 60-3	-0.19 *	-0.34 **	0.45 **	0.75 **	-0.35 **	-0.60 **
ICGV 98308 x Tainan 9	-0.42 **	-0.60 **	0.39 **	0.68 **	-0.43 **	-0.62 **
ICGV 98324 x KK 60-3	-0.46 **	-0.71 **	0.36 **	0.55 **	-0.45 **	-0.67 **
ICGV 98324 x Tainan 9	-0.56 **	0.89 **	0.39 **	0.50 **	-0.54 **	-0.77 **
สารอะฟลาทอกซิน						
ICGV 98308 x KK 60-3	-0.20 *	-0.41 **	0.44 **	0.73 **	-0.48 **	-0.83 **
ICGV 98308 x Tainan 9	-0.27 **	-0.33 **	0.55 **	0.68 **	-0.50 **	-0.63 **
ICGV 98324 x KK 60-3	-0.23 **	-0.37 **	0.66 **	0.92 **	-0.59 **	-0.83 **
ICGV 98324 x Tainan 9	-0.45 **	-0.53 **	0.58 **	0.70 **	-0.63 **	-0.79 **

*, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- Anderson, W.F., C.C. Holbrook, D.M. Wilson and M.E. Matheron. 1995. Evaluation of preharvest aflatoxin contamination in several potentially resistant peanut genotypes. *Peanut Sci.* 22, 29-32.
- Arunyanark, A., S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vorasoot, T. Kesmala, R.C. Nageswara Rao, G.C. Wright and A. Patanothai. 2008. Chlorophyll stability is an indicator of drought tolerance in peanut. *J. Agron. Crop Sci.* 194, 113-125.
- Arunyanark, A. S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vorasoot, R.C. Nageswara Rao, G.C. Wright and A. Patanothai. 2009. Association between aflatoxin contamination and drought tolerance traits in peanut. *Field Crops Res.* 114, 14-22.
- Blankenship, P.D., R.J. Cole and T.H. Sanders. 1985. Comparative susceptibility of four experimental peanut lines and the cultivar Florunner to preharvest aflatoxin contamination. *Peanut Sci.* 12, 70-72.
- Holbrook, C.C., C.K. Kvien, K.S. Rucker, D.W. Wilson and J.E. Hook. 2000. Preharvest aflatoxin contamination in drought tolerant and intolerant peanut genotypes. *Peanut Sci.* 27, 45-48.

- Kisyombe, C.T., M.K. Beute and G.A. Payne. 1985. Field evaluation of peanut genotypes for resistance to infection by *Aspergillus parasiticus*. *Peanut Sci.* 12,12-17.
- Nageswara Rao, R.C., H.S. Talwar and G.C. Wright. 2001. Rapid assessment of specific leaf area and leaf N in peanut (*Arachis hypogaea*. L) using chlorophyll meter. *J. Agron. Crop Sci.* 189,175-182.
- Sanders, T.H., R.J. Cole, P.D. Blankenship and R.A. Hill. 1985. Relation of environmental stress duration to *Aspergillus flavus* invasion and aflatoxin production in preharvest peanuts. *Peanut Sci.* 12, 90-93.
- Songsri, P., S. Jogloy, T. Kesmla, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai and C.C. Holbrook. 2008. Heritability of drought-resistance traits and genotypic and phenotypic correlation of drought-resistance and agronomic traits in peanut. *Crop Sci.* 48,2245-2253.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Arunyanak, A., S. Jogloy, S. Wongkaew, N. Vorasoot, A. Patanothai, G. Wright and R.C. Rachaputi. 2010. Heritability of aflatoxin resistance traits and correlation of aflatoxin resistance and drought tolerance traits under drought in peanut. *Field Crop Res.* 117: 258-264.

4.1.4 ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะการทนแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโตและสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะที่ปรากฏของลักษณะการทนแล้งและลักษณะทางการเกษตรในถั่วลิสง

Heritability of Early Season Drought Resistance Traits and Genotypic Correlation of Early Season Drought Resistance and Agronomic Traits in Peanut

ดร.ณิ พวงบุตร สนั่น จอกลอย บรรยง ทุมแสน นิมิตร วรสูต ชุตติพงษ์ อรรคแสง
อารันต์ พัฒโนทัย และ N. Puppala

ถั่วลิสงส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝน การกระทบแล้งในช่วงต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต จึงมักพบอยู่เสมอๆ การกระทบแล้งในช่วงการสร้างฝักทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก แต่การกระทบแล้งในช่วงก่อนออกดอก กลับทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าลักษณะทางสัณฐานและสรีรวิทยามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตเมื่อเกิดการขาดน้ำในช่วงก่อนการออกดอกหรือในช่วงต้นของการเจริญเติบโตของถั่วลิสง

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองของลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของพืชเมื่อได้รับน้ำกลับคืนหลังจากการกระทบแล้งทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Puangbut et al., 2010) ซึ่งมีความสำคัญ

ในการนำมาใช้ประโยชน์ทั้งด้านการจัดการการให้น้ำในพื้นที่ที่มีน้ำอยู่อย่างจำกัด และการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสง เพื่อให้ทนทานหรือการตอบสนองต่อความแห้งแล้งที่ดี การปรับปรุงพันธุ์พืชที่มีความจำเป็นจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองของลักษณะทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา และพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะ เพื่อกำหนดวิธีการปรับปรุงพันธุ์เพื่อการทนแล้งในถั่วลิสงมีความก้าวหน้าและประสบผลสำเร็จ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะการทนแล้ง สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏของลักษณะทนแล้งและลักษณะทางการเกษตรภายใต้สภาวะที่มีความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่แตกต่างกัน รวมทั้งหาสหสัมพันธ์ของลักษณะทนแล้งในสภาพขาดน้ำและไม่ขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต

อุปกรณ์และวิธีการ

สร้างคู่ผสมระหว่างพันธุ์ทนแล้ง (ICGV 98300 ICGV 98303 และ ICGV 98305) และพันธุ์แนะนำในประเทศไทย (KK 60-3 และ Tainan 9) ได้ลูกผสมจำนวน 4 คู่ผสม (ICGV 98300 x KK 60-3 , ICGV 98300 x Tainan 9, ICGV 98303 x Tainan 9 และ ICGV 98305 x Tainan 9) ปลูกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 แล้วเก็บแบบรวม (bulk) ในแต่ละคู่ผสม จากนั้นในชั่วรุ่นที่ 2 และ 3 แต่ละชั่วรุ่นเก็บแบบฝักต่อต้น (single pod descent) แล้วรวมกันในแต่ละคู่ผสม และในชั่วรุ่นที่ 4 สกัดสายพันธุ์โดยการเก็บแยกเป็นรายต้นแบบสุ่มจำนวน 20-25 ต้นต่อคู่ผสม รวม 90 สายพันธุ์ ปลูกขยายแต่ละสายพันธุ์ในอีก 2 ชั่วรุ่น แล้วนำแต่ละสายพันธุ์ไปปลูกทดสอบชั่วรุ่นที่ 7 และ 8 ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่เพื่อประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะการทนแล้ง สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และลักษณะที่ปรากฏ ของลักษณะทนแล้งและลักษณะทางการเกษตรภายใต้สภาวะที่มีความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ สภาพไม่ขาดน้ำ และสภาพขาดน้ำช่วงต้นการเจริญเติบโตระยะจากหลังออกจนถึงอายุ 20 วันหลังออก รวมทั้งหาความสัมพันธ์ของลักษณะทนแล้งในสภาพขาดน้ำและไม่ขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต

การทดลองใช้แผนการทดลองแบบ Split-plot Design มี 4 ซ้ำ โดยมีน้ำ 2 ระดับเป็นปัจจัยที่ศึกษาใน main-plot และสายพันธุ์เป็นปัจจัยศึกษาใน sub-plot ในสภาพแปลงทดลองของฤดูแล้งปี 2549/50 และ 2550/51 ทำการบันทึกลักษณะ พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) และ SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ที่อายุ 40 และ 60 วันหลังออก ส่วนลักษณะมวลชีวภาพ ผลผลิตฝักแห้ง ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝัก และ ดัชนีการทนแล้งของมวลชีวภาพ และผลผลิต ที่อายุเก็บเกี่ยว คำนวณค่าความสามารถการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง จากองค์ประกอบของความแปรปรวน (variance components) จากทั้ง 4 คู่ผสมตามวิธีการของ Holland et al., (2003) และ ประเมินสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะที่ปรากฏระหว่างลักษณะการทนแล้งและลักษณะทางการเกษตรตามวิธีการของ Falconer และ Mackay (1996)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า ลักษณะมวลชีวภาพ และผลผลิต มีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะต่ำ (0.13 ถึง 0.52) (ตารางที่ 1) ทั้งในสภาพที่ขาดน้ำและไม่ขาดน้ำ ในขณะที่ HI, SLA และ SCMR มีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง (0.74 ถึง 0.99) (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกโดยใช้ลักษณะดังกล่าวจะมีความสำเร็จ เนื่องจากมีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูงและมีปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่ำ และยังพบว่าลักษณะผลผลิต มวลชีวภาพ ดัชนีเก็บเกี่ยว SLA และ SCMR มีสหสัมพันธ์กันสูง ระหว่างสภาพขาดน้ำและไม่ขาดน้ำในถั่วลิสงทุกคู่ผสมที่ทำการศึกษา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกลักษณะเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งในสภาพที่ขาดน้ำและไม่ขาดน้ำ ดัชนีเก็บเกี่ยว มีค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะที่ปรากฏกับการให้ผลผลิตฝักและลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ ทั้งในสภาพที่ไม่ขาดน้ำและในสภาพที่ขาดน้ำ (ตารางที่ 3) และลักษณะ SCMR เป็นลักษณะที่สามารถวัดได้ง่าย จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นลักษณะทางอ้อมที่ใช้คัดพันธุ์ทนแล้งในถั่วลิสง จากการศึกษาหากมีการคัดเลือกพันธุ์โดยใช้ลักษณะทางสรีรวิทยา สามารถเพิ่มความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้ทนแล้งได้

สรุปผลการทดลอง

ลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว พื้นที่ใบจำเพาะ และ SCMR ในถั่วลิสงทุกคู่ผสมที่ทำการศึกษามีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นลักษณะที่ใช้คัดเลือกพันธุ์ทนแล้งในถั่วลิสง โดยลักษณะ HI มีค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะที่ปรากฏกับการให้ผลผลิตฝักสูง แต่อย่างไรก็ตาม SCMR มีค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกับจำนวนฝักแก่ แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการคัดเลือกลักษณะ SCMR เพื่อเพิ่มผลผลิต ดังนั้นการใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาหลาย ๆ ลักษณะร่วมกันในการคัดเลือกพันธุ์ทนแล้ง สามารถเพิ่มความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้ผลผลิตสูงในสภาพแล้งได้

ตารางที่ 1 ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะมวลชีวภาพ ดัชนีทนแล้งของมวลชีวภาพผลผลิตฝัก ดัชนีทนแล้งของผลผลิตฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยว ที่อายุเก็บเกี่ยวของถั่วลิสง 4 กลุ่มสม ภายใต้สภาพการขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตและที่ได้รับน้ำปกติที่ประเมินในฤดูแล้ง ปี 2549/50 และ 2550/51

กลุ่มสม	มวลชีวภาพ	ดัชนีทนแล้ง ของมวลชีวภาพ	ผลผลิตฝัก	ดัชนีทนแล้ง † ของผลผลิตฝัก	ดัชนีเก็บเกี่ยว
สภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต					
ICGV 98300 X KK 60-3	0.30 ± 0.28	0.52 ± 0.31	0.48 ± 0.28	0.42 ± 0.30	0.82 ± 0.11
ICGV 98300 X Tainan 9	0.23 ± 0.28	0.58 ± 0.29	0.20 ± 0.25	0.48 ± 0.23	0.80 ± 0.09
ICGV 98303 X Tainan 9	0.45 ± 0.33	0.51 ± 0.30	0.45 ± 0.33	0.59 ± 0.27	0.89 ± 0.08
ICGV 98305 X Tainan 9	0.18 ± 0.27	0.52 ± 0.30	0.20 ± 0.24	0.58 ± 0.28	0.74 ± 0.13
สภาพได้รับน้ำปกติ					
ICGV 98300 X KK 60-3	0.19 ± 0.28	-	0.23 ± 0.20	-	0.85 ± 0.11
ICGV 98300 X Tainan 9	0.15 ± 0.20	-	0.20 ± 0.29	-	0.89 ± 0.08
ICGV 98303 X Tainan 9	0.22 ± 0.24	-	0.21 ± 0.29	-	0.85 ± 0.09
ICGV 98305 X Tainan 9	0.13 ± 0.20	-	0.19 ± 0.25	-	0.74 ± 0.12

† ดัชนีการทนแล้ง = ลักษณะต่างๆ ในสภาพขาดน้ำ / ลักษณะต่างๆ ในสภาพไม่ขาดน้ำ

ตารางที่ 2 ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะพื้นที่ใบจำเพาะ และ SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ของถั่วลิสง 4 กลุ่มสม ที่อายุ 40 และ 60 วันหลังปลูกภายใต้สภาพขาดน้ำ ในช่วงต้นของการเจริญเติบโตและในสภาพที่ได้รับน้ำปกติ เมื่อประเมินในฤดูแล้ง ปี 2549/50 และ 2550/51

กลุ่มสม	พื้นที่ใบจำเพาะ 40 วันหลังออก	SCMR 40 วัน หลังออก	พื้นที่ใบจำเพาะ' 60 วันหลังออก	SCMR 60 วัน หลังออก
สภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต				
ICGV 98300 X KK 60-3	0.93 ± 0.08	0.90 ± 0.06	0.96 ± 0.06	0.92 ± 0.07
ICGV 98300 X Tainan 9	0.84 ± 0.10	0.97 ± 0.07	0.68 ± 0.15	0.94 ± 0.04
ICGV 98303 X Tainan 9	0.98 ± 0.03	0.98 ± 0.05	0.92 ± 0.07	0.95 ± 0.05
ICGV 98305 X Tainan 9	0.93 ± 0.08	0.96 ± 0.08	0.83 ± 0.12	0.99 ± 0.03
สภาพได้รับน้ำปกติ				
ICGV 98300 X KK 60-3	0.92 ± 0.06	0.91 ± 0.05	0.95 ± 0.07	0.87 ± 0.07
ICGV 98300 X Tainan 9	0.83 ± 0.12	0.96 ± 0.05	0.97 ± 0.05	0.89 ± 0.07
ICGV 98303 X Tainan 9	0.91 ± 0.05	0.99 ± 0.02	0.98 ± 0.04	0.98 ± 0.03
ICGV 98305 X Tainan 9	0.88 ± 0.11	0.98 ± 0.04	0.98 ± 0.05	0.99 ± 0.02

ตารางที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะทนแล้งกับลักษณะทางการเกษตรของถั่วลิสงทั้ง 4 คู่ผสมจำนวน 90 สายพันธุ์ ที่ประเมินในฤดูแล้งปี 2549/50 และ 2550/51

ลักษณะทนแล้ง	มวลชีวภาพ	ผลผลิตฝัก	ขนาดเมล็ด	จำนวน ฝักแก่ต่อต้น	จำนวนเมล็ด ต่อต้น
สภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต					
ดัชนีทนแล้งของมวลชีวภาพ	0.58**	0.50**	0.22**	0.35**	0.12*
ดัชนีทนแล้งของผลผลิตฝัก	0.42**	0.53**	0.13*	0.42**	0.12*
SCMR 40 วันหลังออก	0.40**	0.32**	0.04	0.32**	-0.02
พื้นที่ใบจำเพาะ 40 วันหลังออก	0.25**	0.20**	0.08	0.04	-0.35**
SCMR 60 วันหลังออก	0.22**	0.29**	-0.20**	0.46**	0.25**
พื้นที่ใบจำเพาะ 60 วันหลังออก	0.16**	0.25**	0.21**	-0.10	-0.26**
ดัชนีเก็บเกี่ยว	0.20**	0.54**	0.15**	0.48**	0.07
สภาพได้รับน้ำปกติ					
SCMR 40 วันหลังออก	0.51**	0.65**	0.21**	0.55**	0.37**
พื้นที่ใบจำเพาะ 40 วันหลังออก	-0.46**	-0.68**	-0.34**	-0.10	-0.49**
SCMR 60 วันหลังออก	0.43**	0.61**	0.16**	0.61**	0.34**
พื้นที่ใบจำเพาะ 60 วันหลังออก	0.22**	0.22**	0.17**	-0.09	-0.29**
ดัชนีเก็บเกี่ยว	0.29**	0.76**	0.50**	0.32**	0.53**

*, ** แตกต่างกันทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics 4th ed. Longman, London.
- Holland, J.B., W.E. Nyquist, and C.T. Cervantes-Martinez, 2003. Estimating and interpreting heritability for plant breeding: an update. Plant Breed. Rev. 22:2-112.
- Puangbut, D., S. Jogloy, B. Toomsan, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, T. Kesmala, C.N. Rao Rachaputi, G.C. Wright, and A. Patanothai, 2010. Physiological basis for genotypic variation in tolerance to and recovery from pre-flowering drought in peanut. J. Agron Crop Sci. (In press.)

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Puangbut, D., S. Jogloy, B. Toomsan, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai, and N. Puppala, 2010: Heritability of early season drought resistance traits and genotypic correlation of early season drought resistance and agronomic traits in peanut. Crop and Pasture Science. (Major revision).

4.1.5 ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทนแล้งช่วงปลายของการเจริญเติบโตและสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะทนแล้งช่วงปลายของการเจริญเติบโต และผลผลิตในถั่วลิสง

Heritability Estimates of the Physiological Traits for Drought Tolerance and Genotypic and Phenotypic Correlations with Agronomic Traits in Peanut (*Arachis hypogaea* L.) under Terminal Drought Conditions.

ธีรยุทธ เกิดไทย สนั่น จอกลอย นิมิตร วรสุด ชูติพงษ์ อรรคแสง โสภณ วงศ์แก้ว

C.C. Holbrook และ อารินต์ พัฒนินทัย

ความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายของการเจริญเติบโต ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและทำให้ผลผลิตของถั่วลิสงลดลง การใช้พันธุ์ทนแล้งที่สามารถรักษาระดับของผลผลิตให้อยู่ในเกณฑ์ที่ภายใต้สภาพความแห้งแล้งเป็นแนวทางที่ช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ แต่การปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงทนแล้งจำเป็นต้องทราบข้อมูลความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะการทนแล้งที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้การคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งมีประสิทธิภาพมากกว่าการคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งโดยใช้ลักษณะผลผลิตเป็นเกณฑ์เพียงอย่างเดียว (Cruickshank et al.,2004. Songsri et al.,2008. Upadhyaya et al.,2005.) นอกจากนี้ ข้อมูลพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะและสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะทนแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายของการเจริญเติบโตกับผลผลิตของถั่วลิสง ยังเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการกำหนดวิธีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้ต้านทานต่อความแห้งแล้ง และมีผลผลิตสูง ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.) ประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ (heritability; h^2) ของลักษณะทนแล้ง และ 2.) ประเมินค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏและลักษณะทางพันธุกรรม (phenotypic and genotypic correlation; r_p, r_g) ระหว่างลักษณะทนแล้ง และลักษณะทางการเกษตรของถั่วลิสง

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกทดสอบและประเมินถั่วลิสงลูกผสมจำนวน 140 สายพันธุ์ ที่ได้มาจากการสุ่มคัดเลือกจาก 4 คู่ผสมที่ได้จากการผสมพันธุ์ทนแล้ง (พันธุ์ ICGV 98348 และ ICGV 98353) และพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง (Tainan 9 และ KK 60-3) ได้ถั่วลิสงจำนวน 4 คู่ผสม ปลูกและเก็บรวมเมล็ดในแต่ละคู่ผสมของประชากรชั่วรุ่นที่ 1-3 และสกัดสายพันธุ์ในชั่วรุ่นที่ 4 โดยสุ่มมา 35 สายพันธุ์ต่อคู่ผสม และปลูกขยายในชั่วรุ่นที่ 5 นำสายพันธุ์ลูกผสมที่สกัดในชั่วรุ่นที่ 4 มาปลูกทดสอบในชั่วรุ่นที่ 6 และ 7 ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ ทำการทดลองในสภาพแปลงทดลองในฤดูแล้งปี 2549/2550 และ ทำการทดลองซ้ำในฤดูแล้งปี 2550/2551 โดยปลูกทดสอบใช้แผนการทดลองแบบ Split-plot Design มี 4 ซ้ำ โดยให้น้ำ 2 ระดับในสภาพไม่ขาดน้ำ (ที่ระดับความจุสนามตลอดช่วงของการเจริญเติบโต) และภายใต้สภาพที่ขาดน้ำในช่วงปลายของการเจริญเติบโต (ที่ระดับ 1/3 ของน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ ในช่วง 80 วันหลังปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว) เป็น main-plot และปลูกทดสอบสายพันธุ์ใน sub-plot ทำการเก็บข้อมูล ชีวมวล ผลผลิตฝักแห้ง จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และลักษณะทนแล้งต่างๆ คือ ดัชนีเก็บเกี่ยว พื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area;

SLA) ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อมวัดโดย SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ที่อายุ 80 วัน หลังปลูก ข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณหาความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทนแล้งจากองค์ประกอบของความแปรปรวน (variance components) จากทั้ง 4 คู่ผสมและประเมินค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และลักษณะที่ปรากฏของลักษณะการทนแล้งและลักษณะของผลผลิตถั่วลิสง

ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR และ SLA มีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง และสูงกว่า ลักษณะทางการเกษตรทั้งในสภาพได้รับน้ำเต็มที่และในสภาพที่ขาดน้ำช่วงปลาย (ตารางที่ 1) โดย HI, SCMR และ SLA มีค่าความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรม 0.58 ถึง 0.85 0.66 ถึง 0.91 และ 0.64 ถึง 0.90 ตามลำดับ ดัชนีเก็บเกี่ยวมีค่าความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมในระดับปานกลางระหว่าง 0.58 ถึง 0.85 แสดงว่าการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะทางสรีรวิทยาเหล่านี้จะประสบผลความสำเร็จ ส่วนชีวมวล ผลผลิตฝักแห้งมีค่าความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมต่ำที่สุดอยู่ระหว่าง 0.17 ถึง 0.79 แสดงว่าการปรับปรุงลักษณะนี้จะมีโอกาสประสบความสำเร็จน้อย นอกจากนี้ยังพบว่ามีสหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆของถั่วลิสงในสภาพขาดน้ำและในสภาพที่ได้รับน้ำเต็มที่ ($r=0.32^{**}$ ถึง 0.44^{**}) แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะต่างๆดังกล่าวทำได้ทั้งสองสภาพน้ำและจะได้สายพันธุ์ที่มีลักษณะต่างๆเหมือนกัน (ตารางที่ 1)

ดัชนีเก็บเกี่ยว และ SCMR มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกกับลักษณะทางการเกษตร ($r_G=0.23^{**}$ ถึง 0.78^{**}) ขณะที่ SLA มีค่าสหสัมพันธ์ในทางลบกับลักษณะทางการเกษตร ($r_G= -0.08^*$ ถึง -0.35^{**}) (ตารางที่ 2) SLA มีค่าสหสัมพันธ์ในทางลบกับ ผลผลิตฝักแห้ง ชีวมวล ภายใต้สภาพขาดน้ำ ($r_G= -0.14^{**}$ ถึง -0.35^{**}) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ของลักษณะดังกล่าวภายใต้สภาพที่ถั่วลิสงได้รับน้ำเต็มที่ แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะทางสรีรวิทยาจะส่งผลสำคัญต่อการปรับปรุงลักษณะผลผลิตสูงในสภาพทนแล้ง



ตารางที่ 1 ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะผลผลิตฝักแห้ง ชีวมวล ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) ของถั่วลิสง 4 คู่ผสม ภายใต้ระดับน้ำที่ต่างกัน และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ ของถั่วลิสงที่ขาดน้ำและถั่วลิสงที่ได้รับน้ำเต็มที่

คู่ผสม	ผลผลิตฝัก	ชีวมวล	ดัชนีเก็บเกี่ยว	SCMR	SLA
สภาพได้รับน้ำเต็มที่					
ICGV 98348 x Tainan 9	0.43 ± 0.32 [‡]	0.65 ± 0.24	0.67 ± 0.23	0.87 ± 0.13	0.84 ± 0.16
ICGV 98348 x KK 60-3	0.73 ± 0.20	0.52 ± 0.29	0.77 ± 0.18	0.86 ± 0.14	0.75 ± 0.20
ICGV 98353 x Tainan 9	0.60 ± 0.26	0.49 ± 0.30	0.65 ± 0.25	0.91 ± 0.10	0.73 ± 0.21
ICGV 98353 x KK 60-3	0.25 ± 0.37	0.17 ± 0.37	0.74 ± 0.20	0.66 ± 0.23	0.79 ± 0.18
สภาพขาดน้ำ					
ICGV 98348 x Tainan 9	0.57 ± 0.27	0.53 ± 0.29	0.58 ± 0.27	0.76 ± 0.19	0.64 ± 0.24
ICGV 98348 x KK 60-3	0.75 ± 0.19	0.66 ± 0.23	0.85 ± 0.14	0.71 ± 0.21	0.90 ± 0.10
ICGV 98353 x Tainan 9	0.79 ± 0.17	0.32 ± 0.34	0.79 ± 0.17	0.91 ± 0.10	0.76 ± 0.19
ICGV 98353 x KK 60-3	0.45 ± 0.31	0.36 ± 0.34	0.63 ± 0.25	0.76 ± 0.19	0.73 ± 0.20
ค่าสหสัมพันธ์ (r) [†]	0.43**	0.40**	0.44**	0.33**	0.32**

* , ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 และ P<0.01 ตามลำดับ

† † ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างถั่วลิสงที่ขาดน้ำและถั่วลิสงที่ได้รับน้ำเต็มที่[‡]

‡ Standard error.

ตารางที่ 2 สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะทนแล้ง (ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR และ SLA) และลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตฝักแห้ง ชีวมวล จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด ของถั่วลิสงภายใต้ระดับน้ำที่ต่างกัน

ลักษณะทนแล้ง	ผลผลิตฝัก	ชีวมวล	ฝักต่อต้น	เมล็ดต่อฝัก	น้ำหนักเมล็ด
สภาพได้รับน้ำเต็มที่					
ดัชนีเก็บเกี่ยว	0.66**	-0.34**	0.69**	0.52**	-0.20**
SCMR	0.34**	0.23**	0.00	-0.27**	0.31**
SLA	-0.05	0.01	0.08*	-0.01	-0.17**
สภาพขาดน้ำ					
ดัชนีเก็บเกี่ยว	0.71**	-0.08*	0.78**	0.48**	0.05
SCMR	0.30**	0.28**	-0.08*	-0.11*	0.28**
SLA	-0.35**	-0.14**	-0.08*	-0.01	-0.22**

* , ** คือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 และ P<0.01 ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR และ SLA สามารถนำไปใช้เป็นลักษณะในการคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งในถั่วลิสงได้เนื่องจากมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง ซึ่งการปรับปรุงลักษณะดังกล่าวจะประสบความสำเร็จสูง และสูงกว่าการปรับปรุงลักษณะผลผลิตโดยตรง และมีสหสัมพันธ์สูงกับลักษณะการให้ผลผลิต จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงลักษณะการทนแล้งจะมีผลต่อลักษณะผลผลิต ดังนั้นการปรับปรุงลักษณะ SCMR และ SLA จึงทำให้ระดับของผลผลิตให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีภายใต้สภาพความแห้งแล้งปลายฤดู

เอกสารอ้างอิง

- Cruickshank, A.L., A. Dowkiw, G.C. Wright, R.C. Nageswara Rao, and S.N. Nigam. 2004. Heritability of drought-resistance traits in peanut. In T. Fischer, N. Turner, J. Angus, L. McIntyre, M. Robertson, A. Borrell, and D. Lloyd (eds.), *New directions for a diverse planet. Proceedings for the 4th International Crop Science Congress. 26 September - 1 October 2004. Brisbane, Australia.*
- Songsri, P., S. Jogloy, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai, and C. C. Holbrook. 2008. Heritability of drought resistance traits and correlation of drought resistance and agronomic traits in peanut. *Crop Sci.* 48:2245-2253.
- Upadhyaya, H. D. 2005. Variability for drought resistance related traits in the mini core collection of peanut. *Crop Sci.* 45: 1432 - 1440.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Girdthai, T., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, S. Wongkaew, C. Holbrook. and A. Patanothai. Heritability estimates of the physiological traits for drought tolerance and genotypic and phenotypic correlation with agronomic traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.) under terminal drought conditions. *Field Crop Res.* (Submitted)

4.1.6 ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินและ สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน กับการทนแล้ง ในช่วงปลายของการเจริญเติบโตในถั่วลิสง

Heritability of, and Genotypic Correlation between Aflatoxin Traits and Physiological Traits for Drought Tolerance under End of Season Drought in Peanut (*Arachis hypogaea* L.)

ธีรยุทธ เกิดไทย สนั่น จอกลอย นิมิตร วรสุต ชูติพงษ์ อรรคแสง โสภณ วงศ์แก้ว
C.C. Holbrook และอาร์นัต พัฒโนทัย

ถั่วลิสงส่วนใหญ่ปลูกในเขตเกษตรอาศัยน้ำฝนซึ่งทำให้ถั่วลิสงประสบกับความแห้งแล้ง ความแห้งแล้งที่เกิดในช่วงปลายของการเจริญเติบโตของถั่วลิสงนอกจากจะทำให้ผลผลิตลดลงแล้ว ยังมีผลกระทบต่อ การเข้าทำลายของเชื้อราที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในเมล็ด การใช้พันธุ์ทนแล้ง เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหานี้ที่ยั่งยืน (Girdthai et al., 2010. Holbrook et al., 2008) แต่การปรับปรุง พันธุ์ถั่วลิสงให้มีความทนต่อความแห้งแล้งในช่วงปลายฤดูนั้นมีความจำเป็นต้องมีข้อมูลพันธุกรรม การถ่ายทอดลักษณะทนแล้งและสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะทนแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายของการ เจริญเติบโตกับการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการกำหนดวิธีการปรับปรุงพันธุ์ ถั่วลิสงให้ทนความแห้งแล้ง และลดการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินต่อไป (Arunyanark et al., 2010) ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ (heritability; h^2) ของ ความต้านทานต่อการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน สหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏและลักษณะทาง พันธุกรรม (phenotypic and genotypic correlation; r_p , r_g) ระหว่างลักษณะต้านทานต่อการปนเปื้อน สารอะฟลาทอกซินและการทนแล้ง เพื่อใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงทนแล้งและมีการปนเปื้อนของ สารอะฟลาทอกซินต่ำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดสอบและประเมินถั่วลิสงลูกผสม จำนวน 140 สายพันธุ์ ที่ได้มาจากการสุ่มคัดเลือกจาก 4 คู่ผสมที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ทนแล้งและมีต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและการสร้าง สารอะฟลาทอกซิน (พันธุ์ ICGV 98348 และ ICGV 98353) และพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง (Tainan 9 และ KK 60-3) ได้ถั่วลิสงจำนวน 4 คู่ผสม ปลูกและเก็บรวมเมล็ดในแต่ละคู่ผสมของประชากรชั่วรุ่นที่ 1-3 และสกัด สายพันธุ์ในชั่วรุ่นที่ 4 โดยสุ่มมา 35 สายพันธุ์ต่อคู่ผสม และปลูกขยายในชั่วรุ่นที่ 5 นำสายพันธุ์ลูกผสมที่ สกัดในชั่วรุ่นที่ 4 มาปลูกทดสอบในชั่วรุ่นที่ 6 และ 7 ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ ทำการทดลองในสภาพแปลง ทดลองในฤดูแล้งปี 2549/2550 และ ทำการทดลองซ้ำในฤดูแล้งปี 2550/2551 โดยใช้แผนการทดลอง แบบ Split-plot Design มี 4 ซ้ำ โดยให้ระดับน้ำ 2 ระดับ ในสภาพไม่ขาดน้ำ(ที่ระดับความจุสนามตลอด ช่วงของการเจริญเติบโต) และ ภายใต้สภาพที่ขาดน้ำในช่วงปลายของการเจริญเติบโต (ที่ระดับ 1/3 ของ

น้ำในดินที่เป็นประโยชน์ ในช่วง 80 วันหลังปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว) เป็น main-plot และใช้สายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบเป็น sub-plot ทำการเก็บข้อมูลชีวมวล ผลผลิตฝักแห้ง และลักษณะทางสรีระวิทยาของความทนแล้ง ได้แก่ ดัชนีการทนแล้งของลักษณะน้ำหนักชีวภาพ ดัชนีการทนแล้งของลักษณะผลผลิตฝักแห้ง ดัชนีเก็บเกี่ยว พื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area; SLA) ความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์ SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ข้อมูลการติดเชื้อรา *Aspergillus flavus* และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสง ข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณหาความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะจากองค์ประกอบของความแปรปรวน (variance components) จากทั้ง 4 คู่ผสมและประเมินค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินและลักษณะการทนแล้ง

ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่าลักษณะความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินมีความสามารถในการถ่ายทอดของลักษณะต่ำ-ปานกลาง โดยความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* และการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินมีความสามารถในการถ่ายทอดของลักษณะระหว่าง 0.48 ถึง 0.58 และ 0.24 ถึง 0.68 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งการปรับปรุงลักษณะดังกล่าวจะประสบความสำเร็จต่ำ ข้อมูลจากทั้ง 4 คู่ผสมลักษณะความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* (0.50) มีความสามารถในการถ่ายทอดของลักษณะสูงกว่าการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน (0.32) เล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงลักษณะความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* จะประสบความสำเร็จสูงกว่าการปรับปรุงลักษณะความต้านทานต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซิน

ตารางที่ 1 ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อรา *A. flavus* และการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสง 4 คู่ผสมที่อายุเก็บเกี่ยวภายใต้ความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายของการเจริญเติบโต เมื่อปลูกทดสอบในฤดูแล้งปี 2549/50 และ 2550/51

คู่ผสม	การทำลายของเชื้อรา <i>A. flavus</i>	การปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน
ICGV 98348 x Tainan 9	0.48 ± 0.30 [†]	0.68 ± 0.23
ICGV 98348 x KK 60-3	0.58 ± 0.29	0.30 ± 0.33
ICGV 98353 x Tainan 9	0.51 ± 0.32	0.40 ± 0.30
ICGV 98353 x KK 60-3	0.56 ± 0.28	0.24 ± 0.34
รวม 4 คู่ผสม	0.50 ± 0.28	0.32 ± 0.30

† Standard error.

ลักษณะการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินมีค่าสหสัมพันธ์กับดัชนีเก็บเกี่ยว ดัชนีการทนแล้งของลักษณะชีวมวล ดัชนีการทนแล้งของลักษณะผลผลิตฝักแห้ง ชีวมวล และผลผลิตฝักแห้ง ($r_p = -0.25^{**}$ ถึง 0.32^{**} , $r_G = -0.57^{**}$ ถึง 0.53^{**}) (ตารางที่ 2) โดยค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินกับดัชนีการทนแล้งของลักษณะชีวมวลมีค่าสูงที่สุด ($r_p = -0.23^{**}$, $r_G = -0.57^{**}$) รองลงมาคือค่า

สหสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินกับดัชนีเก็บเกี่ยว ($r_p = -0.20^{**}$, $r_G = -0.36^{**}$) และดัชนีการทนแล้งของลักษณะผลผลิตฝักแห้ง ($r_p = -0.13^{**}$, $r_G = -0.25^{**}$) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มดัชนีการทนแล้งจะช่วยลดการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินได้มากที่สุด ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* และลักษณะทนแล้ง ($r_p = -0.07^*$ to -0.25^{**} , $r_G = -0.11^{**}$ to 0.41^{**}) ต่ำกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินและลักษณะทนแล้ง ($r_p = -0.13^{**}$ to -0.23^{**} , $r_G = -0.08^*$ to 0.57^{**}) แสดงว่าการปรับปรุงลักษณะทนแล้งจะมีผลต่อการลดการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินมากกว่าการเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อรา และนอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน มีสหสัมพันธ์สูงกับ SCMR และ SLA โดย SCMR มีค่าสหสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณสารอะฟลาทอกซิน ($r_p = -0.10^{**}$ ถึง -0.40^{**} , $r_G = -0.11^{**}$ ถึง -0.66^{**}) และ SLA มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณสารอะฟลาทอกซิน ($r_p = 0.13^{**}$ ถึง 0.46^{**} , $r_G = 0.26^{**}$ ถึง 0.81^{**}) (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้มีค่า SCMR สูงและมี SLA ต่ำ และช่วยปรับปรุงลักษณะการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินได้

ตารางที่ 2 สหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏ (r_p) และลักษณะทางพันธุกรรม (r_G) ระหว่างลักษณะผลผลิตฝักแห้ง ชีวมวล ดัชนีการทนแล้ง (DTI) และดัชนีเก็บเกี่ยว กับการเข้าทำลายของเชื้อรา *A. flavus* และการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสงที่อายุเก็บเกี่ยวภายใต้ความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายของการเจริญเติบโต เมื่อปลูกทดสอบในฤดูแล้งปี 2549/50 และ 2550/51

ลักษณะ	การเข้าทำลายของเชื้อรา <i>A. flavus</i>		การปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน	
	r_p	r_G	r_p	r_G
ผลผลิตฝักแห้ง	0.02	-0.06	-0.14 **	-0.08 *
ชีวมวล	0.32 **	0.41 **	0.06	0.53 **
DTI (ชีวมวล)	-0.07 *	-0.11 **	-0.23 **	-0.57 **
DTI (ฝักแห้ง)	-0.15 **	-0.19 **	-0.13 **	-0.25 **
ดัชนีเก็บเกี่ยว	-0.25 **	-0.28 **	-0.20 **	-0.36 **

*, ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

DTI คำนวณจากลักษณะของถั่วลิสงที่ขาดน้ำ / ลักษณะของถั่วลิสงที่ได้รับน้ำเต็มที่

ตารางที่ 3 สหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏ (r_p) และลักษณะทางพันธุกรรม (r_G) ระหว่างลักษณะ พื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area; SLA) ความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์ SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ของถั่วลิสงที่อายุ 80 90 และ 100 วันหลังปลูก (DAP) กับการเข้าทำลายของเชื้อรา *A. flavus* และการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสงที่อายุเก็บเกี่ยวภายใต้ความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายของการเจริญเติบโต เมื่อปลูกทดสอบในฤดูแล้งปี 2549/50 และ 2550/51

ลักษณะทนแล้ง	การเข้าทำลายของเชื้อรา <i>A. flavus</i>		การปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน	
	r_p	r_G	r_p	r_G
SCMR				
80 DAP	-0.06	-0.23 **	-0.40 **	-0.66 **
90 DAP	-0.10 **	-0.31 **	-0.31 **	-0.45 **
100 DAP	0.03	-0.11 **	-0.30 **	-0.51 **
SLA				
80 DAP	0.04	0.26 **	0.40 **	0.68 **
90 DAP	0.13 **	0.37 **	0.41 **	0.57 **
100 DAP	0.29 **	0.45 **	0.46 **	0.81 **

*, ** คือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าการปรับปรุงลักษณะความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและการสร้างสารอะฟลาทอกซินโดยตรงนั้นทำได้ยากและมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จน้อยเนื่องจากลักษณะดังกล่าวมีความสามารถในการถ่ายทอดของลักษณะต่ำ ดังนั้นการปรับปรุงลักษณะทนแล้งเช่นการปรับปรุงลักษณะดัชนีการทนแล้ง ดัชนีเก็บเกี่ยว และการปรับปรุงลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้งโดยเฉพาะลักษณะ SCMR และ SLA สามารถปรับปรุงการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงได้ ดังนั้นลักษณะ SCMR และ SLA จึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกความต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินได้ทางอ้อม นอกจากนี้การประเมินลักษณะ SCMR และ SLA ทำได้ง่ายกว่าการใช้วิธีประเมินความต้านทานต่อการปนเปื้อนอะฟลาทอกซินโดยตรง

เอกสารอ้างอิง

Arunyanark, A., S. Jogloy, S. Wongkaew, C. Akkasaeng, N. Vorasoot, T. Kesmala, and A.

Patanothai. 2010. Heritability of aflatoxin resistance traits and correlation of aflatoxin resistance and drought tolerance traits under drought conditions in peanut. *Field Crop Res.* 117:258-264.

- Girdthai, T., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, S. Wongkaew, C. C. Holbrook, and A. Patanothai. 2010. Associations between physiological traits for drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut genotypes under terminal drought. *Plant Breed.* doi:10.1111/j.1439-0523.2009.01738.x.
- Holbrook, C. C., P. Ozias-Akins, P. Timper, D. M. Wilson, E. Cantonwine, B. Z. Guo, D. G. Sullivan, and W. Dong. 2008. Research from the coastal plain experiment station, Tifton, Georgia to minimize aflatoxin contamination in peanut. *Toxin Rev.* 27: 391-410.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Girdthai, T., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, S. Wongkaew, C. Holbrook and A. Patanothai. Heritability of, and genotypic correlation between aflatoxin traits and physiological traits for drought tolerance under end of season drought in peanut (*Arachis hypogaea* L.) *Field Crop Res.* 118: 169-176.

4.1.7 การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ SSR เพื่อประเมินความแตกต่างของลักษณะน้ำหนักใบจำเพาะ และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบถั่วลิสงพันธุ์ต่าง ๆ

SSR-based Detection of Genetic Variability among Peanut Lines Different in Specific Leaf Weight and Relative Water Content.

สุรศักดิ์ บุญแดง นภาพกรณ์ ดันตีสวีขวงค์ สนั่น จอกลอย ชูติพงศ์ อรรถแสง นิมิตร วรสุต อารันต์ พัฒโนทัย D. Hoisington และ R. K. Varshney

พื้นที่ปลูกถั่วลิสงส่วนใหญ่อยู่ในเขตร้อนค่อนข้างแห้งแล้ง มีความแปรปรวนการกระจายตัวของฝน (Wright et al., 1994) ทำให้ประสบกับปัญหาการขาดน้ำระหว่างการเจริญเติบโต เป็นผลให้ผลผลิตและคุณภาพลดต่ำลง (Roy et al., 1988) การใช้พันธุ์ต้านทานต่อความแห้งแล้งเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ (Holbrook and Stalker, 2003) Nuatiyal et al (2002) พบว่าในสภาพขาดน้ำถั่วลิสงกลุ่มที่มีค่าพื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area, SLA) ต่ำ จะสามารถรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (relative water content, RWC) ไว้ได้สูง ทำให้ถั่วลิสงสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ปกติ และพบว่าถั่วลิสงที่มีค่าน้ำหนักใบจำเพาะสูง (ค่าสัดส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งใบต่อพื้นที่ใบ) จะมีปริมาณของ Ribulose - 1,5-bisphosphate Carboxylase - oxygenase (Rubisco) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงด้วยเช่นกัน และยังพบว่าค่า SLA (1/specific leaf Weight : SLW) มีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency ; WUE) และมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่า carbon isotope discrimination (CID) (Craufurd et al., 1999 ; Asalatha et al., 1999) จึงมีการใช้ค่า SLA เป็นลักษณะพันธุ์ทนแล้งในถั่วลิสง (Upadhyaya, 2005)

การทดลองครั้งนี้จึงได้มีการศึกษาเพื่อจำแนกกลุ่มพันธุ์ถั่วลิสงที่มีค่าน้ำหนักใบจำเพาะ (specific leaf weight ; SLW) และค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (relative water content ; RWC) ที่แตกต่างกัน จำนวน 4 สายพันธุ์และใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอศึกษาความแตกต่างของลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เพื่อจัดกลุ่มความใกล้ชิดทางพันธุกรรมในกลุ่มพันธุ์ถั่วลิสง โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อจัดกลุ่มทางพันธุกรรมและจำแนกความแตกต่างของพันธุ์ ของลักษณะค่าน้ำหนักใบจำเพาะและปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบถั่วลิสง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการศึกษานี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลองย่อยคือ

1. การศึกษาเพื่อจำแนกความแตกต่างลักษณะทางฟีโนไทป์ของค่าน้ำหนักใบจำเพาะและค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบถั่วลิสง โดยทดสอบกับถั่วลิสงจำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ICGV 98324, ICGV 98353, ICGV 98303 และพันธุ์ KK 4 การศึกษาทำในกระถางทรงสูง วางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 factorial in RCBD จำนวน 6 ซ้ำ โดยกำหนดให้ปัจจัย A เป็นระดับความขึ้นดินมี 2 ระดับ ได้แก่ 1.) ให้น้ำที่ระดับความจุสนาม (field capacity; FC) และ 2.) ให้น้ำที่ระดับ 1/3 ความเป็นประโยชน์ของน้ำ (1/3 available water) ช่วง 28 - 70 วันหลังออก ปัจจัย B คือสายพันธุ์ถั่วลิสง โดยปริมาณน้ำที่ให้แก่ถั่วลิสงจะคำนวณจากวิธีของ Doorenbos and Pruitt (1992) และปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการระเหยของน้ำที่ผิวดินภายในหม้อพีช (surface evaporation) คำนวณตามวิธีของ Singh and Russell (1981)

บันทึกค่า SLW, RWC และ SPAD chlorophyll meter reading ที่อายุ 40, 50 และ 60 วันหลังออก วิเคราะห์ความแปรปรวนตาม model ของการทดลองแบบ factorial in RCBD และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละสายพันธุ์โดยวิธี least significant different (LSD) จากนั้นคำนวณหาความใกล้ชิดทางพันธุกรรมโดยใช้ค่า euclidean distance coefficient และจัดกลุ่มความใกล้ชิดทางพันธุกรรมด้วยวิธี unweighted paired group (UPGMA)

2. การศึกษาเพื่อใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอตรวจสอบความแตกต่างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ โดยสกัดดีเอ็นเอถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป จากนั้นตรวจสอบความแตกต่างของแต่ละสายพันธุ์ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลชนิด Simple Sequence Repeats (SSR) นำข้อมูลที่ได้แปลงเป็นข้อมูลแบบ binary data คำนวณความใกล้ชิดทางพันธุกรรมโดยใช้ค่า Dice's coefficient และจัดกลุ่มความใกล้ชิดทางพันธุกรรมด้วยวิธี UPGMA โดยใช้โปรแกรม NTSYSpc 2.01 และคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ bootstrap (1,000 replicates) โดยใช้โปรแกรม WINBOOT

ผลการทดลอง

ค่า SLW และ RWC ที่อายุ 40 และ 50 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากถั่วลิสงต้องใช้เวลาในการปรับตัวเมื่อกระทบแล้ง โดยจากข้อมูลที่อายุ 60 วันพบว่าเมื่อถั่วลิสงกระทบแล้งจะมีค่า SLW เพิ่มสูงขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำเพียงพอ โดยพันธุ์ ICGV 98353 มีค่าน้ำหนักใบจำเพาะสูงที่สุดในสภาพแล้ง ส่วนพันธุ์ KK 4 มีค่าต่ำที่สุด และพบว่าในสภาพขาดน้ำถั่วลิสงพันธุ์ ICGV 98324 สามารถรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบได้สูงที่สุด โดยพันธุ์ KK 4 เป็นพันธุ์ที่รักษาระดับน้ำสัมพัทธ์

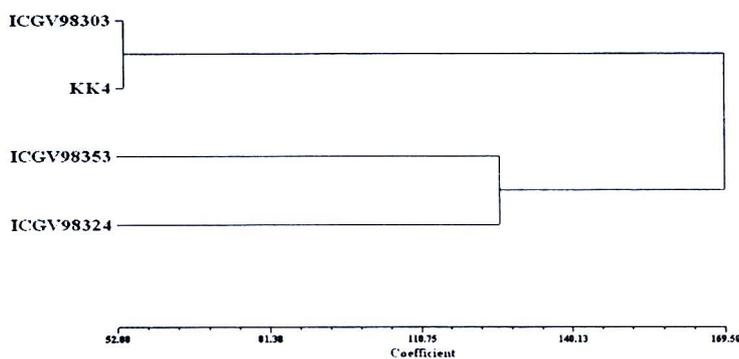
ในใบได้ต่ำที่สุด (ตารางที่ 1) แสดงว่าพันธุ์ ICGV 98353 และ ICGV 98324 เป็นพันธุ์ทนแล้ง ในขณะที่พันธุ์ KK 4 มีความอ่อนแอต่อภาวะความแห้งแล้ง ส่วนค่า SPAD chlorophyll meter reading พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในกลุ่มพันธุ์ที่ศึกษา

ตารางที่ 1 ค่าน้ำหนักใบจำเพาะ (SLW) และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (RWC) ของถั่วลิสงที่ได้รับน้ำปกติ (F.C.) และในสภาพขาดน้ำในระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน (AW) 1/3 AW.

Genotype	SLW (g/m ²)		% RWC	
	F.C.	1/3 AW.	F.C.	1/3 AW.
ICGV 98303	54.60	65.65 b	97.81	79.25 ab
ICGV 98353	70.89	75.86 a	96.62	83.11 a
ICGV 98324	64.23	65.32 b	96.81	86.99 a
KK 4	57.45	62.77 b	97.08	72.53 b

ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ P < 0.05 โดย LSD

จากการนำข้อมูลค่าสรีระวิทยามาจัดกลุ่มพบว่า ถั่วลิสงพันธุ์ KK 4 จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับพันธุ์ ICGV 98303 ส่วนพันธุ์ ICGV 98324 จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับพันธุ์ ICGV 98353 (ภาพที่ 1) จากการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมาย SSR จำนวน 265 เครื่องหมายพบว่ามี เครื่องหมาย SSR จำนวน 89 เครื่องหมาย (33.58%) ที่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างถั่วลิสงทั้ง 4 พันธุ์ได้ โดยพบจำนวนอัลลีล อยู่ระหว่าง 1-24 อัลลีล มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.91 อัลลีล/ไพรเมอร์ มีค่า Polymorphic information content (PIC) อยู่ระหว่าง 0 - 0.96 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.37 (ตารางที่ 2) จากนั้นนำข้อมูลแถบดีเอ็นเอ มาจัดกลุ่มความใกล้ชิดทางพันธุกรรม พบว่าถั่วลิสงพันธุ์ KK 4 ถูกจัดแยกออกจากกลุ่มพันธุ์อื่น ๆ มากที่สุด โดยพันธุ์ ICGV 98324 ถูกจัดรวมอยู่ในกลุ่มเดียวกับพันธุ์ ICGV 98303 และมีความห่างไกลทางพันธุกรรมจากพันธุ์ KK 4 มากที่สุด โดยมีค่า bootstrap อยู่ที่ 61.3- 98.9 % (ภาพที่ 2)



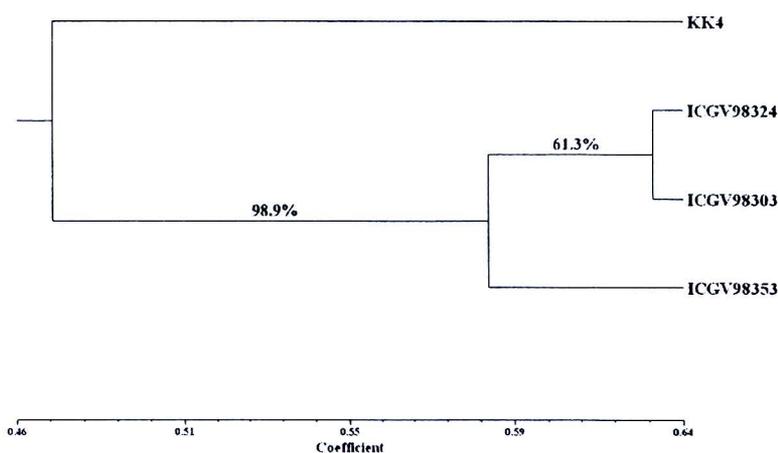
ภาพที่ 1 Dendrogram จากการจัดกลุ่มโดยใช้ค่าน้ำหนักใบจำเพาะ (SLW) และน้ำสัมพัทธ์ในใบ (RWC)

ตารางที่ 2 จำนวนอัลลีล/ไพรเมอร์และค่า polymorphic information content (PIC) ของเครื่องหมาย SSR ที่สามารถประเมินความแตกต่างทางพันธุกรรมของถั่วลิสงได้

ลำดับ	ไพรเมอร์	จำนวน ของอัลลีล	PIC	ลำดับ	ไพรเมอร์	จำนวน ของอัลลีล	PIC
1	Ah7	6	0.83	46	XIPAHM531	4	0.75
2	Ah11	4	0.72	47	XIPAHM659	3	0.59
3	Ah19	7	0.83	48	XIPAHM684	4	0.69
4	Ah30	10	0.88	49	XIPAHM023	4	0.75
5	Ah-075	2	0.50	50	XIPAHM82	6	0.79
6	Ah-097	2	0.38	51	XIPAHM93	9	0.88
7	Ah-193	4	0.72	52	XIPAHM108	3	0.63
8	Ah-229	9	0.88	53	XIPAHM123	6	0.79
9	Ah282	2	0.50	54	XIPAHM229	4	0.69
10	Ah-590	4	0.69	55	XIPAHM176	2	0.38
11	Ah-594	4	0.66	56	XIPAHM254	6	0.79
12	Ah-692	3	0.64	57	XIPAHM255	4	0.75
13	Ah-745	5	0.77	58	XIPAHM272	4	0.75
14	Ah4-24	2	0.38	59	XIPAHM287	2	0.38
15	Ah4-02	6	0.83	60	XIPAHM290	6	0.79
16	Ah4-11	2	0.50	61	XIPAHM302	4	0.69
17	Seq15D06	4	0.73	62	XIPAHM320	6	0.82
18	Seq16C07	12	0.91	63	XIPAHM333	4	0.75
19	Seq04E04	6	0.79	64	XIPAHM165	3	0.59
20	Seq04B11	3	0.61	65	XIPAHM171c	6	0.82
21	TC01E01	12	0.91	66	XIPAHM219	4	0.69
22	TC03G01	5	0.77	67	XIPAHM245	3	0.57
24	Ag140	6	0.83	69	PM35	6	0.79
25	TC11A02	12	0.90	70	PM36	7	0.82
26	TC07G10	6	0.79	71	PM42	5	0.80
27	TC09C06	4	0.71	72	PM45	6	0.83
28	TC09C08	8	0.84	73	PM69	10	0.88
29	TC09B08	6	0.81	74	TC00A01	24	0.96
30	TC11E04	6	0.79	75	TC01A08	19	0.93
31	AC1C11	6	0.79	76	TC01D12	5	0.75

ตารางที่ 2 จำนวนอัลลีล/ไพรเมอร์และค่า polymorphic information content (PIC) ของเครื่องหมาย SSR ที่สามารถประเมินความแตกต่างทางพันธุกรรมของถั่วลิสงได้ (ต่อ)

ลำดับ	ไพรเมอร์	จำนวน ของอัลลีล	PIC	ลำดับ	ไพรเมอร์	จำนวน ของอัลลีล	PIC
32	AC2C12	4	0.69	77	TC01E05	14	0.93
33	AC1D11	8	0.88	78	TC02B09	6	0.79
34	AC1G11	7	0.81	79	TC02D08	9	0.88
35	AC2C08	7	0.81	80	TC02G05	6	0.79
36	AC02B03	4	0.67	81	TC03B04	6	0.80
37	XIPAHM552	6	0.79	82	TC04C11	7	0.83
38	XIPAHM354	10	0.88	83	TC04E09	6	0.83
39	XIPAHM395	6	0.79	84	TC04F02	2	0.38
40	XIPAHM407c	6	0.79	85	TC04F10	7	0.84
41	XIPAHM455	4	0.69	86	TC04G05	9	0.86
42	XIPAHM468	5	0.77	87	TC07D03	6	0.83
43	XIPAHM475	6	0.80	88	AC2C05	5	0.75
44	XIPAHM509	4	0.69	89	TC01B02	2	0.38
45	XIPAHM524	8	0.84				



ภาพที่ 2 Dendrogram จากการจัดกลุ่มโดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR

สรุปผลการทดลอง

ในสภาพขาดน้ำพบว่าถั่วลิสงพันธุ์ ICGV 38353 มีค่า SLW มากที่สุด ส่วนพันธุ์ ICGV 98324 สามารถรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบได้สูงที่สุด ในขณะที่ถั่วลิสงพันธุ์ KK 4 มีค่า SLW และค่า RWC ต่ำที่สุด และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเครื่องหมาย SSR มีประสิทธิภาพในการจำแนกความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ถั่วลิสงได้ โดยถั่วลิสงพันธุ์ KK 4 เป็นพันธุ์ที่มีความห่างไกลทางพันธุกรรมจากพันธุ์อื่นๆ มากที่สุด ซึ่งจากผลการทดลองนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ เพื่อพัฒนาประชากรกระจายตัว (mapping population) สำหรับติดตามยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทนแล้งต่อไปได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Asalatha M., P.V. Reddy, and D.V. Ramana Rao. 1999. Relationship of specific leaf area and carbon isotope discrimination with dry matter production and pod yield in groundnut genotype under moisture stress. *Indian J. Plant Physiol.* 4 (3) : 161-166.
- Crafurd P.Q., T.R. Wheeler, R.H. Ellis, R.J. Summerfield, and J.H. Williams. 1999. Effect of temperature and water deficit on water - use efficiency, carbon isotope discrimination, and specific leaf area in peanut. *Crop Sci.* 39 : 136 -142.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt . 1992 . Calculation of crop water requirements. pp1-65. In *Crop water requirements*. FAO of the United Nation. Rome, Italy. Holbrook C.C., and H.T. Stalker. 2003. Peanut breeding and genetic resources. In J. Jacknick (eds). *Plant Breed. Rev.* 22:297-356.
- Roy R.C., D.P. Stonehouse, B. Francois, and D.M. Brown. 1988. Peanut response to imposed drought conditions in Southern Ontario. *Peanut Sci.* 15 : 85-89.
- Singh S., and M.B. Russell. 1981. Water use by maize pigeonpeas intercrop on a deep vertisol. In *Proc. International Workshop on Pigeonpeas*, vol 1, ICRISAT, Andhra Pradesh, India, pp.271-282.
- Upadhyaya H.D., P.J. Bramel, R. Ortiz, and S. Singh. 2005. Developing a mini core of peanut for utilization of genetic resources. *Crop Sci.* 42 : 2150-2156.
- Wright , G.C. , R.C. Nageswara Rao and G.D. Farguhar. 1994. Water-use efficiency and carbon Isotope discrimination in peanut under water deficit conditions. *Crop Sci.* 34:92-97.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Boontang, S., N. Tantisuwichwang, S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vasoot, A. Patanothai, D. Hoisington and R.K. Varshney. SSR-based detection of genetic variability among peanut lines different in specific leaf weight and relative water content. *Plant Breeding*

4.1.8 เครื่องหมายดีเอ็นเอที่เชื่อมอยู่กับลักษณะน้ำหนักใบจำเพาะ และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบถั่วลิสง

SSR Markers Linked to Specific Leaf Weight (SLW) and Relative Water Content (RWC) under Drought Stress in Peanut (*Arachis hypogaea* L.)

สุรศักดิ์ บุญแต่ง นภาพรณ ดันตีสวิชวงศ์ สนั่น จอกลอย ชูติพงศ์ อรรถแสง
นิมิตร วรสุต อารันต์ พัฒนัทย์ D. Hoisington และ R.K. Varshney

ความแห้งแล้งคือสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อการลดลงของผลผลิตพืชไร่ ในถั่วลิสงน้ำหนักใบจำเพาะ (SLW) และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (RWC) เป็นค่าสรีรวิทยาที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการทนแล้ง (Songsri et al., 2009; Upadhyaya, 2005; Nautiyal et al., 2002) ปัจจุบันได้มีการนำความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลเข้ามาช่วยในการคัดเลือกสายพันธุ์ โดยมีการพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดต่าง ๆ เพื่อค้นหาตำแหน่งของยีน (gene mapping) สำหรับใช้เป็นเครื่องหมายในการช่วยคัดเลือกลักษณะที่ต้องการ (marker assisted selection; MAS) ทำให้การคัดเลือกสายพันธุ์เป็นไปอย่างรวดเร็วเพราะสามารถคัดเลือกได้ในชั่วรุ่นต้น ๆ และมีความแม่นยำสูง เนื่องจากการคัดเลือกไม่มีอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง (Collard et al., 2005; Stalker and Mozingo, 2001)

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้มีความพยายามใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด Simple Sequence Repeats (SSR) เพื่อค้นหาและระบุตำแหน่งยีนที่ควบคุมลักษณะน้ำหนักใบจำเพาะ (specific leaf weight; SLW) และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (relative water content; RWC) ซึ่งเป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานต่อความแห้งแล้งในถั่วลิสง เพื่อพัฒนาเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอสำหรับช่วยคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วลิสงเพื่อต้านทานต่อความแห้งแล้งต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุตำแหน่งของกลุ่มยีนที่ควบคุมลักษณะ SLW และ RWC ภายใต้สภาวะขาดน้ำในถั่วลิสง

อุปกรณ์และวิธีการ

การสร้างประชากรที่มีการกระจายตัว (mapping population)

ทำการผสมข้ามระหว่างถั่วลิสงพันธุ์ KK 4 ซึ่งมีค่า SLW และ RWC ต่ำ กับพันธุ์ ICGV 98324 มีค่า SLW และ RWC สูงจากนั้นเก็บเมล็ดปลูกเพื่อสร้างประชากรชั่วรุ่นที่ 1 (F_1) และ 2 (F_2) ตามลำดับ สำหรับใช้ปลูกเป็นประชากรกระจายตัวเพื่อประเมินค่า SLW และ RWC และใช้ในการตรวจสอบความแตกต่างลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR

การบันทึกข้อมูลลักษณะทางจีโนไทป์

เก็บตัวอย่างใบเมื่อถั่วลิสงมีอายุ 9 วันหลังงอก โดยเก็บใบจากถั่วลิสงพันธุ์พ่อ (ICGV 98324) พันธุ์แม่ (KK 4) ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 และประชากรชั่วรุ่นที่ 2 ที่ปลูกประเมินค่าทางสรีรวิทยา สำหรับใช้สกัดดีเอ็นเอ จากนั้นตรวจสอบความแตกต่างลายพิมพ์ดีเอ็นเอระหว่างถั่วลิสงพันธุ์พ่อ พันธุ์แม่ และดีเอ็นเอ

ผสมระหว่างพันธุ์พ่อและแม่ด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด SSR นำเครื่องหมายดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างระหว่างพันธุ์พ่อ แม่และถ่ายทอดไปยังดีเอ็นเอลูกผสมทดสอบกับประชากรลูกผสม

การประเมินค่าทางสรีระวิทยาในประชากรกระจายตัว

ปลูกถั่วลิสงพันธุ์พ่อ (ICGV 98324) พันธุ์แม่ (KK 4) ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 และประชากรกระจายตัวชั่วรุ่นที่ 2 จำนวน 128 ต้น ในกระถางทรงสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร หลังปลูกให้น้ำที่ระดับความจุสนาม (field capacity) เพื่อให้ถั่วลิสงออกสม่ำเสมอทุกกระถาง จากนั้นเมื่อถั่วมีอายุ 4 วันหลังออกจะลดปริมาณน้ำเป็น 1/3 available water เพื่อให้พืชอยู่ในสภาวะขาดน้ำเมื่ออายุ 28-70 วัน บันทึกข้อมูลค่า SLW และ RWC เป็นรายต้นเมื่อถั่วลิสงมีอายุ 60 วันหลังออก จากนั้นเก็บเมล็ดแยกแต่ละต้นในชั่วที่ F_2 จำนวน 128 ต้น เพื่อใช้ปลูกทดสอบในชั่วรุ่น $F_{2,3}$ ต่อไป

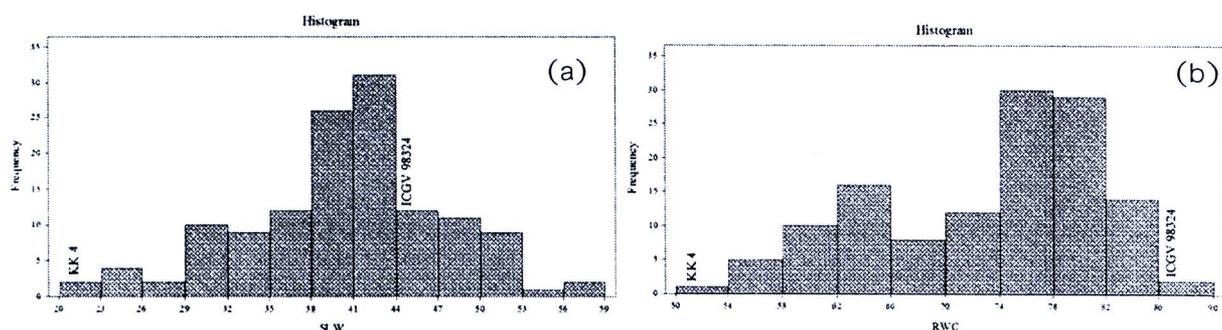
ปลูกถั่วลิสงพันธุ์พ่อ พันธุ์แม่ ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 และประชากร $F_{2,3}$ จำนวน 128 ต้น ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD มีจำนวน 4 ซ้ำ ในกระถางทรงสูง ภายใต้ rainout shelter โดยดำเนินงานและเก็บข้อมูลเช่นเดียวกันกับการทดสอบในลูกกระจายตัวชั่วรุ่นที่ 2

สร้างแผนที่โครโมโซมและระบุตำแหน่ง QTL

วิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprints) โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอที่ถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ ทดสอบกับประชากรกระจายตัวจำนวน 128 ต้น จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลโดยวิธี Chi-square test โดยแต่ละเครื่องหมายโมเลกุลจะต้องมีสัดส่วนของการกระจายตัวเป็น 1 : 2 : 1 และแต่ละดีเอ็นเอเครื่องหมายต้องมีข้อมูลสูญหายไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ สร้างแผนที่โครโมโซมด้วยโปรแกรม MAPMAKER และระบุตำแหน่งยีนที่ควบคุมลักษณะด้านทนต่อการขาดน้ำด้วยวิธี composite interval mapping (CIM)

ผลการทดลอง

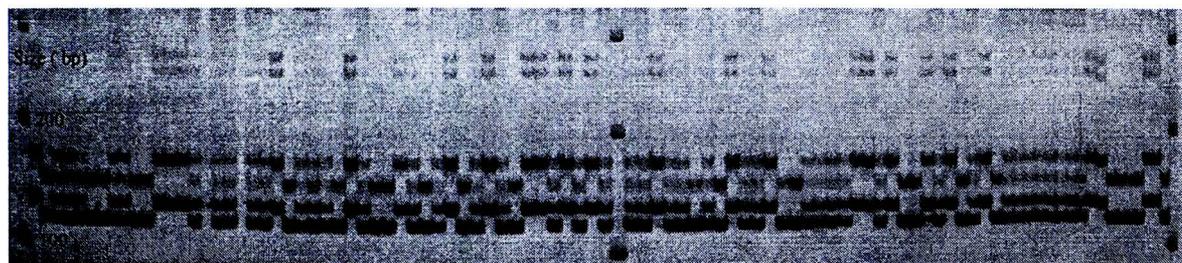
จากการปลูกทดสอบเพื่อประเมินลักษณะค่า SLW และ RWC พบว่าทั้งสองลักษณะมีการกระจายตัวแบบต่อเนื่อง (ภาพที่ 1)



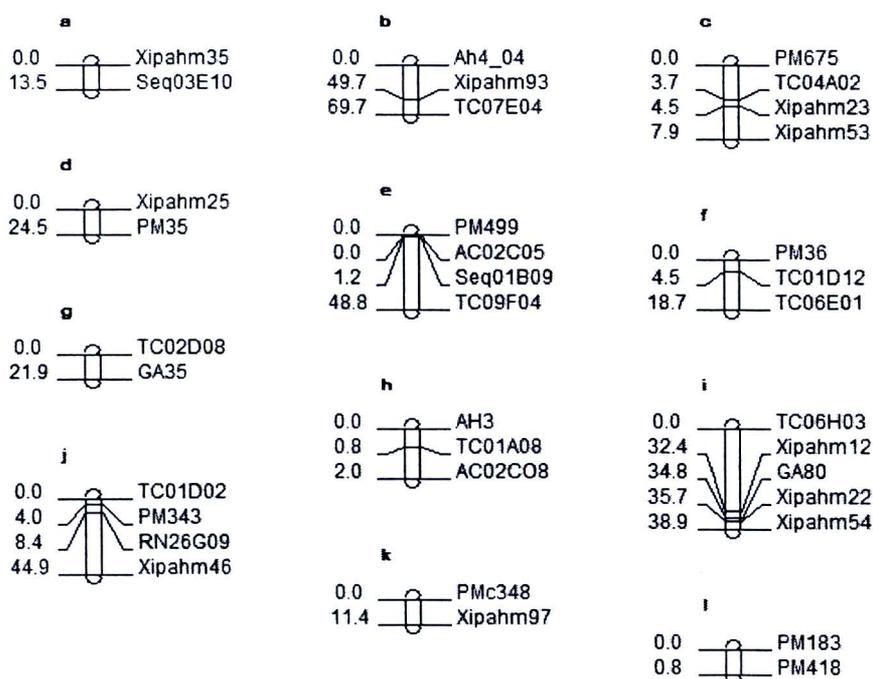
ภาพที่ 1 ลักษณะการกระจายตัวของค่า SLW (1a) และ RWC (2b) ในประชากรลูกกระจายตัว $F_{2,3}$ (KK 4 x ICGV 89324)

การใช้เครื่องหมาย SSR จำนวน 835 เครื่องหมายเพื่อระบุความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างพันธุ์ KK 4 และ ICGV 98324 พบเครื่องหมาย SSR จำนวน 67 เครื่องหมายที่สามารถระบุความแตกต่างระหว่างพันธุ์พ่อแม่และถ่ายทอดไปยังดีเอ็นเอผสมได้ จากนั้นใช้เครื่องหมาย SSR ทั้ง 67 เครื่องหมายทดสอบกับดีเอ็นเอของประชากรกระจายตัวในชั่วที่ F_2 ทั้ง 128 ต้น (ภาพที่ 2)

หลังจากตรวจสอบการกระจายตัวของเครื่องหมาย SSR พบเครื่องหมาย SSR จำนวน 45 เครื่องหมาย ที่แสดงลักษณะแบบขมร่วมและกระจายตัวตามอัตราส่วนของยีนเดี่ยว เครื่องหมาย SSR ทั้ง 45 เครื่องหมายถูกนำไปสร้างแผนที่โครโมโซมต่อไป โดยสามารถสร้างแผนที่โครโมโซมได้จำนวน 12 ลิ้งค์ เกจ ครอบคลุมระยะ 303 centimorgans (cM) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 2 (KK 4 x ICGV 89324) เมื่อตรวจสอบด้วยเครื่องหมาย SSR



ภาพที่ 3 แผนที่โครโมโซมของถั่วลิสง จากประชากรกระจายตัวชั่วรุ่นที่ 2 (KK 4 x ICGV 98324).

จากผลการระบุตำแหน่งของยีนที่ควบคุมลักษณะ SLW and RWC ด้วยวิธี CIM พบว่าเครื่องหมาย TC06H03 เชื่อมอยู่กับลักษณะค่า SLW ที่ค่า LOD = 2.9 โดยมีค่า phenotypic variation = 4.2%. และพบว่าเครื่องหมาย Ah4-04 วางตัวอยู่ใกล้กับลักษณะ RWC ที่ค่า LOD = 4.09 และมีค่า phenotypic variation = 1.4% ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

เครื่องหมาย SSR มีประสิทธิภาพในการจำแนกความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์ปลูกได้ จากการทดลองครั้งนี้สามารถใช้เครื่องหมาย SSR สร้างแผนที่โครโมโซมของถั่วลิสงพันธุ์ปลูกได้จำนวน 12 ลิงค์เกจ ครอบคลุมระยะ 303 cM และสามารถระบุได้ว่าเครื่องหมาย TC06H03 เชื่อมอยู่กับลักษณะค่า SLW และเครื่องหมาย Ah4-04 วางตัวอยู่ใกล้กับลักษณะ RWC ซึ่งเครื่องหมายดีเอ็นเอที่พบนี้สามารถใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอสำหรับช่วยคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วลิสง เพื่อความต้านทานต่อการขาดน้ำต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Collard B.C.Y., M.Z.Z. Jahufer, and E.C.K. Pang. 2005. An introduction to markers, quantitative trait loci (QTL) mapping and marker - assisted selection for crop improvement : The basic concept. *Euphytica* 142 : 169-196.
- Nautiyal P.C., R. Nageswara Rao, and Y.C. Joshi. 2002. Moisture deficit induced changes in leaf-water content leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. *Field Crop Res.* 74 : 67-79.
- Songsri P., S. Jogloy, C.C. Holbrook, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, and A. Patanothai. 2009. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. *Agr. Water Manage.* 96 : 790-798.
- Stalker H.T., and L.G. Mozingo. 2001. Molecular markers of *Arachis* and marker assisted selection. *Peanut Sci.* 28 :117-123.
- Upadhyaya H.D. 2005. Variability for drought resistance relate traits in the mini core collection of peanut. *Crop Sci.* 45: 1432-1440.

ผลงานการที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Boontang, S., N. Tantisuwichwang, S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vasoot, A. Patanothai, D. Hoisington and R. K. Varshney. Identification of SSR markers linked to specific leaf weight (SLW) and relative water content (RWC) under drought stress in peanut (*Arachis hypogaea* L.) *Euphytica*:

4.1.9 การตอบสนองของรากถั่วลิสงเมื่อกระทบแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโต

Root Response of Peanut Genotypes with Different Yield Responses to Peanut Genotypes with Different Yield Responses to Pre-flowering Drought Stress

นันทวุฒิ จรุงกลาง บรรยง ทুমแสน นิมิตร วรสุต สนั่น จอกลอย

K. J. Boote และ G. Hoogenboom

ความแห้งแล้งส่งผลกระทบต่อผลผลิตของถั่วลิสง โดยผลผลิตฝักลดลงอย่างมาก เมื่อเกิดการกระทบแล้งในช่วงระยะการสร้างฝักและเมล็ดของถั่วลิสง แต่อย่างไรก็ตาม การกระทบแล้งในช่วงต้นของระยะการเจริญเติบโตกลับส่งผลตรงกันข้าม ในบางพันธุ์สามารถเพิ่มผลผลิตฝักของถั่วลิสง กลไกการนำน้ำมาใช้ของถั่วลิสง นับเป็นกลไกหนึ่งที่มีผลกระทบต่อผลผลิตในสภาพแล้ง ดังนั้นรากอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ถั่วลิสงที่กระทบความแห้งแล้งในช่วงต้นมีผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยเรื่องการตอบสนองของรากถั่วลิสงในสภาพกระทบแล้งช่วงต้นของการเจริญเติบโตนั้น ยังไม่มีข้อมูลการตอบสนองของรากถั่วลิสงในสภาพดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการอธิบายกลไกการเพิ่มขึ้นของผลผลิตได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ในด้านการคัดเลือกพันธุ์ถั่วลิสงเพื่อใช้ในพื้นที่ที่มีการขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตได้

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของรากถั่วลิสงโดยใช้ลักษณะน้ำหนัก (root weight) และความหนาแน่นของราก (root length density; RLD) ในถั่วลิสง 6 พันธุ์ที่มีการตอบสนองของผลผลิตฝักที่แตกต่างกันภายใต้สภาพการขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้ใช้ถั่วลิสง 6 พันธุ์ ได้แก่ KK 60-3, Tainan 9, Tifton-8, ICGV 98305, ICGV 98324 และ ICGV 98330 ถั่วลิสงทั้ง 6 พันธุ์นี้ได้ถูกคัดเลือกจากการตอบสนองของผลผลิตฝักในสภาพแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ตามรายงานของ Puangbut et al., (2009) ซึ่งพบว่า KK 60-3 และ Tifton-8 ให้ผลผลิตฝักเพิ่มขึ้นอย่างมากในสภาพขาดน้ำช่วงต้นของการเจริญเติบโตเมื่อเทียบกับสภาพที่ไม่ขาดน้ำ และพันธุ์ ICGV 98330 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นในสภาพนี้ ส่วนพันธุ์ Tainan 9 และ ICGV 98324 นั้น ไม่ตอบสนองทางผลผลิตฝักในสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต ในขณะที่พันธุ์ ICGV 98305 กลับให้ผลผลิตฝักลดลง

นำถั่วลิสงทั้ง 6 พันธุ์ปลูกในสภาพแปลงทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2550 และทำการทดลองซ้ำ ในปี พ.ศ. 2552 วางแผนงานทดลองแบบ split-plot design โดยมีการใช้น้ำเป็น main plots และถั่วลิสง 6 พันธุ์ เป็น sub-plots รูปแบบการจัดการน้ำ (main plots) มี 2 main plots ได้แก่ ควบคุมการให้น้ำให้ระดับความชื้นดินอยู่ในระดับความจุสนาม (field capacity; FC) ตลอดช่วงอายุของถั่วลิสง และการจัดการระดับการให้น้ำเพื่อจำลองการขาดน้ำในช่วงต้น กล่าวคือ ให้น้ำจนดินมีความชื้นดินที่ระดับความจุสนาม เมื่อถั่วลิสงออก จึง

งดการให้น้ำจนกระทั่งถั่วลิสงมีอายุ 25 วันหลังออก จากนั้น ให้น้ำและความคุมระดับความชื้นดินในระดับความจุสนามจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

เก็บข้อมูลมวลชีวภาพ ในวันที่ถั่วลิสงอายุ 25 วันหลังออก ที่ระยะสร้างเมล็ดแรก (R 5) ระยะเริ่มสุกแก่ (R 7) และที่อายุเก็บเกี่ยว (R 8) ส่วนข้อมูลผลผลิตฝักเก็บที่อายุเก็บเกี่ยว โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 7.5 ตารางเมตร และทำการคำนวณดัชนีการเก็บเกี่ยว (HI) จากผลผลิตฝักต่อมวลชีวภาพ ข้อมูลน้ำหนักรากแห้ง เก็บในวันที่ ถั่วลิสงอายุ 25 วันหลังออก ที่ระยะ R 5 และ R 7 ด้วยวิธีการ monolith method ส่วนข้อมูลความหนาแน่นราก (RLD) เก็บในวันเดียวกันกับ น้ำหนักรากแห้ง วิธีการเก็บใช้ augur method โดยเก็บตัวอย่างแปลงละ 2 ตำแหน่งคือ ตรงตำแหน่งต้นถั่วลิสงและตำแหน่งระหว่างแถวของต้นถั่วลิสงที่ระดับความลึก 90 เซนติเมตร จากนั้นแบ่งตัวอย่างเป็นสองส่วน คือส่วนความหนาแน่นรากชั้นบน (0 - 30 ซม.) และความหนาแน่นรากชั้นล่าง (30 - 90 ซม.)

จากนั้นคำนวณหาดัชนีความทนทานต่อความแห้งแล้ง Drought tolerance index (DTI) ของลักษณะมวลชีวภาพ ผลผลิตฝัก น้ำหนักแห้งรากและความหนาแน่นรากโดยคำนวณจากข้อมูลของลักษณะนั้นในสภาพขาดน้ำ หารด้วยข้อมูลนั้นในสภาพที่ไม่ขาดน้ำ ถ้าค่า DTI ที่คำนวณได้มากกว่า 1 แสดงว่า การขาดน้ำทำให้ค่าของลักษณะนั้นเพิ่มขึ้น และ ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า การขาดน้ำทำให้ค่าของลักษณะนั้นลดลง

ผลการทดลอง

การตอบสนองของผลผลิต และดัชนีการเก็บเกี่ยว ต่อสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต

ถั่วลิสงที่นำมาทำการทดลองจัดแบ่งได้ 3 กลุ่ม ตามการตอบสนองของผลผลิตฝักในสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตเปรียบเทียบกับสภาพไม่ขาดน้ำ คือ กลุ่มพันธุ์ที่ผลผลิตฝักเพิ่มขึ้น กลุ่มพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อสภาพขาดน้ำในระยะก่อนออกดอก และ พันธุ์ที่มีผลผลิตฝักลดลง ถั่วลิสงพันธุ์ ICGV 98305 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตฝักเพิ่มขึ้นเมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพไม่ขาดน้ำ โดยมีค่า DTI เท่ากับ 1.53 ในฤดูที่ 1 และ 1.36 ในฤดูที่ 2 (ตารางที่ 1) ส่วน Tainan 9 และ ICGV 98324 นั้น มีการเพิ่มผลผลิตฝัก เมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตเช่นกัน แต่การตอบสนองนี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปีเดียว (ตารางที่ 1) ICGV 98330 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตฝักลดลง โดยในปีแรกพบค่า DTI เท่ากับ 0.76 และ 0.84 เมื่อทดสอบในปีที่ 2 ตามลำดับ ส่วน KK 60-3 และ Tifton-8 ไม่มีการตอบสนองของผลผลิต ผลการทดลองนี้พบว่าการตอบสนองของถั่วลิสงพันธุ์ต่าง ๆ นั้นแตกต่างไปจากงานทดลองของ Puangbut et al. (2009) ทั้งนี้เนื่องด้วย งานทดลองนี้มีรูปแบบการขาดน้ำที่แตกต่างจาก Puangbut et al. (2009) โดย Puangbut และคณะ งดการให้น้ำเมื่อถั่วลิสงออก และควบคุมระดับความชื้นในดินที่ 1/3 ของความเป็นประโยชน์ของน้ำ จนถั่วลิสงอายุ 40 วันหลังปลูก หลังจากนั้นให้น้ำกลับคืนที่ระดับความจุสนามและรักษาระดับความชื้นนี้จนกระทั่งเก็บเกี่ยวจากการทดลองนี้ ยังพบอีกว่า ถั่วลิสงพันธุ์ ICGV 98305 เป็นถั่วลิสงเพียงพันธุ์เดียวในงานทดลองนี้ที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1)

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Wunna et al. (2009) ซึ่งพบว่าถั่วลิสงพันธุ์ ICGV 98305 สามารถให้ผลผลิตฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยว เพิ่มขึ้นในสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตเปรียบเทียบกับสภาพที่ไม่ขาดน้ำ นอกจากนี้ ถั่วลิสงพันธุ์ ICGV 98305 ยังสามารถรักษาการให้ผลผลิตฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยวได้ดีในสภาพการขาดน้ำระยะยาวอีกด้วย (Songsri et al., 2008) ส่วนลักษณะมวลชีวภาพนั้น ไม่มีถั่วลิสงพันธุ์ใดที่มีการตอบสนองทางมวลชีวภาพในสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตเปรียบเทียบกับสภาพที่ไม่ขาดน้ำ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Nautiyal et al. (1999) และ Meisner and Karnok (1992).

การตอบสนองของลักษณะรากต่อสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต

พันธุ์ถั่วลิสงที่มีการตอบสนองของผลผลิตฝักนั้น พบว่ามีการตอบสนองของลักษณะรากที่แตกต่างกัน เมื่อถั่วลิสงอายุ 25 วันหลังออก ในปีปลูกที่ 1 ถั่วลิสงพันธุ์ ICGV 98305, Tainan 9 และ KK 60-3 ให้น้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตเปรียบเทียบกับสภาพที่ไม่ขาดน้ำ ส่วนในปีปลูกที่ 2 พันธุ์ ICGV 98305 และ ICGV 98324 เป็นพันธุ์ที่ให้น้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) จากการทดลองนี้แสดงว่าพันธุ์ถั่วลิสงที่มีการตอบสนองของผลผลิตฝักที่เพิ่มขึ้นนั้น มีน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนในระยะ R 5 และ R 7 ถั่วลิสงทุกพันธุ์ ให้น้ำหนักรากในสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับสภาพไม่ขาดน้ำ (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

Rucker et al. (1995) รายงานว่าการให้ผลผลิตของถั่วลันเตานั้นมีความสอดคล้องกับขนาดราก โดยรากที่มีขนาดใหญ่จะให้ผลผลิตที่สูงไปด้วย อย่างไรก็ตามขนาดรากที่มีขนาดใหญ่เพียงอย่างเดียว นั้น จะไม่มีประสิทธิภาพในการหาน้ำ ถ้าหากรากไม่มีการกระจายตัวและหยั่งลึกไปสู่ชั้นดินที่มีความชื้น (Songsri et al., 2008)

การตอบสนองของความหนาแน่นราก (RLD) ที่อายุ 25 วันหลังออก ในตำแหน่งต้นถั่วลันเตา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการจัดการน้ำทั้งสองแบบ ส่วนตัวอย่างรากที่ตำแหน่งระหว่างแถว นั้น มีความแตกต่างกันระหว่างการจัดการน้ำ กล่าวคือ ในปีปลูกที่ 1 ที่ระดับดินชั้นลึก (30-90 ซม.) พันธุ์ ICGV 98305 และ Tainan 9 มีความหนาแน่นของราก (RLD) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต (DTI = 4.09 และ 3.12 ตามลำดับ) (ตารางที่ 2) ส่วนในปีปลูกที่ 2 ถั่วลันเตาพันธุ์ ICGV 98305, ICGV 98324 และ KK 60-3 มีความหนาแน่นของราก (RLD) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ความหนาแน่นของราก (RLD) มีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตฝัก งานทดลองนี้ยังสอดคล้องกับงานทดลองของ Pandey et al (1984) และ Songsri et al (2008) ซึ่งรายงานได้ว่าความแห้งแล้งสามารถชักนำให้ถั่วลันเตาเพิ่มความหนาแน่นของราก (RLD) ที่ระดับดินชั้นลึกลงไป ส่วนความหนาแน่นของราก (RLD) ในระยะ R 5 และ R 7 ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่พบว่ามี ความแตกต่างกันระหว่างการจัดการขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตกับสภาพที่ไม่ขาดน้ำ

ตารางที่ 1 ผลผลิตฝัก และ ดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วลันเตา 6 พันธุ์ ภายใต้สภาพไม่ขาดน้ำ (FC) และ ขาดน้ำ ในช่วงต้นของการเจริญเติบโต (PFD) ทำการทดลอง ปี 2550 และ 2552

พันธุ์	ปีที่ทดสอบ	ระดับน้ำ	ผลผลิตฝัก กก./ha	ดัชนีเก็บเกี่ยว
ICGV 98305	2550	FC	1086b	0.103b
		PFD	1659a	0.161a
		DTI	1.53	1.56
	2552	FC	1089b	0.114b
		PFD	1487a	0.166a
		DTI	1.36	1.45
Tainan 9	2550	FC	1635b	0.171
		PFD	2308a	0.226
		DTI	1.41	1.32
	2552	FC	1626	0.207
		PFD	1886	0.233
		DTI	1.16	1.13
2550	FC	1739	0.181	
	PFD	2145	0.221	

ตารางที่ 1 ผลผลิตฝัก และ ดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วลันเตา 6 พันธุ์ ภายใต้สภาพไม่ขาดน้ำ (FC) และ ขาดน้ำ ในช่วงต้นของการเจริญเติบโต (PFD) ทำการทดลอง ปี 2550 และ 2552 (ต่อ)

พันธุ์	ปีที่ทดสอบ	ระดับน้ำ	ผลผลิตฝัก กก./ha	ดัชนีเก็บเกี่ยว
ICGV 98324	2552	DTI	1.23	1.22
		FC	1141b	0.157
		PFD	1795a	0.197
	2550	DTI	1.57	1.26
		FC	2321	0.176
		PFD	2528	0.193
KK 60-3	2552	DTI	1.09	1.09
		FC	1549	0.194
		PFD	1521	0.176
	2550	DTI	0.98	0.91
		FC	1567	0.152
		PFD	1338	0.118
Tifton-8	2552	DTI	0.85	0.77
		FC	879	0.096
		PFD	1106	0.098
	2550	DTI	1.26	1.02
		FC	2060a	0.197
		PFD	1574b	0.159
ICGV 98330	2552	DTI	0.76	0.81
		FC	1515	0.196
	2550	PFD	1272	0.158
		DTI	0.84	0.81

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันในแต่ละพันธุ์ ในแต่ละปีที่ทดสอบ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ โดยใช้ LSD

DTI = ดัชนีความทนทานต่อความแห้งแล้ง คำนวณได้จากค่าของลักษณะนั้นในสภาพขาดน้ำหารด้วยลักษณะนั้นในสภาพไม่ขาดน้ำ



ตารางที่ 2 น้ำหนักแห้งราก (RDW) และ ความหนาแน่นราก (RLD) ในดินชั้นลึก (30-90 cm) ที่ ตำแหน่งตัวอย่างระหว่างแถว เมื่อถั่วลิสงมีอายุ 25 วันหลังออก ของถั่วลิสง 6 พันธุ์ ภายใต้ สภาพไม่ขาดน้ำ (FC) และสภาพ ขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต (PFD) ทำการ ทดลอง ปี 2550 และ 2552

พันธุ์	ปีที่ทดสอบ	ระดับน้ำ	RDW (kg/ha)	RLD (cm/cm ³)
ICGV 98305	2550	FC	64b	0.024b
		PFD	135a	0.098a
		DTI	2.12	4.09
	2552	FC	92b	0.026b
		PFD	103a	0.195a
		DTI	1.13	7.24
Tainan 9	2550	FC	83b	0.023b
		PFD	132a	0.074a
		DTI	1.58	3.12
	2552	FC	100	0.011
		PFD	102	0.036
		DTI	1.02	3.34
ICGV 98324	2550	FC	85	0.026
		PFD	79	0.062
		DTI	0.93	2.40
	2552	FC	92b	0.019b
		PFD	100a	0.179a
		DTI	1.10	9.02
KK 60-3	2550	FC	59b	0.009
		PFD	108a	0.03
		DTI	1.83	3.18
	2552	FC	100	0.074b
		PFD	99	0.258a
		DTI	0.99	3.47
Tifton-8	2550	FC	99	0.057
		PFD	127	0.078
		DTI	1.29	1.38
	2552	FC	95	0.034
		PFD	100	0.102
		DTI		

ตารางที่ 2 น้ำหนักแห้งราก (RDW) และ ความหนาแน่นราก (RLD) ในดินชั้นลึก (30-90 cm) ที่ตำแหน่งตัวอย่างระหว่างแถว เมื่อถั่วลิสงมีอายุ 25 วันหลังออก ของถั่วลิสง 6 พันธุ์ ภายใต้สภาพไม่ขาดน้ำ (FC) และสภาพ ขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต (PFD) ทำการทดลอง ปี 2550 และ 2552 (ต่อ)

พันธุ์	ปีที่ทดสอบ	ระดับน้ำ	RDW(kg/ha)	RLD (cm/cm ³)
ICGV 98330	2550	DTI	1.06	3.02
		FC	71	0.061
		PFD	91	0.048
	2552	DTI	1.27	0.784
		FC	93	0.020
		PFD	97	0.041
		DTI	1.05	2.01

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันในแต่ละพันธุ์ ในแต่ละปีที่ทดสอบ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ โดยใช้ LSD

DTI = ดัชนีความทนทานต่อความแห้งแล้ง คำนวณได้จากค่าของลักษณะนั้นในสภาพขาดน้ำหารด้วยลักษณะนั้นสภาพไม่ขาดน้ำ

สรุปผลการทดลอง

ถั่วลิสงที่ทำการทดลองสามารถจัดแบ่งได้ 3 กลุ่ม ตามการตอบสนองของผลผลิตฝักในสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตเปรียบเทียบกับสภาพไม่ขาดน้ำ คือ กลุ่มพันธุ์ที่ผลผลิตฝักเพิ่มขึ้น กลุ่มพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อสภาพขาดน้ำในระยะก่อนออกดอก และ พันธุ์ที่ผลผลิตฝักลดลง โดยในแต่ละกลุ่มพันธุ์ที่มีการตอบสนองผลผลิตฝักต่างกันนั้น เพราะมีดัชนีเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันและมีการตอบสนองของน้ำหนักรากและความหนาแน่นรากที่ต่างกัน กล่าวคือ กลุ่มพันธุ์ที่มีผลผลิตฝักเพิ่มขึ้น มีน้ำหนักรากและความหนาแน่นของรากชั้นลึกเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนพันธุ์ที่ผลผลิตฝักลดลงนั้นมีน้ำหนักรากและความหนาแน่นของรากชั้นลึกลดลงเมื่อเทียบกับสภาพให้น้ำปกติ อย่างไรก็ตามลักษณะผลผลิตฝักเป็นลักษณะที่มีความซับซ้อน ไม่เพียงแต่ลักษณะรากที่มีอิทธิพลกับการให้ผลผลิตฝัก ยังมีลักษณะอื่นที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตอีก เช่น ดัชนีเก็บเกี่ยว

เอกสารอ้างอิง

Meisner, C. A., and K. J. Karnok, 1992. Peanut root response to drought stress. *Agron. J.* 84: 159 -165.

Nautiyal , P. C. , V. Ravindra, P.V. Zala and Y.C. Joshi. 1999. Enhancement of yield in groundnut following the imposition of transient soil-moisture stress during the vegetative phase. *Exp. Agric.* 35: 371-385.

- Pandey, P. K., W. A. T. Herrera, A. N. Villegas and J. W. Pendleton. 1984. Drought response of grain legumes under irrigation gradient: III. Plant growth. *Agron. J.* 76: 557-560.
- Puangbut, D., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, T. Kesmala and A. Patanothai. 2009. Variability in yield responses of peanut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes under early season drought. *Asian J. of Plant Sci.* 8: 254-264.
- Rucker, K. S., C. K. Kvien, C. C. Holbrook and J.E. Hook. 1995. Identification of peanut genotypes with improved drought avoidance traits. *Peanut Sci.* 21: 8.
- Songsri, P., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai and C.C. Holbrook. 2008. Root distribution of drought-resistant peanut genotypes in response to drought. *J. Agron. Crop Sci.* 19: 92-103.
- Wunna, H., S. Jogloy, B. Toomsan, and J. Sanitchon. 2009. Response to early drought for traits related to nitrogen fixation and their correlation to yield and drought tolerance traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Asian J. of Plant Sci.* 8: 138-145.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Jongrunklang, N., B. Toomsan, N. Voorasoot, S. Jogloy, K. J. Boote, G. Hoogenboom, and A. Patanothai. Root response of peanut genotypes with different yield responses to peanut genotypes with different yield responses to pre-flowering drought stress. *Field Crop Res.* (Submitted)

4.1.10 รูปแบบการกระจายตัวของรากและผลของการกระจายตัวของรากต่อผลผลิตถั่วลิสงสายพันธุ์ต่างๆ ในสภาพแห้งแล้ง

Classification of Root Distribution Patterns and Its Contributions to Yield in Peanut Genotypes under Mid-season Drought Stress.

นันทวุฒิ จรุงกลาง บรรยง ทুমแสน นิมิตร วรสุต สนั่น จอกลอย

K. J. Boote และ G. Hoogenboom

พื้นที่เพาะปลูกถั่วลิสงส่วนใหญ่อยู่ในเขตร้อนกึ่งแห้งแล้งในเขตเกษตรอาศัยน้ำฝน ดังนั้นจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้กับปัญหาความแห้งแล้งที่เกิดขึ้น โดยความแห้งแล้ง ทำให้ผลผลิตลด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกระทบแล้งช่วงสร้างฝักและเมล็ด จะทำให้ผลผลิตฝักของถั่วลิสงลดลงอย่างมาก ลักษณะการกระจายตัวและการหยั่งลึกของรากที่ดี เป็นลักษณะหนึ่งที่ทำให้ถั่วลิสงทนทานต่อความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตามรูปแบบการกระจายตัวของรากถั่วลิสงยังไม่มีการศึกษามาก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบการกระจายตัว

ของรากในสภาวะแวดล้อมที่แห้งแล้ง โดยมีสมมุติฐานว่ารูปแบบการกระจายตัวของรากน่าจะมีส่วนสำคัญต่อการให้ผลผลิตฝักของถั่วลันเตาในสภาพแห้งแล้ง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้ จะเป็นประโยชน์ในด้านการคัดเลือกพันธุ์ถั่วลันเตาเพื่อให้ทนทานต่อสภาพความแห้งแล้งต่อไป โดยการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกรูปแบบการกระจายตัวของรากถั่วลันเตาในสภาพขาดน้ำในระยะสร้างฝักและเมล็ด และเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นราก (Root length density; RLD) และการกระจายตัวของรากกับผลผลิตในสภาพแห้งแล้งของถั่วลันเตาพันธุ์ต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกถั่วลันเตาในสภาพแปลงทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2551 และทำการทดลองซ้ำ ระหว่างเดือน พฤศจิกายน ในปี พ.ศ. 2551 ถึง เมษายน พ.ศ. 2552 วางแผนงานทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) โดยมีถั่วลันเตา จำนวน 40 พันธุ์เป็นสิ่งทดลอง รูปแบบการจัดการน้ำจำลองแบบความแห้งแล้งในระยะการสร้างฝักและเมล็ด กล่าวคือ ควบคุมการให้น้ำให้ระดับความชื้นดินอยู่ในระดับความจุสนาม (field capacity; FC) จนกระทั่งถั่วลันเตามีอายุ 50 วันหลังปลูก หลังจากนั้นงดการให้น้ำจนกระทั่งถั่วลันเตามีอายุ 83 วันหลังปลูก ในปีปลูกที่ 1 ส่วนในปีที่ 2 งดน้ำจนถึงวันที่ 87 วันหลังปลูก เพื่อให้ช่วงระยะพัฒนาการของถั่วลันเตาที่กระทบแล้งช่วงกลางของทั้งสองปีทดสอบเหมือนกัน จากนั้นให้น้ำและควบคุมระดับความชื้นดินให้มีระดับความจุสนามจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

ในงานวิจัยครั้งนี้ทดสอบกับถั่วลันเตา 40 พันธุ์ ซึ่งมีความแตกต่างกันของความทนแล้ง และแหล่งที่มาของพันธุ์ โดย 9 พันธุ์ ที่มีการตอบสนองของมวลชีวภาพที่แตกต่างกันเมื่อกระทบแล้งซึ่งเลือกมาจาก งานทดลองของ Jongrunklang et al. (2008) (ตารางที่ 1) ถั่วลันเตาจำนวน 8 พันธุ์ เป็นกลุ่มพันธุ์ทนแล้งจาก International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics ICRISAT (ICGV'S no.) ซึ่งคัดเลือกโดยใช้ลักษณะมวลชีวภาพและผลผลิตฝัก (Nageswara Rao et al., 1992) ถั่วลันเตา 11 พันธุ์ เป็นพันธุ์แนะนำใช้ปลูกเป็นการค้าของประเทศไทย ซึ่งบางพันธุ์เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อสภาพความแห้งแล้ง เช่น KK 60-3 และ Tainan 9 (Vorasoot et al., 2003) ส่วนถั่วลันเตา 9 สายพันธุ์ ซึ่งได้รับมาจาก United State Department of Agriculture (USDA) และถั่วลันเตา 3 พันธุ์ที่มีแหล่งพันธุ์จากประเทศจีน (ตารางที่ 1)

เก็บข้อมูลมวลชีวภาพ ในวันที่ถั่วลันเตาขาดน้ำรุนแรงที่สุด (วันสุดท้ายของการงดน้ำ) ในแต่ละปี คืออายุ 83 และ 87 วันหลังปลูก สำหรับการทดสอบปีที่ 1 และปีที่ 2 ตามลำดับ และที่อายุเก็บเกี่ยว ส่วนข้อมูลความหนาแน่นราก (root length density; RLD) เก็บในวันที่ถั่วลันเตาขาดน้ำรุนแรงที่สุดเช่นเดียวกับลักษณะมวลชีวภาพ วิธีการที่ใช้ augur method เก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 90 เซนติเมตร 2 ตำแหน่งคือ ตรงตำแหน่งต้นถั่วลันเตาและตำแหน่งระหว่างแถวของต้นถั่วลันเตา จากนั้นแบ่งตัวอย่างเป็นสามส่วน คือส่วนความหนาแน่นราก ชั้นบน (0 - 30 ซม.) ส่วนความหนาแน่นราก ชั้นกลาง (30 - 60 ซม.) และความหนาแน่นราก ชั้นลึก (60 - 90 ซม.) จากนั้นคำนวณ ความหนาแน่นของราก เป็น เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก (% RLD) ส่วนผลผลิตฝักเก็บที่อายุเก็บเกี่ยว โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 9 ตารางเมตร และคำนวณดัชนีการเก็บเกี่ยวจากผลผลิตฝักหารด้วยมวลชีวภาพ

ผลการทดลอง

รูปแบบการกระจายตัวของรากถั่วลิสง

ถั่วลิสงที่นำมาทำการทดลองสามารถจัดแบ่งได้ 6 กลุ่ม ตามค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก ในแต่ละชั้นความลึกของดินภายใต้สภาพการขาดน้ำ

ถั่วลิสง 5 พันธุ์ คือ Tainan 9, KK 60-2, KS 2, KK 4 และ 35 Grif 13932 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก ในดินชั้นบน และชั้นกลางสูง แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากต่ำในดินชั้นลึก (HHL)(ภาพที่ 1a) ถั่วลิสง 4 พันธุ์ คือ 306 PI 430237, 248 Grif 13911, 97 PI 158854 และ 303 PI 430230 ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก ในดินชั้นบนสูง แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากต่ำในดินชั้นกลางและชั้นลึก (HLL) (ภาพที่ 1b) ถั่วลิสง 5 พันธุ์ ได้แก่ 187 PI 433352, 283 PI 234375, KKV 40, ICGV 98305 และ 100 PI 162604 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก (% RLD) ในดินชั้นบนและชั้นลึกต่ำ แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก (% RLD) ในดินชั้นกลางสูง (LHL) (ภาพที่ 1c) ถั่วลิสง 10 พันธุ์ ได้แก่ 101 PI 268659, 89 PI 157549, KK6, KK60-3, KKV 60, ICGV 98300, ICGV 98330, 102 PI 268660, Taiwan 2 และ Luhua 11 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากในดินชั้นบนต่ำ แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากสูงในดินชั้นกลางและดินชั้นลึก (LHH) (ภาพที่ 1d) ถั่วลิสง 7 พันธุ์ ได้แก่ 269 PI 157542, KKV 72-1, ICGV 98324, ICGV 98348, 106 PI 268949, Taiwan 1 และ Tifron-8 ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากในดินชั้นบนและชั้นกลางต่ำ แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากสูงในดินชั้นลึก (LLH) (ภาพที่ 1e) และมีเพียงถั่วลิสง 2 พันธุ์ คือ ICGV 98353 และ 204 PI 442572 ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากในดินชั้นบนและชั้นลึกสูง แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากต่ำในดินชั้นกลาง (HLH) (ภาพที่ 1f) อย่างไรก็ตามงานทดลองนี้ พบว่ามี ถั่วลิสง 7 พันธุ์ ได้แก่ 12 PI 430233, 5 PI 313160, KK 5, KKV 1, ICGV 98303, ICGV 98308 และ 3 PI 313157 ที่ไม่สามารถจำแนกกลุ่มได้ เนื่องด้วยถั่วลิสงพันธุ์เหล่านี้ มีความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากในแต่ละชั้นดินระหว่างสองปีปลูกมาก เพราะนอกจากปัจจัยของพันธุกรรมแล้ว ยังมีปัจจัยทางด้านดินและสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของราก (Ketring and Reid 1993; Robertson et al., 1980).

สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก และผลผลิต

สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากกับมวลชีวภาพ ดัชนีเก็บเกี่ยว และผลผลิตฝัก พบว่ามีสหสัมพันธ์ทางลบในดินชั้นบน (ตารางที่ 2) ส่วนในดินชั้นกลาง ไม่มีสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก และลักษณะทั้งสามภายใต้สภาพการขาดน้ำ แต่ในดินชั้นลึก พบว่า มีสหสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก และลักษณะผลผลิตทั้งสองปีทดสอบ แสดงให้เห็นว่า ในสภาพการขาดน้ำช่วงกลางฤดู ความหนาแน่นรากในดินชั้นลึกที่เพิ่มขึ้นส่งผลสำคัญกับการให้ผลผลิตฝักมวลชีวภาพ และดัชนีการเก็บเกี่ยวในสภาพการกระทบแล้งดังกล่าว

สรุปผลการทดลอง

ถั่วลิสงที่ทำการทดลองสามารถจัดแบ่งได้ 6 กลุ่ม ตามค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก ในแต่ละชั้นความลึกของดิน ได้แก่ HHL HLH HLL LHH LHL และ LLH ถั่วลิสงทั้ง 40 พันธุ์ในงานทดลองนี้นั้นให้มวลชีวภาพ ผลผลิตฝัก และ ดัชนีการเก็บเกี่ยว ที่แตกต่างกันภายใต้สภาพการขาดน้ำช่วงกลางฤดู และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากของดินชั้นล่างเป็นบวกกับผลผลิตฝัก มวลชีวภาพ และ ดัชนีการเก็บเกี่ยว แสดงว่า เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากของดินชั้นล่าง มีส่วนสำคัญลักษณะหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตฝัก ดัชนีเก็บเกี่ยว และมวลชีวภาพของถั่วลิสงในสภาพแห้งแล้งกลางฤดูปลูก หรือในระยะสร้างฝัก และเมล็ดของถั่วลิสง

ตารางที่ 1 ถั่วลิสง 40 พันธุ์ ที่มีความแตกต่างกันด้านแหล่งกำเนิดและ ความทนทานต่อความแห้งแล้ง

ลำดับที่	สายพันธุ์	แหล่งที่มา	ระดับการทนแล้ง
1	306 PI 430237	USDA ⁴	susceptible
2	12 PI 430233	USDA ⁴	susceptible
3	187 PI 433352	USDA ⁴	susceptible
4	283 PI 234375	USDA ⁴	mederate tolerance
5	204 PI 442572	USDA ⁴	mederate tolerance
6	5 PI 313160	USDA ⁴	mederate tolerance
7	101 PI 268659	USDA ⁴	drought tolerance
8	269 PI 157542	USDA ⁴	drought tolerance
9	89 PI 157549	USDA ⁴	drought tolerance
10	KKU 40	KKU ³ (Thailand)	unknown
11	Tainan 9	KKFCRC ² (Thailand)	susceptible
12	KK 5	KKFCRC ² (Thailand)	unknown
13	KKU 1	KKU ³ (Thailand)	unknown
14	KK 60-2	KKFCRC ² (Thailand)	unknown
15	KS2	Thailand	susceptible
16	KK 4	KKFCRC ² (Thailand)	susceptible
17	KK 60-3	KKFCRC ² (Thailand)	susceptible
18	KKU 72-1	KKU ³ (Thailand)	unknown
19	KKU 60	KKU ³ (Thailand)	mederate tolerance
20	KK 6	KKFCRC ² (Thailand)	unknown
21	ICGV 98300	ICRISAT ¹	drought tolerance
22	ICGV 98303	ICRISAT ¹	drought tolerance
23	ICGV 98305	ICRISAT ¹	drought tolerance

ตารางที่ 1 ถั่วลิสง 40 พันธุ์ ที่มีความแตกต่างกันด้านแหล่งกำเนิดและ ความทนทานต่อความแห้งแล้ง (ต่อ)

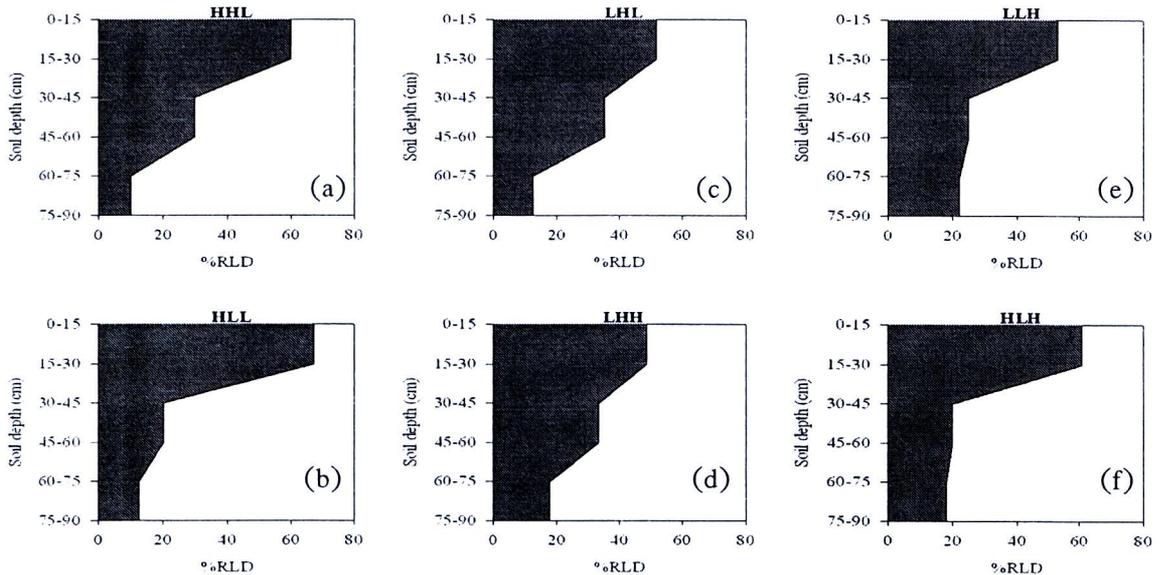
ลำดับที่	สายพันธุ์	แหล่งที่มา	ระดับการทนแล้ง
24	ICGV 98308	ICRISAT ¹	drought tolerance
25	ICGV 98324	ICRISAT ¹	drought tolerance
26	ICGV 98330	ICRISAT ¹	drought tolerance
27	ICGV 98348	ICRISAT ¹	drought tolerance
28	ICGV 98353	ICRISAT ¹	drought tolerance
29	Tifton-8	USDA ⁴	drought tolerance
30	248 Grif 13911	USDA ⁴	moderate tolerance
31	35 Grif 13932	USDA ⁴	moderate tolerance
32	97 PI 158854	USDA ⁴	susceptible
33	100 PI 162604	USDA ⁴	moderate tolerance
34	102 PI 268660	USDA ⁴	drought tolerance
35	106 PI 268949	USDA ⁴	moderate tolerance
36	3 PI 313157	USDA ⁴	susceptible
37	303 PI 430230	USDA ⁴	susceptible
38	Taiwan 1	China	unknown
39	Taiwan 2	China	unknown
40	Luhua 11	China	unknown

1. ICRISAT = International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics 2. KKFC = Khon Kean Field Crop Research Centre 3. KCU = Khon Kean University 4. USDA = United State Department of Agriculture

ตารางที่ 2 ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficients (r) ระหว่างมวลชีวภาพ ดัชนีเก็บเกี่ยวและผลผลิตฝัก กับเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก ในดินชั้นบน ชั้นกลางและชั้นลึก

ลักษณะราก	มวลชีวภาพ 83 วันหลังปลูก	มวลชีวภาพที่ อายุเก็บเกี่ยว	ดัชนี เก็บเกี่ยว	ผลผลิตฝัก
ปีที่ 1				
% ความหนาแน่นของรากชั้นบน	-0.42 **	-0.39 *	-0.21	-0.28
% ความหนาแน่นของรากชั้นกลาง	0.14	0.02	-0.12	-0.07
% ความหนาแน่นของรากชั้นล่าง	0.44 **	0.47 **	0.36 *	0.42 **
ปีที่ 2				
% ความหนาแน่นของรากชั้นบน	-0.48 **	-0.43 **	-0.37 *	-0.55 **
% ความหนาแน่นของรากชั้นกลาง	0.25	0.01	0.14	0.15
% ความหนาแน่นของรากชั้นล่าง	0.42 **	0.55 **	0.36 *	0.58 **

*,** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.05$, ตามลำดับ



ภาพที่ 1 รูปแบบการกระจายตัวของรากถั่วลิสง จำแนกได้ 6 กลุ่ม (กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก (%RLD) ในดินชั้นบนและชั้นกลางสูง แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากต่ำในดินชั้นลึก (HHL)(a) กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากในดินชั้นบนสูง แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากต่ำในดินชั้นกลางและชั้นลึก (HLL)(b) กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากในดินชั้นบนและชั้นลึก ต่ำแต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากสูงในดินชั้นกลาง (LHL)(c) กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก ในดินชั้นบนต่ำ แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากสูงในดินชั้นกลางและดินชั้นลึก (LHH)(d) กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากในดินชั้นบนและชั้นกลางต่ำ แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากสูงในดินชั้นลึก (LLH)(e) กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากในดินชั้นบนและชั้นลึกสูง แต่มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นรากต่ำในดินชั้นกลาง (HLH)(f) ทดลองในปี 2550/51 และ 2551/52

เอกสารอ้างอิง

- Jongrunklang, N.,B. Toomsan, N. Vorasoot, S. Jogloy, T. Kesmala and A. Patanothai. 2008. Identification of peanut genotypes with high water use efficiency under drought stress conditions from peanut germplasm of diverse origins. *Asian J. of Plant Sci.* 7: 628-638.
- Ketring, D.L., and J.L. Reid. 1993. Growth of peanut roots under field conditions. *Agron. J.* 85: 80-85.
- Nageswara Rao, R. C.,L.J. Reddy,V.K. Mehan, S.N. Nigam and D. McDonald.1992. Drought research on groundnut at ICRISAT. In: S. N. Nigam, ed. *Groundnut A Global Perspective. Proc. International Workshop*, p. 455. ICRISAT Center, Andhra Pradesh, India, 25-29 November 1991.

Robertson, W. K., L.C. Hammond, J.T. Johnson and K.J. Boote. 1980. Effects of plant-water stress on root distribution of corn, soybeans, and peanuts in sandy soil. *Agron. J.* 72: 548-550.

Vorasoot, N., P. Songsri, C. Akkasaeng, S. Jogloy and A. Patanothai. 2003. Effect of water stress on yield and agronomic characters of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 25: 283-288.

ผลงานการที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

Jongrunklang, N. B. Toomsan, N. Vorasoot, S. Jogloy, K.J. Boote, G. Hoogenboom and A. Patanothai. Classification of root distribution patterns and its contributions to yield in peanut genotypes under mid-season drought stress. *Field Crop Res.*

4.1.11 การตอบสนองต่อความแห้งแล้งในระยะก่อนออกดอกของถั่วลิสงของลักษณะที่เกี่ยวกับการตรึงไนโตรเจนและผลผลิตและสหสัมพันธ์ของลักษณะที่เกี่ยวข้งกับการตรึงไนโตรเจน กับลักษณะผลผลิตและลักษณะทนแล้งในถั่วลิสง

Response to Early Drought for Traits Related to Nitrogen Fixation and Their Correlation to Yield and Drought Tolerant Traits in Peanut (*Arachis hypogaea* L.)

Wanna Htoon สนั่น จอกलय บรรยง ทুমแสน และจิรวัดน์ สนิทชน

พื้นที่ปลูกถั่วลิสงส่วนใหญ่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน ที่มักจะกระทบแล้งเนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนน้อยและมีความแปรปรวนของการกระจายของฝน การกระทบแล้งในช่วงการสร้างฝักทำให้ผลผลิตลดลง แต่การกระทบแล้งในช่วงก่อนออกดอก กลับทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น (Nageswara Rao et al., 1985) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสรีรวิทยามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตเมื่อเกิดการขาดน้ำในช่วงก่อนการออกดอก และพบว่าการกระทบแล้งมีผลทำให้การสร้างปม จำนวนปม และการตรึงไนโตรเจนลดลง (Giller, 2001) อย่างไรก็ตามยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองของลักษณะการตรึงไนโตรเจนเมื่อเกิดการขาดน้ำในช่วงก่อนการออกดอก และเมื่อได้รับน้ำกลับคืนหลังการกระทบแล้ง รวมถึงสหสัมพันธ์ของลักษณะการตรึงไนโตรเจนกับลักษณะผลผลิต ซึ่งมีความสำคัญในการนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการคัดเลือกพันธุ์ถั่วลิสงให้มีความทนทานต่อสภาวะความแห้งแล้งที่เกิดในช่วงต้นของการเจริญเติบโต ที่สามารถรักษาระดับผลผลิตและประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนไว้ได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของลักษณะการตรึงไนโตรเจนเมื่อเกิดการขาดน้ำในช่วงก่อนการออกดอก และเมื่อได้รับน้ำกลับคืนหลังจากการกระทบแล้ง และประเมินหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการตรึงไนโตรเจนกับลักษณะผลผลิต และลักษณะการทนแล้งของถั่วลิสง

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษากับถั่วลิสง 11 พันธุ์ คือ พันธุ์ ICGV 98300 ICGV 98303 ICGV 98305 ICGV 98308 ICGV 98324 ไทนาน 9 ขอนแก่น 60-3 มข. 72-1 มข. 60 ขอนแก่น 4 และ มข. 1 ภายใต้ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่แตกต่างกัน 2 ระดับ (ได้รับน้ำเต็มที่ในระดับความจุสนาม (field capacity; FC) และ 1/3 ของความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน (1/3 AW)) ในสภาพแปลงทดลองในฤดูแล้งปี 2550/51 โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot design 4 ซ้ำ วิธีการให้กระทบแล้งก่อนการออกดอกทำโดย เริ่มงดน้ำเมื่อถั่วลิสงงอกและรักษาระดับความชื้นดินที่ 1/3 ของความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินกระทั่งถั่วลิสงมีอายุ 40 วัน หลังจากนั้นให้น้ำที่ระดับความจุสนามจนถึงระยะเก็บเกี่ยว สำหรับถั่วลิสงที่ได้รับน้ำปกติ ให้น้ำที่ระดับความจุสนามตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว บันทึกลักษณะน้ำหนักรวมและน้ำหนักมวลชีวภาพ เพื่อใช้เป็นลักษณะการตรึงไนโตรเจนโดยอ้อม และบันทึกลักษณะผลผลิตฝัก จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด ที่อายุเก็บเกี่ยว และคำนวณค่าดัชนีเก็บเกี่ยว ส่วนลักษณะ พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) และ SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ทำการตรวจวัดที่อายุ 20 40 50 และ 60 วันหลังงอก

ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า การกระทบแล้งก่อนออกดอกไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักรวมและน้ำหนักมวลชีวภาพ และผลผลิตฝัก (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากพืชมีความสามารถในการฟื้นตัวหลังจากได้รับน้ำกลับคืน การตอบสนองของลักษณะการตรึงไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างระหว่างในสภาพที่ได้รับน้ำปกติและสภาพที่ขาดน้ำ แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองยังพบว่าถั่วลิสงทุกพันธุ์มีความแตกต่างกันในทุกลักษณะที่ทำการศึกษา โดยพบว่าพันธุ์ KK 60-3 และพันธุ์ KK 72-1 มีน้ำหนักรวมและมวลชีวภาพสูงที่สุด (ตารางที่ 2) ในขณะที่พันธุ์ KCU 60 มีผลผลิตและดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุดในสภาพแล้งก่อนการออกดอก

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรวมและน้ำหนักมวลชีวภาพมีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในสภาพที่ขาดน้ำ ($r = 0.80$, $P < 0.01$) และได้รับน้ำปกติ ($r = 0.82$, $P < 0.01$) (ตารางที่ 3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะการตรึงไนโตรเจนมีผลต่อน้ำหนักมวลชีวภาพมากกว่าลักษณะผลผลิต ดังนั้นลักษณะดังกล่าวอาจจะนำมาใช้ในการปรับปรุงมวลชีวภาพให้สูงได้ ในสภาพที่เกิดการกระทบแล้งในช่วงก่อนการออกดอก ส่วนสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการตรึงไนโตรเจนกับลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตมีค่าค่อนข้างต่ำ ยกเว้นสหสัมพันธ์ระหว่างการตรึงไนโตรเจนกับลักษณะจำนวนฝักต่อต้นที่มีค่าสูง ($r = 0.72$) ดังนั้นลักษณะนี้อาจจะนำมาใช้ในการคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตได้ในสภาพที่เกิดการกระทบแล้งในช่วงก่อนการออกดอก ส่วนค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ SCMR กับลักษณะการตรึงไนโตรเจนมีค่าสูงทั้งในสภาพที่ขาดน้ำและได้รับน้ำปกติ ($r = 0.94$ และ $r = 0.63$) ส่วนสหสัมพันธ์ระหว่างการตรึงไนโตรเจนกับดัชนีเก็บเกี่ยวมีค่าค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการประเมิน SCMR ที่อายุ 60 วันหลังงอก เหมาะที่จะใช้ประเมินลักษณะความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์และการตรึงไนโตรเจนทั้งในสภาพที่ขาดน้ำและได้รับน้ำปกติเพราะมีค่าสหสัมพันธ์สูง

การกระทบแล้งในช่วงก่อนการออกดอกไม่มีผลต่อลักษณะการตรึงไนโตรเจน จำนวนปม และน้ำหนักมวลชีวภาพ ลักษณะ SCMR มีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงกับลักษณะการตรึงไนโตรเจน นอกจากนี้

ลักษณะการตรึงไนโตรเจนและลักษณะ SCMR มีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงกับลักษณะมวลชีวภาพทั้งในสภาพที่ขาดน้ำและได้รับน้ำปกติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะการตรึงไนโตรเจนและลักษณะ SCMR สามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกพันธุ์เพื่อปรับปรุงลักษณะมวลชีวภาพ ภายใต้สภาวะที่เกิดการขาดน้ำในช่วงก่อนการออกดอก

สรุปผลการทดลอง

การกระทบแล้งช่วงก่อนการออกดอก และได้รับน้ำกลับคืนไม่ได้ส่งผลต่อการตรึงไนโตรเจน และมวลชีวภาพของถั่วลิสง เนื่องจากพืชสามารถฟื้นตัวหลังจากได้รับน้ำกลับคืน ลักษณะการทนแล้งทั้ง SCMR และน้ำหนักปมแห้งสามารถใช้เป็นลักษณะทางอ้อม ในการปรับปรุงลักษณะมวลชีวภาพทั้งในสภาพขาดน้ำช่วงต้นการเจริญเติบโตและสภาพที่ไม่ขาดน้ำ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของลักษณะ น้ำหนักแห้งปม (NDW) มวลชีวภาพ (BM) ผลผลิตฝัก (PY) ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) ที่อายุ 50 วันหลังงอก SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ที่อายุ 60 วันหลังงอกของถั่วลิสง 11 สายพันธุ์ที่ประเมินในสภาพการได้รับน้ำที่แตกต่างกัน 2 ระดับ

SOV	NDW (กรัมต่อ ต้น)	BM (ต้นต่อ เฮกแตร์)	PY (ต้นต่อ เฮกแตร์)	จำนวน ฝักต่อต้น	จำนวน เมล็ด ต่อฝัก	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	SLA (ตร.ม. ต่อ กรัม)	SCMR	HI
Rep	0.006	9.59	0.75	38.35	0.073	109.48	1943.38	9.03	0.001
Water Regime(W)	0.003 ^{ns}	0.09 ^{ns}	6.66 ^{ns}	661.12*	0.155**	0.15 ^{ns}	2425.50 ^{ns}	71.46*	0.045 ^{ns}
Error(a)	0.022	8.30	2.30	32.65	0.003	28.27	1587.77	6.95	0.020
Genotype(G)	0.173**	17.39**	3.73**	98.18**	0.014**	712.27**	2366.00**	56.83**	0.019**
G x W	0.014 ^{ns}	2.23 ^{ns}	0.75 ^{ns}	33.06 ^{ns}	0.015 ^{ns}	22.32 ^{ns}	622.74 ^{ns}	4.28 ^{ns}	0.012*
Error(b)	0.011	2.62	0.48	34.26	0.021	55.57	450.51	5.78	0.006
cv(a)%	31.90	33.69	52.22	25.08	3.12	9.69	19.88	6.01	40.67
cv(b)%	22.60	18.93	23.81	25.69	7.77	13.59	10.59	5.48	21.65

ns: ไม่แตกต่างทางสถิติ, *, **: แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.05 และ P < 0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 น้ำหนักแห้งปม (NDW) มวลชีวภาพ (BM) ผลผลิตฝัก (PY) ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) ของถั่วลิสง 11 สายพันธุ์ที่ประเมินในสภาพการได้รับน้ำที่แตกต่างกัน 2 ระดับ

พันธุ์	น้ำหนักแห้งปม		มวลชีวภาพ		ผลผลิตฝัก		ดัชนีเก็บเกี่ยว	
	(กรัม/ต้น)		(ตัน/ha)		(ตัน/ha)			
	FC	1/3AW	FC	1/3AW	FC	1/3AW	FC	1/3AW
ICGV 98300	0.59ab	0.63a	10.40ab	9.72abc	2.22def	2.85bc	0.45a	0.30b
ICGV 98303	0.59ab	0.48ab	8.62abc	7.40bcd	2.40cdef	2.95abc	0.30bcd	0.40ab
ICGV 98305	0.48bc	0.58ab	8.15bcd	8.42bcd	1.90def	3.00ab	0.22d	0.35ab
ICGV 98308	0.56ab	0.40bc	7.75bcd	8.52bcd	2.72cd	3.60ab	0.37abc	0.42ab
ICGV 98324	0.47bc	0.56ab	10.00ab	8.32bcd	4.37a	3.50ab	0.32bcd	0.42ab
KK 60-3	0.62a	0.66a	10.43ab	10.52ab	3.20bc	3.62ab	0.32bcd	0.35ab
Tainan 9	0.36cde	0.28c	6.47cd	6.52d	1.47f	2.12c	0.22d	0.32b
KKU 72-1	0.64a	0.68a	11.05a	11.03a	3.75ab	3.57ab	0.35bc	0.32b
KKU 60	0.39cd	0.39bc	7.05cd	8.57bcd	2.85bcd	4.15a	0.40ab	0.47a
KK 4	0.33de	0.26c	7.95bcd	7.70cd	2.45cde	3.05abc	0.32bcd	0.37ab
KKU 1	0.24e	0.20c	5.80d	7.62cd	1.57ef	2.55bc	0.27cd	0.32b
ค่าเฉลี่ย	0.48	0.47	8.52	8.57	2.63	3.18	0.33	0.37

ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยทำเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดย DMRT

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะน้ำหนักแห้งปม (NDW) มวลชีวภาพ (BM) ผลผลิตฝัก (PY) ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) ที่อายุ 50 วันหลังงอก และ SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ที่อายุ 60 วันหลังงอก ค่าครึ่งบนของตารางในสภาพได้รับน้ำเต็มที่ และค่าครึ่งล่างเป็นสภาพขาดน้ำช่วงต้นของการเจริญเติบโต

ลักษณะ	NDW	BM	PY	จำนวนฝักต่อต้น	จำนวนเมล็ดต่อฝัก	น้ำหนัก 100 เมล็ด	SLA	SCMR	HI
NDW		0.82**	0.49	0.72*	0.58	0.33	-0.66*	0.63*	0.37
BM	0.80**		0.70*	0.76**	0.65*	0.35	-0.52	0.63*	0.37
PY	0.43	0.58		0.79**	0.65*	0.58	-0.59	0.71*	0.41
จำนวนฝักต่อต้น	0.31	-0.04	-0.01		0.65*	0.58	-0.69*	0.66*	0.53
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	-0.09	0.28	0.04	-0.26		0.07	-0.67*	0.36	0.32
น้ำหนัก 100 เมล็ด	0.44	0.70*	.78**	-0.42	-0.00		-0.27	0.60*	0.22
SLA	-0.53	-0.22	-0.55	-0.41	0.41	-0.23		-0.71*	-0.43
SCMR	0.94**	0.71*	0.59	0.26	-0.09	0.49	-0.66*		0.36
HI	-0.15	-0.20	0.67*	0.13	-0.27	0.27	-0.50	0.13	

*, **: แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- Giller, K.E. 2001. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB International, Wallingford.
- Nageswara Rao, R.C., S. Singh, M.V.K. Sivakumar, K.L. Srivastava and J.H. Williams. 1985. Effect of water deficit at different growth phase of peanut. I Yield response. Agron. J. 77: 782-786.

ผลงานการที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Wunna, H., Jogloy, S., Toomsan, B., Sanitchon, J. 2009. Response to early drought for traits related to nitrogen fixation and their correlation to yield and drought tolerance traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.) Asian J. of Plant Sci. 8: 138-145.

4.1.12 พันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนในสภาพการกระทบแล้งในช่วงก่อนการออกดอกและสหสัมพันธ์ของลักษณะการตรึงไนโตรเจนกับผลผลิตและลักษณะการทนแล้งในถั่วลิสง

Inheritance of Traits Related to Biological Nitrogen Fixation and Genotypic Correlation of Traits Related to Nitrogen Fixation, Yield and Drought Tolerance in Peanut (*Arachis hypogaea* L.) under early drought

Wunna Htoon สนั่น จอกลอย บรรยง ทูมแสน จิรวัดณ์ สนิทชน และ อารันต์ พัฒโนทัย

ถั่วลิสงส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝน ซึ่งความแห้งแล้งสามารถเกิดขึ้นได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของถั่วลิสง การกระทบแล้งในช่วงออกดอกสร้างฝักทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมากแต่การกระทบแล้งช่วงก่อนการออกดอกกลับทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น การตอบสนองของการตรึงไนโตรเจนในสภาพแห้งแล้งก่อนการออกดอกมีส่วนทำให้มีจำนวนฝักต่อต้นสูงขึ้น ปัจจุบันได้มีการใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาโดยเฉพาะการตรึงไนโตรเจนสำหรับการคัดเลือกพันธุ์ถั่วลิสงเพื่อให้ผลผลิตสูงในสภาพแล้ง แต่ยังคงขาดข้อมูลความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการตรึงไนโตรเจน รวมทั้งหากมีการคัดเลือกลักษณะทางสรีรวิทยาการทนแล้งที่จะส่งผลต่อลักษณะการตรึงไนโตรเจนและผลผลิตในสภาพแล้งก่อนการออกดอก ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนเมื่อถั่วลิสงกระทบแล้งในระยะก่อนการออกดอก และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนกับผลผลิต และกับลักษณะการทนแล้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

สร้างคู่ผสมระหว่างพันธุ์ทนแล้ง (ICGV 98300 ICGV 98303 และ ICGV 98305) และพันธุ์แนะนำของประเทศไทย (KK 60-3 และ Tainan 9) ได้ลูกผสมจำนวน 4 คู่ผสม (ICGV 98303 X KK 60-3 , ICGV 98300 X Tainan 9 , ICGV 98303 X Tainan 9 และ ICGV 98305 X Tainan 9) ปลูกลูกผสมชั่วคราววันที่ 1

แล้วเก็บแบบรวม (bulk) ในแต่ละคู่ผสม จากนั้นในชั่วรุ่นที่ 2 และ 3 แต่ละชั่วรุ่นเก็บแบบฝักต่อต้น (single pod descent) แล้วรวมกันในแต่ละคู่ผสม และ ในชั่วรุ่นที่ 4 สกัดสายพันธุ์โดยการเก็บแยกเป็นรายต้นแบบสุ่มจำนวน 20-25 ต้นต่อคู่ผสม รวม 90 สายพันธุ์ ปลูกขยายแต่ละสายพันธุ์ในชั่วรุ่นที่ 5 และ 6 แล้วนำแต่ละสายพันธุ์และพันธุ์พ่อแม่ไปปลูกทดสอบชั่วรุ่นที่ 7 และ 8

ทำการศึกษาในถั่วลันเตา 90 สายพันธุ์ จาก 4 คู่ผสม ในชั่วรุ่นที่ $F_{4:7}$ และ $F_{4:8}$ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Split-plot Design มี 4 ซ้ำภายใต้ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ที่ระดับความจุสนาม (FC) และ 1/3 ของความเป็นประโยชน์น้ำในดิน (1/3 AW) เป็น main plot และให้สายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบใน sub-plot ทำการปลูกทดสอบในสภาพแปลงทดลองของฤดูแล้งปี 2550/51 การบันทึกลักษณะ จำนวนปม มวลชีวภาพ ผลผลิตฝักแห้ง จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝักที่อายุเก็บเกี่ยว คำนวณค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง จากองค์ประกอบของความแปรปรวน (variance component) ทางพันธุกรรม จากทั้ง 4 คู่ผสมตามวิธีการของ Holland และ คณะ (2003) และประเมินค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะการตรึงไนโตรเจนกับผลผลิต และลักษณะการทนแล้งตามวิธีการของ Falconer and Mackay (1996)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของมวลชีวภาพมีค่าสูงในทุกคู่ผสม ในทั้งสองสภาพการให้น้ำ โดยมีค่า 0.73-0.88 ในสภาพแล้ง และ 0.78-0.89 ในสภาพให้น้ำปกติ ความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิต จำนวนฝักต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ด มีค่าสูงในทุกคู่ผสม โดยมีค่า 0.58-0.88, 0.56-0.91 และ 0.79-0.94 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ความสามารถในการถ่ายทอดพันธุกรรมของลักษณะ พื้นที่ใบจำเพาะ SCMR ดัชนีการทนแล้งของมวลชีวภาพ ดัชนีการทนแล้งของผลผลิตฝัก มีค่าสูง แต่ความสามารถในการถ่ายทอดพันธุกรรมของดัชนีเก็บเกี่ยวมีค่าค่อนข้างต่ำในทั้งสองสภาพน้ำที่ใช้ทดสอบ (ตารางที่ 2)

สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักปมและน้ำหนักต้นมีค่าเป็นบวกทั้งในสภาพแล้งและสภาพการให้น้ำปกติ (0.77 และ 0.65 ตามลำดับ) (ตารางที่ 3) สหสัมพันธ์ของน้ำหนักต้นกับผลผลิตมีค่าเป็นบวกทั้งสภาพที่ขาดน้ำและไม่ขาดน้ำ (0.79 และ 0.68 ตามลำดับ) ในขณะที่สหสัมพันธ์ของลักษณะน้ำหนักต้นและน้ำหนัก 100 เมล็ดมีค่าปานกลางในทั้งสองสภาพน้ำ (0.52 และ 0.49 ตามลำดับ) ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนกับลักษณะทนแล้งพบว่า สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักมวลชีวภาพและ SCMR ที่อายุ 60 วันหลังปลูก มีค่าปานกลางทั้งในสภาพแล้งและสภาพที่ได้รับน้ำปกติ (0.57 และ 0.44 ตามลำดับ) นอกจากนั้นลักษณะน้ำหนักต้นในสภาพให้น้ำปกติและในสภาพแล้งก่อนออกดอกมีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะน้ำหนักมวลชีวภาพทำได้ทั้งสองระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน การใช้น้ำหนักมวลชีวภาพ เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกอาจช่วยให้สามารถคัดเลือกได้พันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนได้สูง ผลผลิตสูง เพราะลักษณะเหล่านี้มีความสามารถในการถ่ายทอดพันธุกรรมสูงและมีสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกับลักษณะทนแล้งและกับผลผลิต

ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนส่วนใหญ่มีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูงในทุกคู่ผสม และมีค่าปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นลักษณะที่ใช้คัดพันธุ์พันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนสูงและมีผลผลิตสูง โดยลักษณะน้ำหนักมวลชีวภาพมีค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกับลักษณะการตรึงไนโตรเจนที่สูง ดังนั้นลักษณะมวลชีวภาพสามารถนำมาใช้ในการคัดเพื่อปรับปรุงพันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนสูง และให้ผลผลิตสูง

สรุปผลการทดลอง

ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะมวลชีวภาพ ผลผลิตและลักษณะสรีรวิทยาการทนแล้งทั้ง SLA และ SCMR มีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกเพื่อการปรับปรุงลักษณะดังกล่าวได้ผล ลักษณะ SCMR ซึ่งวัดได้ง่ายมีสหสัมพันธ์กับลักษณะน้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักปมแห้งมีสหสัมพันธ์สูงกับลักษณะมวลชีวภาพ แต่ไม่พบว่ามีสหสัมพันธ์กับผลผลิต แสดงว่าการใช้ SCMR เป็นลักษณะทางอ้อมในการคัดเลือกพันธุ์ให้มีมวลชีวภาพสูง พันธุ์ที่ตรึงไนโตรเจนสูงจะมีผลต่อมวลชีวภาพที่สูงแต่ไม่ส่งผลต่อผลผลิต

ตารางที่ 1 ค่าความสามารถถ่ายทอดลักษณะ และ standard error ของลักษณะ น้ำหนักแห้งปม (NDW) มวลชีวภาพ (BM) ผลผลิตฝัก (PY) จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด ของถั่วลิสง 4 คู่ผสม ที่ประเมินในสภาพกระถบแล้งในช่วงต้น (ESD) และสภาพได้รับน้ำปกติ ทำการทดลองในฤดูแล้งปี 2550/51

คู่ผสม	ลักษณะที่เกี่ยวข้อง กับการตรึงไนโตรเจน			ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต		
	NDW	BM	PY	จำนวนฝัก ต่อต้น	จำนวนเมล็ด ต่อฝัก	น้ำหนัก 100 เมล็ด
สภาพกระถบแล้งก่อนการออกดอก						
ICGV 98300 x KK60-3	0.23±0.05	0.88±0.04	0.84±0.05	0.75±0.07	0.46±0.09	0.87±0.04
ICGV 98300 x Tainan 9	0.05±0.02	0.88±0.04	0.58±0.09	0.79±0.06	0.38±0.09	0.93±0.03
ICGV 98303 x Tainan 9	0.32±0.07	0.83±0.05	0.80±0.05	0.65±0.08	0.32±0.07	0.93±0.02
ICGV 98305 x Tainan 9	0.26±0.11	0.73±0.07	0.74±0.06	0.56±0.08	0.54±0.08	0.94±0.02
สภาพได้รับน้ำปกติ						
ICGV 98300 x KK60-3	0.22±0.06	0.89±0.04	0.86±0.04	0.91±0.03	0.24±0.07	0.79±0.06
ICGV 98300 x Tainan 9	0.05±0.02	0.78±0.06	0.88±0.04	0.79±0.06	0.08±0.03	0.87±0.04
ICGV 98303 x Tainan 9	0.16±0.33	0.87±0.04	0.85±0.04	0.56±0.08	0.21±0.06	0.85±0.04
ICGV 98305 x Tainan 9	0.27±0.11	0.88±0.04	0.88±0.03	0.87±0.04	0.69±0.07	0.93±0.02

ตารางที่ 2 ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ และ standard error ของลักษณะ พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) ที่อายุ 50 วันหลังออก (DAE) SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ที่อายุ 60 วัน หลังออก ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) และดัชนีการทนแล้งของมวลชีวภาพ (DTI (BM)) และ ผลผลิตฝัก (DTI(PY)) ของถั่วลิสง 4 คู่ผสม ที่ประเมินในสภาพการได้กระทบแล้ง ในช่วงต้น และสภาพได้รับน้ำปกติ เมื่อฤดูแล้งปี 2550/51

คู่ผสม	ลักษณะการทนแล้ง				
	SLA 50 DAE	SCMR 60DAE	HI	DTI (BM) †	DTI (PY)
สภาพกระทบแล้งช่วงต้น					
ICGV 98300 x KK60-3	0.94±0.02	0.89±0.04	0.19±0.06	0.76±0.07	0.66±0.08
ICGV 98300 x Tainan 9	0.87±0.04	0.85±0.05	0.24±0.11	0.71±0.08	0.80±0.06
ICGV 98303 x Tainan 9	0.93±0.02	0.83±0.05	0.58±0.08	0.64±0.08	0.67±0.07
ICGV 98305 x Tainan 9	0.86±0.04	0.92±0.02	0.07±0.03	0.75±0.06	0.69±0.07
สภาพได้รับน้ำปกติ					
ICGV 98300 x KK60-3	0.75±0.07	0.81±0.06	0.32±0.08	-	-
ICGV 98300 x Tainan 9	0.87±0.04	0.80±0.06	0.60±0.09	-	-
ICGV 98303 x Tainan 9	0.90±0.03	0.91±0.03	0.70±0.07	-	-
ICGV 98305 x Tainan 9	0.85±0.04	0.90±0.03	0.44±0.08	-	-

† DTI คำนวณจากอัตราส่วนของลักษณะนั้นในสภาพการกระทบแล้งในช่วงต้น (1/3 AW) ต่อลักษณะนั้นเมื่อได้รับน้ำที่ระดับความจุสนาม

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจน ลักษณะการทนแล้ง และลักษณะองค์ประกอบผลผลิต ประเมินในสภาพการได้กระทบแล้ง ในช่วงต้น และสภาพได้รับน้ำปกติ

ลักษณะการตรึงไนโตรเจน การทนแล้ง และผลผลิต	ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจน	
	น้ำหนักแห้งปม	น้ำหนักแห้งต้น
สภาพที่กระทบแล้งช่วงต้น		
ลักษณะที่สัมพันธ์กับการตรึงไนโตรเจน		
น้ำหนักแห้งปม	-	0.77**
น้ำหนักแห้งต้น	0.77**	-
ลักษณะการทนแล้ง		
พื้นที่ใบจำเพาะ	-0.15**	0.25**
ค่า spad chlorophyll meter reading	0.15**	0.57**
ดัชนีเก็บเกี่ยว	0.47**	0.36**
ดัชนีทนแล้งของมวลชีวภาพ (DTI)	-0.15**	0.16**
ดัชนีทนแล้งของผลผลิต (DTI)	0.10*	0.05
ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต		
ผลผลิตฝักแห้ง	-0.75**	0.79**
จำนวนฝักต่อต้น	-0.70**	0.47**
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	-0.79**	0.41**
น้ำหนัก 100 เมล็ด	-0.15**	0.52**
สถานที่ได้รับน้ำปกติ		
ลักษณะที่สัมพันธ์กับการตรึงไนโตรเจน		
น้ำหนักแห้งปม	-	0.65**
น้ำหนักแห้งต้น	0.65**	-
ลักษณะการทนแล้ง		
พื้นที่ใบจำเพาะ	-0.22**	-0.41**
ค่า spad chlorophyll meter reading	-0.07	0.44**
ดัชนีเก็บเกี่ยว	0.01	0.29**
ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต		
ผลผลิตฝักแห้ง	0.10*	0.68**
จำนวนฝักต่อต้น	0.05	0.44**
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	0.09	0.22**
น้ำหนัก 100 เมล็ด	0.08	0.49**

**, * : แสดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

DTI คำนวณจากอัตราส่วนของลักษณะนั้น เมื่อกระทบแล้งในช่วงต้นต่อลักษณะนั้นเมื่อได้รับน้ำปกติ

เอกสารอ้างอิง

- Falconer, D.S. and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics 4th ed. Longman. London, UK.
- Holland, J.B. 2003. Epistasis and plant breeding. Plant Breed. Rev. 21: 27-92.

ผลงานการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Wunna, H., S. Jogloy, B. Toomsan, J. Sanitchon and A. Patanothai. 2009. Inheritance of traits related to biological nitrogen fixation and genotypic correlation of traits related to nitrogen fixation yield and drought tolerance in peanut. Asian J. of Plant Sci. 8: 265-275.

4.1.13 ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะและสหสัมพันธ์ของลักษณะทนแล้ง และลักษณะทางการเกษตรของถั่วลิสง

Heritability and Correlation of Drought Resistance Traits and Agronomic Traits in Peanut (*Arachis hypogaea* L.)

มนตรี ไปนาวัต สนั่น จอกลอย ถวัลย์ เกษมาลา ชุตติพงศ์ อรรคแสง
และ อารันต์ พัฒนโทษ

ผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝนมักประสบกับความแห้งแล้งทำให้ผลผลิตต่ำ การใช้พันธุ์ถั่วลิสงที่มีความทนทานต่อความแห้งแล้งจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการแก้ปัญหา ที่ผ่านมากการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้ทนแล้งโดยอาศัยการปรับปรุงลักษณะผลผลิตเพียงอย่างเดียวยังมีความก้าวหน้า น้อย เนื่องจากลักษณะดังกล่าวมีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมสูง การปรับปรุงลักษณะทางสรีรวิทยาการทนแล้งเป็นลักษณะทางอ้อมของลักษณะผลผลิตเป็นแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงทนแล้ง การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง (broad sense heritability) และแบบแคบ (narrow sense heritability) ของลักษณะทนแล้ง ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต และ (2) ประเมินค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทนแล้งกับลักษณะผลผลิตของถั่วลิสง

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการผสมถั่วลิสงพันธุ์ ICGV 98324 ซึ่งเป็นพันธุ์ทนแล้ง มีผลผลิตและมวลชีวภาพสูง กับถั่วลิสงพันธุ์ KK 4 ที่มีลักษณะอายุสั้น ให้ผลผลิตสูง นำลูกผสมชั่วที่ 1 ไปปลูกขยาย เมล็ดที่ได้นำไปปลูกทดสอบในชั่วรุ่นที่ 2 และชั่วรุ่นที่ 3 การประเมินลักษณะทนแล้ง ลักษณะผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของถั่วลิสงชั่วรุ่นที่ 2 จำนวน 128 ต้น ที่หมวดพืชไร่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ระหว่างเดือน ธันวาคม 2549 ถึง มีนาคม 2550 และการปลูกทดสอบในชั่วรุ่นที่ 3 จำนวน 128 สายพันธุ์ ซึ่งได้จากเมล็ดของแต่ละ

ต้นในชั่วรุ่นที่ 2 โดยจัดสิ่งทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในซ้ำมี 4 ซ้ำ ปลูกทดสอบในระหว่างเดือน มิถุนายน 2550 ถึง ตุลาคม 2550 งานทดลองทั้ง 2 ชั่วรุ่น ทำในกระถางขนาดกว้าง 25 ซม. และสูง 75 ซม. บรรจุดิน ขุดยโสธร โดยแบ่งบรรจุดินเป็น 4 ชั้นเพื่อให้ดินมีความหนาแน่นเท่ากันในแต่ละชั้น ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โปรตัสเซียม อัตรา 9 และ 6 กก.ต่อไร่ และใส่เชื้อไรโซเบียมให้กับถั่วลิสงทุกกระถาง ทำการให้น้ำที่ระดับ ความจุสนาม (field capacity; FC) หลังจากปลูก จนกระทั่งถึง 12 หลังปลูก จึงเริ่มลดน้ำลงจนมีความชื้น ที่ระดับ $1/3$ ของความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน ($1/3$ available soil water; $1/3$ AW) เมื่อ 28 หลังปลูก รักษาความชื้นในระดับนี้จนถั่วลิสงมีอายุ 70 วันหลังปลูก จึงให้น้ำกับทุกกระถางให้มีความชื้นในระดับ ความจุสนาม และรักษาระดับความชื้นนี้จะถึงระยะเก็บเกี่ยว ข้อมูลที่ทำการตรวจวัดได้แก่ น้ำหนักรากแห้ง (root dry weight; RDW) ความยาวราก (root length; RL) พื้นที่ราก (root surface; RS) ปริมาตร ราก (root volume; RV) พื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area; SLA) ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (relative water content; RWC) ค่าประมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อม (SPAD chlorophyll meter reading; SCMR) มวลชีวภาพ (biomass) ผลผลิต (pod yield) จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index; HI)

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและคำนวณหาค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบ กว้างและแบบแคบ ของลักษณะ น้ำหนักรากแห้ง ความยาวราก พื้นที่ราก ปริมาตรราก พื้นที่ใบจำเพาะ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ ค่าประมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อม มวลชีวภาพ ผลผลิต จำนวนฝักต่อต้น จำนวน เมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และดัชนีเก็บเกี่ยว ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง ประเมินจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมหารด้วยความแปรปรวนทั้งหมด (Singh et al., 1993) และค่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบ ประเมินจากค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของลูกผสมชั่วที่ 3 กับชั่วรุ่นที่ 2 (Smith และ Kinman, 1965) และประเมินค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error; SE) ตามวิธีการของ Ibrahim และ Quick (2001) และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างลักษณะ ผลผลิต และลักษณะการเกษตร กับลักษณะการทนแล้งของลูกชั่วรุ่นที่ 3

ผลการทดลอง

การศึกษาพบว่าค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะรากและ ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้ง เช่นพื้นที่ใบจำเพาะ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ ค่าประมาณคลอโรฟิลล์ ทางอ้อม มีค่าต่ำถึงปานกลาง โดยมีค่า 0.27 ถึง 0.59 ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง ของลักษณะของผลผลิตฝักและองค์ประกอบของผลผลิตมีค่าต่ำถึงปานกลางระหว่าง 0.20 ถึง 0.57 (ตารางที่ 1) ซึ่งคล้ายกันกับลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้ง ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบ แคบของลักษณะที่ศึกษามีค่าต่ำกว่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างมาก อาจเนื่องมาจาก มีความแปรปรวนภายในของชั่วรุ่นที่ 2 สูง ส่วนค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบของ ลักษณะพื้นที่ใบจำเพาะ และน้ำหนักรากแห้ง มีค่าต่ำ (0.00 และ 0.13 ตามลำดับ) จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงลักษณะราก ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้ง และลักษณะของผลผลิตสูง ทำได้ยากในประชากรถั่วลิสงที่ศึกษาในชั่วที่ 2

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย พบว่าลักษณะต่างๆของราก ได้แก่ น้ำหนักรากแห้ง ความยาวราก พื้นที่ราก และปริมาณราก มีสหสัมพันธ์กันในเชิงบวก มีค่า $r = 0.67^{**}$ ถึง 0.98^{**} (ตารางที่ 2) แต่ไม่พบสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะรากกับลักษณะทนแล้งอื่นๆนอกจากนี้ยังพบว่ามีสหสัมพันธ์ทางลบระหว่างลักษณะพื้นที่ใบจำเพาะ กับ SCMR ($r = -0.40^*$) (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าสามารถประเมินลักษณะพื้นที่ใบจำเพาะทางอ้อม โดยใช้การประเมินโดยใช้ SCMR นอกจากนี้พบว่าลักษณะรากมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับมวลชีวภาพและจำนวนฝักต่อต้น แต่ไม่พบว่ามีสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะรากกับผลผลิตฝักและองค์ประกอบผลผลิตอื่นๆ ยกเว้นจำนวนฝักต่อต้น (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าถั่วลิสงที่มีระบบรากดีมีต้นขนาดใหญ่ และจำนวนฝักต่อต้นมาก

ตารางที่ 1 ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างและแบบแคบ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของลักษณะของลักษณะน้ำหนักรากแห้ง (RDW) ความยาวราก (RL) พื้นที่ราก (RS) ปริมาณราก (RV) พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (RWC) ค่าประมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อม (SCMR) มวลชีวภาพ ผลผลิต ฝักต่อต้น เมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และดัชนีเก็บเกี่ยว

ลักษณะที่ศึกษา	ความสามารถในการถ่ายทอด	
	ลักษณะแบบกว้าง	ลักษณะแบบแคบ
RDW	0.34 ± 0.03	0.13 ± 0.01
RL	0.58 ± 0.04	0.10 ± 0.00
RS	0.59 ± 0.04	0.11 ± 0.00
RV	0.59 ± 0.03	0.12 ± 0.00
SLA	0.57 ± 0.04	0.00
RWC	0.46 ± 0.04	0.01 ± 0.00
SCMR	0.27 ± 0.03	0.05 ± 0.00
มวลชีวภาพ	0.30 ± 0.03	0.16 ± 0.00
ผลผลิต	0.47 ± 0.04	0.13 ± 0.00
ฝักต่อต้น	0.57 ± 0.04	0.23 ± 0.01
เมล็ดต่อฝัก	0.24 ± 0.03	0.19 ± 0.02
น้ำหนัก 100 เมล็ด	0.46 ± 0.04	0.23 ± 0.01
ดัชนีเก็บเกี่ยว	0.20 ± 0.02	0.21 ± 0.01

ตารางที่ 2 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการทนแล้งในถั่วลิสงชั่วรุ่นที่ 3

ลักษณะราก	ลักษณะการทนแล้ง					
	น้ำหนัก แห้งราก	ความยาวราก	พื้นที่ผิวราก	ปริมาตรราก	ปริมาณน้ำ สัมพัทธ์	SCMR
RL	0.67**					
RS	0.71**	0.98**				
RV	0.73**	0.92**	0.97**			
RWC	0.03	-0.05	-0.00	0.04		
SCMR	0.15	0.11	0.10	0.09	-0.51**	
SLA	-0.03	0.07	0.06	0.03	-0.07*	-0.40**

*, **: แสดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

† ค่าย่อเช่นเดียวกับตารางที่ 1

ตารางที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิตกับลักษณะทนแล้งในถั่วลิสงชั่วรุ่นที่ 3

Drought resistance traits	ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต					
	ดัชนีเก็บเกี่ยว	มวลชีวภาพ	ผลผลิตฝัก	จำนวนฝัก ต่อต้น	จำนวนเมล็ด ต่อฝัก	น้ำหนัก 100 เมล็ด
RDW †	-0.20*	0.65**	0.13	0.10	0.02	0.04
RL	0.04	0.43**	0.04	0.29**	0.02	0.06
RS	0.00	0.42**	0.01	0.26**	0.02	0.05
RV	-0.04	0.39**	0.04	0.17*	0.01	0.02
SLA	0.02	0.02	0.02	-0.07	0.00	-0.03
RWC	0.04	0.07	0.04	0.11	0.05	0.03
SCMR	-0.01	0.10	0.01	0.20*	0.05	0.00

*, **: แสดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

† ค่าย่อเช่นเดียวกับตารางที่ 1

สรุปผลการทดลอง

ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างมีค่าต่ำถึงปานกลาง และค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบมีค่าต่ำ เกือบทุกลักษณะที่ศึกษาค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ ราก ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ ค่าประมาณคลอโรฟิลล์ทางอ้อม ลักษณะที่เกี่ยวข้องทางการเกษตร และ ลักษณะทนแล้งที่มีค่าค่อนข้างต่ำ ทำให้การคัดเลือกพันธุ์เพื่อปรับปรุงลักษณะเหล่านี้ไม่ประสบความสำเร็จ ในช่วงต้นๆ การคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะเหล่านี้ดีอาจจะต้องทำการคัดเลือกในช่วงหลัง การประเมิน ลักษณะต่างๆ ของรากสามารถใช้ลักษณะน้ำหนักรากแห้งในการประเมินแทนลักษณะอื่นๆ ของราก เพราะมีค่าสหสัมพันธ์กัน และยังเป็นวิธีการประเมินได้ง่าย และประหยัดเวลาในการตรวจวัด

เอกสารอ้างอิง

- Ibrahim, A.M.H., and J.S. Quick. 2001. Heritability of heat tolerance in winter and spring wheat. *Crop Sci.* 41: 1401-1405.
- Singh, M., S. Ceccarelli, and J. Hamblin. 1993. Estimation of heritability from varietal trials data. *Theor. Appl. Genet.* 86: 437-441.
- Smith, J.D., and M.L. Kinman. 1965. The use of parent-offspring regression as an estimator of heritability. *Crop Sci.* 5: 595-596.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Painawadee, M., S. Jogloy, T. Kesmala, C. Akkasaeng and A. Patanothai. 2009. Heritability and correlation of drought resistance traits and agronomic traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Asian J. of Plant Sci.* 8(5): 325-334.

4.1.14 การศึกษาเพื่อจำแนกลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้งในถั่วลิสง

Identification of Traits Related to Drought Resistance in Peanut (*Arachis hypogaea* L.)

มนตรี ไปนาวดี สนั่น จอกลอย ถวัลย์ เกษมาลา ชุตติพงศ์ อรรคแสง
และ อารันต์ พัฒโนทัย

ผลผลิตของถั่วลิสงถูกจำกัดโดยการกระทบแล้งในช่วงต่างๆของระยะการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิตที่ลดลงจะมีความผันแปรขึ้นอยู่กับความรุนแรงและความยาวนานของความแห้งแล้ง ถึงแม้ว่าการให้น้ำชลประทานจะแก้ปัญหานี้ได้แต่ทำได้ยากและต้องลงทุนสูงมาก ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาพันธุ์ถั่วลิสงทนแล้งขึ้น และได้มีความพยายามพัฒนาพันธุ์ทนแล้งขึ้นโดยสถาบันวิจัยพืชในเขตค่อนข้างแห้งแล้งนานาชาติ (ICRISAT) ซึ่งได้นำเชื้อพันธุกรรมที่หลากหลายมาปลูกทดสอบและจำแนกพันธุ์ทนแล้งโดยใช้ผลผลิตฝักสูงภายใต้สภาพที่แห้งแล้ง นอกจากนี้ยังใช้ลักษณะพื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) ค่า SCMR ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) มวลชีวภาพ และดัชนีการทนแล้ง (DTI) ได้ถูกนำมาใช้เป็นลักษณะทนแล้งในถั่วลิสง (Arunyanark et al., 2008)

รากมีความสำคัญต่อความสามารถต่อการทนแล้ง ซึ่งรากสามารถที่จะนำน้ำจากดิน ความลึกของรากและความหนาแน่นของรากได้ถูกนำมาใช้ในการจำแนกลักษณะการปรับตัวต่อสภาพความแห้งแล้ง ซึ่งลักษณะเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์เพื่อคัดเลือกลักษณะการทนแล้ง Rucker et al. (1995) พบว่าถั่วลิสงบางพันธุ์ที่มีระบบรากใหญ่จะให้ผลผลิตสูงในสภาพขาดน้ำ ความแห้งแล้งจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของรากลดลง (Meisner and Karnok, 1992) และ Songsri et al. (2008) รายงานว่าเมื่อเกิดสภาวะแห้งแล้ง ทำให้ความหนาแน่นของราก (RLD) จะเพิ่มขึ้นและหยั่งลงในดินลึกขึ้น ดังนั้นการศึกษา

ครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาลักษณะของรากและลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้งในถั่วลันเตาพันธุ์ต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ทำการทดลองในกระถาง โดยปลูกกลางแจ้งในแปลงทดลองหมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ใช้แผนการทดลองแบบ 2×4 ปัจจัย โดยจัดสิ่งทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในซ้ำมี 6 ซ้ำ ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2549 ถึงเดือนเมษายน 2550 กำหนดให้ปัจจัย A เป็นความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินมี 2 ระดับ ที่ระดับความจุสนาม และ $1/3$ ของความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน (ระหว่าง 28 - 70 วันหลังปลูก) และกำหนดให้ปัจจัย B เป็นพันธุ์ถั่วลันเตามี 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ICGV 98303, ICGV 98305, ICGV 98324 ซึ่งเป็นพันธุ์ทนแล้งที่ได้จาก ICRISAT และ KK 4 เป็นพันธุ์แนะนำให้เกษตรกรปลูกและมีผลผลิตสูง ปลูกถั่วลันเตาในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ความสูง 70 เซนติเมตร ภายใต้อากาศเปิด และใช้เรือนกันน้ำฝนแบบเลื่อนได้เมื่อมีฝนตก ข้อมูลที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ สถานะของน้ำในใบ (RWC) พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA) ที่อายุ 50, 60 และ 70 วันหลังปลูก SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) มวลชีวภาพของราก ที่อายุ 70 วันหลังปลูก และผลผลิตประเมินที่อายุเก็บเกี่ยว บันทึกข้อมูล ลักษณะราก มวลชีวภาพ ผลผลิตฝัก และคำนวณหาดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) (= ผลผลิตฝัก/มวลชีวภาพ) ดัชนีการทนแล้ง (DTI) (= ผลผลิตฝักในสภาพแล้ง/ผลผลิตฝักเมื่อได้รับน้ำสมบูรณ์)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า เมื่อถั่วลันเตาที่ได้รับน้ำแตกต่างกันที่อายุ 70 วันหลังปลูก ทำให้มวลชีวภาพและผลผลิตฝักของถั่วลันเตาลดลงจาก 10.9 กรัมต่อต้น (ระดับ FC) เป็น 7.6 กรัมต่อต้น (ระดับ $1/3$ AW) และลดลงจาก 5.4 กรัมต่อต้นเป็น 4.9 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

เมื่อถั่วลันเตากระทบแล้ง พบว่าพันธุ์ ICGV 98324 มีค่า RWC สูงที่สุด รองลงมา คือพันธุ์ ICGV 98353 และ ICGV 98303 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เมื่อถั่วลันเตากระทบแล้ง มีผลทำให้ค่า SLA ของถั่วลันเตาลดลง และ SCMR เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) และพบว่าถั่วลันเตาพันธุ์ ICGV 98353 มีค่า SLA ต่ำกว่าและมีค่า SCMR สูงกว่าพันธุ์อื่น

ดังนั้นถั่วลันเตาพันธุ์ ICGV 98324 ควรได้รับการคัดเลือกใช้เป็น พ่อ-แม่ พันธุ์ สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ทนแล้งต่อไป เนื่องจากมีลักษณะทนแล้งคือมีค่า RWC และ SCMR สูง สำหรับลักษณะราก เมื่อได้รับน้ำที่ระดับ $1/3$ AW พบว่าพันธุ์ ICGV 98303 และพันธุ์ KK 4 มีน้ำหนักรากสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 1 มวลชีวภาพผลผลิตฝักและดัชนีการทนแล้งที่อายุเก็บเกี่ยวของถั่วลันเตา 4 สายพันธุ์ ภายใต้ความขึ้นดินระดับความจุสนามและ 1/3 ของความขึ้นดินที่เป็นประโยชน์

พันธุ์	มวลชีวภาพ(กรัมต่อต้น) ที่ 70 หลังปลูก			ผลผลิตฝัก(กรัมต่อฝัก)		
	FC	1/3 AW	DTI	FC	1/3 AW	DTI
ICGV 98303	9.0	7.6	0.88	5.79	4.59	0.81
ICGV 98324	11.8	7.7	0.65	6.26	5.14	0.93
ICGV 98353	10.2	6.5	0.65	4.72	5.45	1.17
KK 4	12.5	8.7	0.70	4.71	4.54	0.96
เฉลี่ย	10.9 A	7.6B	0.72	5.37	4.93	0.97

สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำ, ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยวิธี LSD, ดัชนีการทนแล้ง (DTI) คือ สัดส่วนของลักษณะนั้นที่ระดับ 1/3 AW ส่วนด้วยลักษณะนั้นที่ระดับน้ำความจุสนาม

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ พื้นที่ใบจำเพาะและดัชนีความทนแล้งของถั่วลันเตาเมื่ออายุ 70 วัน หลังปลูกภายใต้ความขึ้นดิน ระดับความจุสนาม 1/3 ของความขึ้นดินที่เป็นประโยชน์

พันธุ์	ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ(RWC)			พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA)		
	FC	1/3 AW	DTI	FC	1/3 AW	DTI
ICGV 98303	97.8	79.2ab	0.81ab	184.0a	153.0a	0.83
ICGV 98324	96.8	87.0a	0.90a	156.8ab	153.6a	0.98
ICGV 98353	96.6	83.1a	0.86a	143.5b	133.2b	0.94
KK 4	97.1	72.6b	0.75b	176.4a	161.6a	0.93
เฉลี่ย	97.1A	80.5B	0.83	165.2A	150.4B	0.92

สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ถั่วลันเตา ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.1$) โดยวิธี LSD สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างระดับการให้น้ำ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรตัวใหญ่ที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.1$) โดยวิธี LSD

ดัชนีการทนแล้ง (DTI) ของถั่วลันเตาแต่ละพันธุ์คำนวณจากอัตราส่วนของลักษณะนั้นที่ได้รับน้ำที่ระดับ 1/3 AW หารด้วยลักษณะนั้นเมื่อได้รับน้ำที่ระดับความจุสนาม



ตารางที่ 3 ดัชนีเก็บเกี่ยว SPAD Chlorophyll Meter Reading และดัชนีการทนแล้งของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ภายใต้ความชื้นดินระดับความจุสนามและ 1/3 ของความชื้นดินที่เป็นประโยชน์

พันธุ์	ดัชนีเก็บเกี่ยว			SCMR		
	FC	1/3 AW	DTI	FC	1/3 AW	DTI
ICGV 98303	0.19	0.18	0.91	40.8b	39.8	0.97
ICGV 98324	0.21	0.21	1.07	46.1a	44.7	0.98
ICGV 98353	0.18	0.22	1.22	41.5b	42.7	1.03
KK 4	0.20	0.19	1.01	38.9b	45.7	1.19
เฉลี่ย	0.20	0.20	1.05	41.8	43.2	1.04

สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์, ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยวิธี LSD, ดัชนีทนแล้ง (DTI) คือสัดส่วนของลักษณะนั้นที่ระดับ 1/3 AW ส่วนด้วยลักษณะนั้นที่ระดับน้ำความจุสนาม

ตารางที่ 4 น้ำหนักรากแห้ง (RDW) และดัชนีการทนแล้ง (DTI) ภายใต้สภาพการได้รับน้ำที่ระดับความจุสนาม (FC) และที่ได้น้ำที่ระดับ 1/3 AW ที่อายุ 70 วันหลังปลูก และที่อายุเก็บเกี่ยว

พันธุ์	RDW (กรัมต่อต้น) ที่ 70 วันหลังปลูก			RDW (กรัมต่อต้น) ที่อายุเก็บเกี่ยว		
	FC	1/3 AW	DTI	FC	1/3 AW	DTI
ICGV 98303	1.26	1.40 ab	1.11 a	1.82	1.92 a	1.20
ICGV 98324	1.90	1.40 ab	0.74 b	1.70	1.69 b	0.99
ICGV 98353	1.55	1.28 b	0.84 b	1.84	1.77 ab	0.94
KK 4	1.65	1.55 a	0.95 ab	1.70	1.75 ab	1.10
เฉลี่ย	1.59 A	1.41 B	0.91	1.76	1.78	1.05

สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ถั่วลิสง ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกัน จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.1$) โดยวิธี LSD สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างระดับการให้น้ำ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรตัวใหญ่ที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.1$) โดยวิธี LSD

ดัชนีการทนแล้ง (DTI) ของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์คำนวณจากอัตราส่วนของลักษณะนั้นที่ได้น้ำที่ระดับ 1/3 AW หารด้วยลักษณะนั้นเมื่อได้น้ำที่ระดับความจุสนาม

สรุปผลการทดลอง

ในสภาวะที่ขาดน้ำทำให้ผลผลิตฝักและมวลชีวภาพลดลงมีค่า RWC, SLA, RDW ลดลง แต่มีค่า SCMR เพิ่มขึ้น ถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆมีการตอบสนองที่แตกต่างกันของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้งและพันธุ์ที่มีสมรรถนะที่ดีของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้ง ซึ่งสามารถจำแนกพันธุ์ ICGV 98324 เป็นพันธุ์ที่ดี โดยเมื่อกระทบแล้งมีค่า RWC และ SCMR สูง ในขณะที่ พันธุ์ ICGV 98303 เป็นพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้น การตอบสนองที่แตกต่างกันของถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ ของลักษณะทนแล้ง แสดงให้เห็นความ

หลากหลายของกลไกการทนแล้ง หากมีการนำลักษณะเหล่านี้รวมกันในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงจะทำให้ถั่วลิสงมีการทนแล้งเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Arunyanark, A., S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vorasoot, T. Kesmla, R.C. Nageswara Rao, G.C. Wright and A. Patanothai. 2008. Chlorophyll stability is an indicator of drought tolerance in peanut. J. Agron. Crop Sci. 194: 113-125.
- Meisner, C.A. and K.J. Kamok. 1992. Peanut root response to drought stress. Agron. J. 84:159-165.
- Rucker, K. S., C. K. Kvien, C. C. Holbrook and J. E. Hook. 1995. Identification of peanut genotypes with improved drought avoidance traits. Peanut Sci. 21, 8.
- Songsri, P., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai and C.C. Holbrook. 2008. Root distribution of drought-resistant peanut genotypes in response to drought. J. Agron. Crop Sci. 194: 92-103.

ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

- Painawadee, M., S. Jogloy, T. Kesmla, C. Akkasaeng, and A. Patanothai. 2009. Heritability and correlation of drought resistance traits and agronomic traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Asian J. Plant Sci. 8:120-128.

4.2 ผลงานในการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่

ผู้ช่วยนักวิจัย :

- 1.) นางวิลาวรรณ ตูลา วุฒิปริญญาโท ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- 2.) นายถวัลย์ เกษมาลา วุฒิปริญญาโท ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นักศึกษาปริญญาโท :

- 1.) Mr. Wanna Htoon ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น(จบการศึกษา เมษายน 2552)
- 2.) นายมนตรี ไปนาวดี ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น(จบการศึกษา พฤศจิกายน 2552)

นักศึกษาปริญญาเอก :

- 1.) นายพัชริน สงศรี ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (จบการศึกษา ธันวาคม 2551)
- 2.) นายสำราญ พิมราช ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (จบการศึกษา มกราคม 2552)
- 3.) นายอนุรักษ์ อรัญญาค ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (จบการศึกษา กันยายน 2552)
- 4.) นางสาวอรุณี พวงบุตร ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น(จบการศึกษา พฤศจิกายน 2552)
- 5.) นายธีรยุทธ เกิดไทย ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น(จบการศึกษา พฤษภาคม 2553)
- 6.) นายสุรศักดิ์ บุญแดง ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น(คาดว่าจะจบการศึกษา ตุลาคม 2553)
- 7.) นายนันท์วุฒิ จงรังกลาง ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น(คาดว่าจะจบการศึกษาเมษายน 2554)

4.3 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ (8 เรื่อง)

- 1.) Pimratch, S., S. Jogloy, N. Vorasoot, B.Toomsan,T. Kesmla, A. Patanothai
and C.C. Holbrook.2009. Heritability of N₂ fixation traits, phenotypic and
genotypic correlation between N₂ fixation traits with drought resistance traits and
yield in peanut under different water regimes. Crop Sci. 49: 791-800. (Impact
Factor 2008 = 1.325)

- 2.) Songsri, P., S. Jogloy, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai and C.C. Holbrook. 2008. Heritability of drought resistance traits and genotypic and phenotypic correlation of drought resistance and agronomic traits in peanut. *Crop Sci.* 48:2245-2253. (Impact Factor 2008 = 1.325)
- 3.) Arunyanak, A., S. Jogloy, S. Wongkaew, N. Vorasoot, A. Patanothai, G. Wright and R.C. Rachaputi. 2010. Heritability of aflatoxin resistance traits and correlation of aflatoxin resistance and drought tolerance traits under drought in peanut. *Field Crop Res.* 117:258-264. (Impact Factor 2008 = 2.032)
- 4.) Girdthai, T., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, S. Wongkaew, C. Holbrook and A. Patanothai. 2010. Heritability of, and genotypic correlation between aflatoxin traits and physiological traits for drought tolerance under end of season drought in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Field Crop Res.* 118:169-176. (Impact Factor 2008 = 2.032)
- 5.) Htoon, W. S. Jogloy, B. Toomsan and J. Sanitchon. 2009. Response to Early drought for traits related to nitrogen fixation and their correlation to yield and drought tolerance traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Asian J. Plant Sci.* 8: 138-145. (ISI, no impact factor)
- 6.) Htoon, W. S. Jogloy, B. Toomsan and J. Sanitchon and A. Patanothai. 2009. Inheritance of traits related to biological nitrogen fixation and genotypic correlation of traits related to nitrogen fixation yield and drought tolerance in peanut. *Asian J. Plant Sci.* 8: 265-275. (ISI, no impact factor)
- 7.) Painawadee, M., S. Jogloy, T. Kesmala, C. Akkasaeng, and A. Patanothai. 2009. Heritability and correlation of drought resistance traits and agronomic traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Asian J. Plant Sci.* 8(5): 325-334. (ISI, no impact factor)
- 8.) Painawadee, M., S. Jogloy, T. Kesmala, C. Akkasaeng, and A. Patanothai. 2009. Identification of traits related to drought resistance in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Asian J. Plant Sci.* 8: 120-128. (ISI, no impact factor)

4.4 ผลงานที่ส่งไปยังวารสารวิชาการแล้ว รอการตอบรับตีพิมพ์ (3 เรื่อง)

- 1.) Girdthai, T., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, S. Wongkaew, C. Holbrook. and A. Patanothai. Heritability estimates of the physiological traits for drought tolerance and genotypic and phenotypic correlation with agronomic traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.) under terminal drought conditions. *Field Crop Res.* (Submitted)

- 2.) Puangbut, D., S. Jogloy, T. Kesmla, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai, N.R. Rachaputi and G.C. Wright. Heritability of early season drought-resistance traits and phenotypic and genotypic correlation of early season drought-resistance and agronomic traits in peanut. *Crop and Pasture Sci.* (Major revision)
- 3.) Jongrunklang, N., B. Toomsan, N. Voorasoot, S. Jogloy, K.J. Boote, G. Hoogenboom, And A. Patanothai. Root response of peanut genotypes with different yield Responses to peanut genotypes with different yield responses to pre-flowering drought stress. *Field Crop Res.* (Submitted)

4.5 ผลงานที่เตรียมต้นฉบับแล้ว รอการตรวจอ่านจากผู้ทรงคุณวุฒิ (3 เรื่อง)

- 1.) Boontang, S., N. Tantisuwichwang, S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vasoot, A. Patanothai, D. Hoisington and R.K. Varshney. Identification of SSR markers linked to specific leaf weight (SLW) and relative water content (RWC) under drought stress in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Euphytica*.
- 2.) Boontang, S., N. Tantisuwichwang, S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vasoot, A. Patanothai, D. Hoisington and R.K. Varshney. SSR-based detection of genetic variability among peanut lines different in specific leaf weight and relative water content. *Plant Breed.*
- 3.) Jongrunklang, N. B. Toomsan, N. Vorasoot, S. Jogloy, K.J. Boote, G. Hoogenboom, A. Patanothai. Classification Root Distribution Patterns and Its Contributions to Yield in Peanut Genotypes under Mid-Season Drought Stress. *Field Crop Res.*

4.6 การนำเสนอผลงานทางวิชาการในระดับชาติ จำนวน 15 เรื่อง

- 1.) Jongrunklang, N., B. Toomsan., N. Vorasoot., S. Jogloy., K.J. Boote and A. Patanothai. 2007. Root distribution patterns of peanut genotypes having different yield response to early drought stress. The 2007 technical meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Ubolrat Dam, Ubolrat, Khon Kaen 14-15 November 2007.
- 2.) Wunna. H. and S. Jogloy. 2007. Inheritance of traits related to biological nitrogen fixation and their correlation to drought tolerance traits in peanut under pre-flowering drought stress. The 2007 technical meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Ubolrat Dam, Ubolrat, Khon Kaen 14-15 November 2007.

- 3.) Pimratch. S., S. Jogloy, N. Vorasoot, B. Toomsan, T. Kesmla, A. Patanothai and C.C. Holbrook. 2007. Heritability of N₂ fixation traits, phenotypic and genotypic correlation between drought resistance traits and N₂ fixation traits in peanut under different water regimes. The 2007 technical meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Ubolrat Dam, Ubolrat, Khon Kaen 14-15 November 2007.
- 4.) Songsri. P., S. Jogloy, T. Kesmla, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai and C.C. Holbrook. 2007. Heritability of drought-resistance traits and genotypic and phenotypic correlation of drought-resistance and agronomic traits in peanut. The 2007 technical meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Ubolrat Dam, Ubolrat, Khon Kaen 14-15 November 2007.
- 5.) Painawadee. M., S. Jogloy and C. Akkasaeng. 2007. Response of peanut genotypes to drought stress and heritability of drought tolerance in peanut. The 2007 technical meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Ubolrat Dam, Ubolrat, Khon Kaen 14-15 November 2007.
- 6.) Jongrungklang, N. B. Toomsan, N. Vorasoot, S. Jogloy, K.J. Boote, G. Hoogenboom and A. Patanothai. Root responses of peanut genotypes with different yield responses to pre-flowering drought stress, Cha-am, Phetchaburi 21-22 November 2008.
- 7.) Wunna, H. S. Jogloy, B. Toomsan and J. Sanitchon. Response to early drought for traits related to nitrogen fixation and their correlation to drought tolerance traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.) Cha- am, Phetchaburi 21-22 November 2008.
- 8.) Boontang, S. S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vorasoot, A. Patanothai, D. Hoisington, R.K. Varshney and N. Tantisuwichwong. SSR linkage map for specific leaf weight and relative water content in peanut. Cha- am, Phetchaburi 21-22 November 2008.
- 9.) Painawadee, M. S. Jogloy, C. Akkasaeng, T. Kesmla and A. Patanothai. Identification of traits related to drought resistance in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Cha-am, Phetchaburi 21-22 November 2008.
- 10.) Girdthai, T. S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai and C.C. Holbrook. Heritability estimates of the physiological traits for terminal drought tolerance and genotypic and phenotypic correlation with agronomic traits of peanut (*Arachis hypogaea* L.). RGJ Seminar Series. Faculty of Agriculture. Khon Kaen University. 24 August 2009.

- 11.) Boontang, S. S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vorasoot, A. Patanothai, D. Hoisington, R.K.Varshney and N. Tantisuwichwong. SSR linkage map for specific leaf weight and relative water content in peanut (*Arachis hypogaea* L.) RGJ Seminar Series. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. 24 August 2009.
- 12.) Songsri, P. S. Jogloy, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai and C.C. Holbrook. Heritability of drought-resistance traits and genotypic and phenotypic correlation of drought-resistance and agronomic traits in peanut. RGJ Seminar Series. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. 24 August 2009.
- 13.) Painawadee, M. S. Jogloy, T. Kesmala, C. Akkasaeng and A. Patanothai. Heritability of drought resistance traits and agronomic traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.). RGJ Seminar Series. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. 24 August 2009.
- 14.) Girdthai, T., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, S. Wongkaew, C. Holbrook. and A. Patanothai. Heritability of, and genotypic correlation between, aflatoxin traits physiological traits for drought tolerance under end of season drought in peanut. The 2009 Technical Meeting of the Senior Research Scholars' Projects in Field Crops. Phumipol Dam Tak. 18-19 November 2009
- 15.) Boontang, S., N. Tantisuwichwang, S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vasoot,A. Patanothai, D.Hoisington and R.K. Varshney. SSR linkage map for specific leaf weight and relative water content in peanut (*Arachis hypogaea* L.) The 2009 Technical Meeting of the Senior Research Scholars' Projects in Field Crops. Phumipol Dam Tak.18-19 November 2009.

4.7 การนำเสนอผลงานทางวิชาการในระดับนานาชาติ จำนวน 4 เรื่อง

- 1.) Girdthai, T., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, S. Wongkaew, C. Holbrook. and A. Patanothai. Heritability estimates of the physiological traits for terminal drought drought tolerance and genotypic and phenotypic correlation with agronomic traits of peanut (*Arachis hypogaea* L.). The 3rd international conference on integrated approaches to improve crop production under drought-prone environments. 11-16 Oct. 2009. Shanghai, China.
- 2.) Jongrunklang, N., B. Toomsan, N. Vorasoot, S. Jogloy, K.J. Boote, G. Hoogenboom and A. Patanothai.2008. Genotypic Variation of Peanut Root Distribution Patterns. In: The International Seminar on Sustainable Agriculture Development in Responses to Global Climate Change, 6-7 June 2008, Sofitel Racha Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand.

- 3.) Pimratch, S., S. Jogloy, N. Vorasoot, B. Toomsan, T. Kesmala, A. Patanothai and C.C. Holbrook. Heritability of N₂ fixation traits, phenotypic and genotypic correlation between N₂ traits with drought resistance traits and yield in peanut under different water regimes. 2008. In: The International Seminar on Sustainable Agriculture Development in Responses to Global Climate Change, 6-7 June 2008, Sofitel Racha Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand.
- 4.) Jongrunklang, N., B. Toomsan, N. Vorasoot, S. Jogloy, K.J. Boote, G.Hoogenboom and A. Patanothai. 2010. Root distribution patterns of peanut genotype under mid-season drought. July 12-15, 2010. The 42nd annual meeting of the American Peanut Research and Education Society. Clearwater Beach Hilton, Clearwater Beach, Florida.

4.8 การเชื่อมโยงทางวิชาการกับนักวิชาการในสถาบันอื่น ๆ

- 1.) Professor Gerrit Hoogenboom แห่ง University of Georgia at Griffin รัฐ Georgia ประเทศสหรัฐอเมริกา ร่วมมือในงานวิจัยส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้ crop simulation model ในงานศึกษาเกี่ยวกับรากของถั่วลิสง
- 2.) Professor Ken Boote แห่ง University of Florida รัฐ Florida ประเทศสหรัฐอเมริกา ร่วมมือกันในด้านการใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชในงานศึกษาเกี่ยวกับราก
- 3.) Dr. Nageswara Rao แห่ง Department of Primary Industry and fisheries, State of Queensland, Australia ร่วมมือกันในงานวิจัยส่วนที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงเพื่อให้ทนแล้งและต้านทานต่อเชื้อราที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน
- 4.) Dr. R.K. Varshney แห่ง International Crops Research Institute for The Semi-arid Tropic (ICRISAT) ประเทศอินเดีย ได้ให้คำปรึกษานักศึกษาที่ทำการวิจัยในการพัฒนาโมเดลเครื่องหมายสำหรับลักษณะทนแล้งของถั่วลิสง
- 5.) Dr. C.C. Holbrook แห่ง USDA เมือง Tifton รัฐ Georgia ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำปรึกษาวิจัยแก่นักศึกษาที่ศึกษาการกระทบแล้งของถั่วลิสงในช่วงปลายของการเจริญเติบโตและการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินหลังจากการกระทบแล้ง
- 6.) Dr. R.S. Kanwa แห่ง Iowa State University รัฐ Iowa ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำปรึกษาแก่นักศึกษา ที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้น้ำของถั่วลิสง

5. เอกสารอ้างอิง

- Anderson, W. F., C. C. Holbrook, D. M. Wilson, and M. E. Matheron. 1995. Evaluation of preharvest aflatoxin contamination in several potentially resistant peanut genotypes. *Peanut Sci.* 22:29-32.
- Arunyanark, A., S. Jogloy, S. Wongkaew, C. Akkasaeng, N. Vorasoot, T. Kesmala, and A. Patanothai. 2010. Heritability of aflatoxin resistance traits and correlation of aflatoxin resistance and drought tolerance traits under drought conditions in peanut. *Field Crop Res.* 117:258-264.
- Arunyanark, A. S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vorasoot, R.C. Nageswara Rao, G.C. Wright and A. Patanothai. 2009. Association between aflatoxin contamination and drought tolerance traits in peanut. *Field Crops Res.* 114:14-22.
- Arunyanark, A., S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vorasoot, T. Kesmala, R.C. Nageswara Rao, G.C. Wright and A. Patanothai. 2008. Chlorophyll stability is an indicator of drought tolerance in peanut. *J. Agron. Crop Sci.* 19: 113-125.
- Asalatha M., P.V. Reddy, and D.V. Ramana Rao. 1999. Relationship of specific leaf area and carbon isotope discrimination with dry matter production and pod yield in groundnut genotype under moisture stress. *Indian J. Plant Physiol.* 4 (3) : 161-166.
- Blankenship, P.D., R.J. Cole and T.H. Sanders. 1985. Comparative susceptibility of four experimental peanut lines and the cultivar Florunner to preharvest aflatoxin contamination. *Peanut Sci.* 12:70-72.
- Collard B.C.Y., M.Z.Z. Jahufer, and E.C.K. Pang. 2005. An introduction to markers, quantitative trait loci (QTL) mapping and marker - assisted selection for crop improvement : The basic concept. *Euphytica* 142 : 169-196.
- Crafurd P.Q., T.R. Wheeler, R.H. Ellis, R.J. Summerfield, and J.H. Williams. 1999. Effect of temperature and water deficit on water - use efficiency, carbon isotope discrimination, and specific leaf area in peanut. *Crop Sci.* 39 : 136 -142.
- Cruickshank, A.L., A. Dowkiw, G.C. Wright, R.C. Nageswara Rao, and S.N. Nigam. 2004. Heritability of drought-resistance traits in peanut. In T. Fischer, N. Turner, J. Angus, L. McIntyre, M. Robertson, A. Borrell, and D. Lloyd (eds.), *New directions for a diverse planet. Proceedings for the 4th International Crop Science Congress.* 26 September - 1 October 2004. Brisbane, Australia.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt . 1992 . Calculation of crop water requirements. pp1-65. In *Crop water requirements.* FAO of the United Nation. Rome, Italy.

- Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics 4th ed. Longman. London, UK.
- Giller, K.E. 2001. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB International, Wallingford.
- Girdthai, T., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, S. Wongkaew, C. C. Holbrook, and A. Patanothai. 2010. Associations between physiological traits for drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut genotypes under terminal drought. *Plant Breed.* doi:10.1111/j.1439-0523.2009.01738.x.
- Holbrook, C. C., P. Ozias-Akins, P. Timper, D. M. Wilson, E. Cantonwine, B. Z. Guo, D. G. Sullivan, and W. Dong. 2008. Research from the coastal plain experiment station, Tifton, Georgia to minimize aflatoxin contamination in peanut. *Toxin Rev.* 27: 391-410.
- Holbrook C.C., and H.T. Stalker. 2003. Peanut breeding and genetic resources. *In* J. Jacknick (eds). *Plant Breed. Rev.* 22:297-356
- Holbrook, C.C., C.K. Kvien, K.S. Rucker, D.W. Wilson and J.E. Hook. 2000. Preharvest aflatoxin contamination in drought tolerant and intolerant peanut genotypes. *Peanut Sci.* 27:45-48.
- Holland, J.B., W.E. Nyquist, and C.T. Cervantes-Martinez. 2003. Estimating and interpreting heritability for plant breeding: an update. *Plant Breed. Rev.* 22: 21-12.
- Ibrahim, A.M.H., and J.S. Quick. 2001. Heritability of heat tolerance in winter and spring wheat. *Crop Sci.* 41: 1401-1405.
- Jogloy, S., R. M. Abilay, T. V. Lai, S. Z. Ramawas, Khomsao, T. Adisarwanto and A. Kasno. 1992. Groundnut Production and research in Southeast Asia. P 149-156 in *Groundnut – a global perspective : Proceeding of an international workshop, 25-29 Nov 1991.* ICRISAT, Patancheru A. P. 502 324, India
- Jongrunklang, N., B. Toomsan, N. Vorasoot, S. Jogloy, T. Kesmala and A. Patanothai. 2008. Identification of peanut genotypes with high water use efficiency under drought stress conditions from peanut germplasm of diverse origins. *Asian J. of Plant Sci.* 7: 628-638.
- Ketring, D.L., and J.L. Reid. 1993. Growth of peanut roots under field conditions. *Agron. J.* 85: 80-85.
- Kisyombe, C.T., M.K. Beute and G.A. Payne. 1985. Field evaluation of peanut genotypes for resistance to infection by *Aspergillus parasiticus*. *Peanut Sci.* 12:12-17.
- McDonagh, J.F., B. Toomsan, V. Limpinuntang and K.E. Giller, 1993. Estimates of the residual nitrogen benefit of groundnut to maize in Northeast Thailand. *Plant and Soil.* 154 : 267-277.
- Meisner, C. A., and K. J. Karnok, 1992. Peanut root response to drought stress. *Agron. J.* 84, 159 -165.

- Nageswara Rao, R. C., L.J. Reddy, V.K. Mehan, S.N. Nigam and D. McDonald. 1992. Drought research on groundnut at ICRISAT. In: S. N. Nigam, ed. Groundnut A Global Perspective.
- Nageswara Rao, R.C., H.S. Talwar and G.C. Wright. 2001. Rapid assessment of specific leaf area and leaf N in peanut (*Arachis hypogaea*. L) using chlorophyll meter. J. Agron. Crop Sci. 189:175-182.
- Nageswara Rao, R.C., S. Singh, M.V.K. Sivakumar, K.L. Srivastava and J.H. Williams. 1985. Effect of water deficit at different growth phase of peanut. I Yield response. Agron. J. 77: 782-786.
- Nautiyal P.C., R. Nageswara Rao, and Y.C. Joshi. 2002. Moisture deficit induced changes in leaf-water content leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. Field Crop Res. 74 : 67-79.
- Nautiyal , P. C. , V. Ravindra, P.V. Zala and Y.C. Joshi. 1999. Enhancement of yield in groundnut following the imposition of transient soil-moisture stress during the vegetative phase. Exp. Agric. 35: 371-385.
- Nigam, S.N., S. Chandra, K. Rupa Sridevi, A. Manoha Bhukta, G.S. Reddy, R.C. Nageswara Rao, G.C. Wright, P.V. Reddy, M.P. Deshmukh, R.K. Mathur, M.S. Basu, S. Vasundhara, P. Vindhiya Varman, and A.K. Nagda. 2005. Efficiency of physiological trait-based and empirical selection approaches for drought tolerance in groundnut. Ann. App. Biol. 146: 433-439.
- Pandey, P. K., W. A. T. Herrera, A. N. Villegas and J. W. Pendleton. 1984. Drought response of grain legumes under irrigation gradient: III. Plant growth. Agron. J. 76: 557-560. Proc. International Workshop, p. 455. ICRISAT Center, Andhra Pradesh, India, 25-29 November 1991.
- Puangbut, D., S. Jogloy, B. Toomsan, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, T. Kesmala, C.N. Rao Rachaputi, G.C. Wright, and A. Patanothai, 2010: Physiological basis for genotypic variation in tolerance to and recovery from pre-flowering drought in peanut. J. Agron Crop Sci. (In press.)
- Rachaputi, N. R., G. Wright and S. Krosch. 2002. Management practices to minimize pre-harvest aflatoxin contamination in Australia peanuts. Australian Journal of Experimental Agriculture. 42 : 595-605.
- Ramos, M.L.G., A.J. Gordon, F.R. Minchin, J.I. Sprent and R. Parsons. 1999. Effect of water stress on nodule physiology and biochemistry of a drought tolerant cultivar of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Annals of Botany. 83: 57-63.

- Reddy, T.Y., V.R. Reddy and V. Anbumozhi. 2003. Physiological responses of peanut (*Arachis hypogea* L.) to drought stress and its amelioration: a critical review. *Plant Growth Regulation*. 41, 75-88.
- Robertson, W. K., L.C. Hammond, J.T. Johnson and K.J. Boote. 1980. Effects of plant-water stress on root distribution of corn, soybeans, and peanuts in sandy soil. *Agron. J.* 72: 548-550.
- Roy R.C., D.P. Stonehouse, B. Francois, and D.M. Brown. 1988. Peanut response to imposed drought conditions in Southern Ontario. *Peanut Sci.* 15 : 85-89.
- Rucker, K. S., Kvien, C. K., Holbrook, C. C., Hook, J. E., 1995. Identification of peanut genotypes with improved drought avoidance traits. *Peanut Sci.* 21, 8.
- Sanders, T.H., R.J. Cole, P.D. Blankenship and R.A. Hill. 1985. Relation of environmental stress duration to *Aspergillus flavus* invasion and aflatoxin production in preharvest peanuts. *Peanut Sci.* 12: 90-93.
- Serraj, R., T.R. Sinclair and L.C. Purcell. 1999. Symbiotic N₂ fixation response to drought. *Journal of Experimental Botany*. 50: 143-155.
- Sheshshayee, M.S., H. Bindumadhava, N.R. Rachaputi, T.G. Prasad, M. Udayakumar, G.C. Wright, and S.N. Nigam. 2006. Leaf chlorophyll concentration relates to transpiration efficiency in peanut. *Ann. Appl. Biol.* 148: 7-15.
- Singh S., and M.B. Russell. 1981. Water use by maize pigeonpeas intercrop on a deep vertisol. In *Proc. International Workshop on Pigeonpeas*, vol 1, ICRISAT, Andhra Pradesh, India, pp.271-282.
- Singh, M., S. Ceccarelli, and J. Hamblin. 1993. Estimation of heritability from varietal trials data. *Theor. Appl. Genet.* 86: 437-441.
- Smith, J.D., and M.L. Kinman. 1965. The use of parent-offspring regression as an estimator of heritability. *Crop Sci.* 5:595-596.
- Songsri P., S. Jogloy, C.C. Holbrook, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, and A. Patanothai. 2009. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. *Agr. Water Manage.* 96 : 790-798.
- Songsri, P., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai and C.C. Holbrook. 2008a. Root distribution of drought-resistant peanut genotypes in response to drought. *J. Agron. Crop Sci.* 194: 92-103.

- Songsri, P., S. Jogloy, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai and C.C. Holbrook. 2008b. Heritability of drought-resistance traits and genotypic and phenotypic correlation of drought-resistance and agronomic traits in peanut. *Crop Sci.* 48:2245-2253.
- Songsri, P., S. Jogloy, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, A. Patanothai and C.C. Holbrook. 2008. Root distribution of drought-resistant peanut genotypes in response to drought. *J. Agron. Crop Sci.* 19: 92-103.
- Srichantawong, M., B. Toomsan, V. Limpinantang, G. Cadisch, S. Jogloy and A. Patanothai. 2005. Evaluation of groundnut stover management in legume rice rotation. *Biological Agriculture and Horticulture.* 23 : 29-44
- Stalker H.T., and L.G. Mazingo. 2001. Molecular markers of *Arachis* and marker assisted selection. *Peanut Sci.* 28 : 117-123.
- UK. Holland, J.B. 2001. Epistasis and plant breeding. *Plant Breed. Rev.* 21: 27-92.
- Upadhyaya H.D. 2005. Variability for drought resistance related traits in the mini core collection of peanut. *Crop Sci.* 45: 1432-1440.
- Upadhyaya H.D., P.J. Bramel, R. Ortiz, and S. Singh. 2005. Developing a mini core of peanut for utilization of genetic resources. *Crop Sci.* 42 : 2150-2156.
- Vorasoot, N., P. Songsri, C. Akkasaeng, S. Jogloy and A. Patanothai. 2003. Effect of water stress on yield and agronomic characters of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Songklanakarin J.Sci. Technol.* 25: 283-288.
- Wright, G.C., R.C. Nageswara Rao and G.D. Farguher. 1994. Water-use efficiency and carbon isotope discrimination in peanut under water deficit conditions. *Crop Sci.* 34: 92-97.
- Wright G.C., R.C. Nageswara Rao, and M.S. Basu. 1996. A physiological approach to the understanding of genotype by environment interactions-A case study on improvement of drought adaptation in groundnut. p. 365-380. *In* M. Cooper, and G.L. Hammer, eds. *Plant Adaptation and crop improvement.* CAB International, Wallingford.
- Wright, G.C. and R.C. Nageswara Rao. 1994. Groundnut water relation. pp 281-325. *In* J. Smartt (ed). *The groundnut crop.* Chapman and Hall. London.
- Wunna, H., S. Jogloy, B. Toomsan, and J. Sanitchon. 2009. Response to early drought for traits related to nitrogen fixation and their correlation to yield and drought tolerance traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Asian J. of Plant Sci.* 8: 138-145.