

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



E42111



ROOT DISTRIBUTION PATTERNS AND RESPONSES
OF PEANUT GENOTYPES (*Arachis hypogaea* L.)
TO DROUGHT STRESS

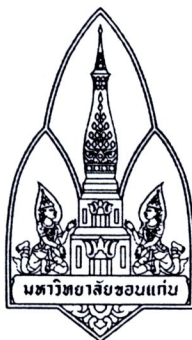
MR. NUNTAWOOT JONGRUNGLANG

A THESIS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
KHON KAEN UNIVERSITY

2011

600256204

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



**ROOT DISTRIBUTION PATTERNS AND RESPONSES
OF PEANUT GENOTYPES (*Arachis hypogaea* L.)
TO DROUGHT STRESS**



MR. NUNTAWOOT JONGRUNGKLANG

**A THESIS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
KHON KAEN UNIVERSITY**

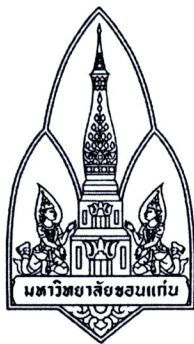
2011

**ROOT DISTRIBUTION PATTERNS AND RESPONSES
OF PEANUT GENOTYPES (*Arachis hypogaea* L.)
TO DROUGHT STRESS**

MR. NUNTAWOOT JONGRUNGLANG

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF DOCTOR
OF PHILOSOPHY IN AGRONOMY
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY**

2011



THESIS APPROVAL
KHON KAEN UNIVERSITY
FOR
DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN AGRONOMY

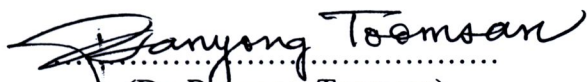
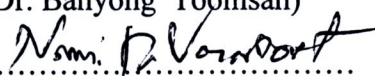
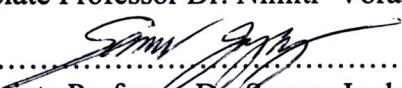
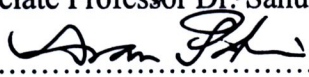
Thesis Title: Root distribution patterns and responses of peanut genotypes (*Arachis hypogaea* L.) to drought stress


Author: Mr. Nuntawoot Jongrunklang

Thesis Examination Committee:


Associate Professor Dr. Chutipong Akkasaeng	Chairperson
Dr. Banyong Toomsan	Member
Associate Professor Dr. Nimitr Vorasoot	Member
Associate Professor Dr. Sanun Jogloy	Member
Professor Dr. Aran Patanothai	Member
Dr. Boonrat Jongdee	Member

Thesis Advisors:

 (Dr. Banyong Toomsan)	Advisor
 (Associate Professor Dr. Nimitr Vorasoot)	Co-Advisor
 (Associate Professor Dr. Sanun Jogloy)	Co-Advisor
 (Professor Dr. Aran Patanothai)	Co-Advisor


.....
(Associate Professor Dr. Lampang Manmart)

Dean, Graduate School


.....
(Associate Professor Dr. Anan Polthanee)

Dean, Faculty of Agriculture

นันทวุฒิ จงรังกลาง. 2554. **รูปแบบการกระจายตัวและการตอบสนองของรากถั่วลิสงต่อสภาวะแห้งแล้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: อ. ดร. บรรยง ทุมแสน,
รศ. ดร. นิมิตร วรสุต,
รศ. ดร. สนั่น จอกลอย,
ศ. ดร. อารันต์ พัฒโนทัย

บทคัดย่อ

E42111

สภาวะแห้งแล้งส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของถั่วลิสง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถั่วลิสงที่ปลูกแบบอาศัยน้ำฝนในเขตร้อนกึ่งแห้งแล้ง ซึ่งความแห้งแล้งเป็นปัจจัยที่จำกัดการให้ผลผลิต เนื่องจากการกระจายตัวของฝนมีความแปรปรวนสูงและปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอ ถึงแม้ว่าถั่วลิสงที่กระทบแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโตหรือช่วงเริ่มออกดอก อาจไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และบางครั้งอาจทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่การกระทบแล้งในช่วงการสร้างฝักและเมล็ดของถั่วลิสง ทำให้ผลผลิตถั่วลิสงลดลงได้อย่างมาก ดังนั้น ปัญหาความแห้งแล้งจึงเป็นปัญหาที่สำคัญในการผลิตถั่วลิสงทั่วโลก การใช้พันธุ์ถั่วลิสงทนแล้งจะเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวในการผลิตถั่วลิสงได้

ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะทนแล้งของถั่วลิสง เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงเพื่อให้ทนแล้ง เช่นเดียวกับการพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการประเมินลักษณะทนแล้ง ประสิทธิภาพการใช้น้ำของถั่วลิสง (water use efficiency; WUE) อาจจะเป็นลักษณะหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ทนแล้ง เพราะ WUE เป็นลักษณะที่แสดงถึงปริมาณน้ำหนักแห้งต่อหนึ่งหน่วยของน้ำใช้ นอกจากนี้ รากของถั่วลิสงเป็นลักษณะที่มีความเกี่ยวข้องกับการตอบสนองของผลผลิตถั่วลิสงในสภาพแล้ง ซึ่งอาจจะสามารถอธิบายกลไกการตอบสนองของผลผลิตถั่วลิสงในสภาพแล้งได้ ความเข้าใจในลักษณะทนแล้งดังกล่าวนี้ จะช่วยให้การปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงเพื่อให้มีความทนทานต่อสภาพแล้งมีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อหาพันธุ์ทนแล้งในเชื้อพันธุ์กรรมของถั่วลิสงชุดหนึ่งที่รวบรวมไว้ และหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทนแล้งต่างๆ 2) เพื่อศึกษาการตอบสนองของน้ำหนักรากแห้ง และความหนาแน่นราก (root length density; RLD) ของถั่วลิสงเมื่อกระทบแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโต และศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะรากเหล่านี้กับผลผลิตในสภาพแล้งดังกล่าว 3) เพื่อจำแนกรูปแบบการกระจายตัวของรากถั่วลิสงและความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของรากกับ

E 42111

ผลผลิตในสภาพแล้งช่วงกลางของการเจริญเติบโต 4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการ Generalized Likelihood Uncertainty Estimation (GLUE) กับ Genotype Coefficient Calculator (GENCALC) และ manual ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงเพื่อใช้ในแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut model

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยการศึกษาทั้งหมดสี่ส่วน ในส่วนแรกของการศึกษาเกี่ยวข้องกับการระบุพันธุ์ที่มีค่า WUE สูงภายใต้สภาพแล้งจากเชื้อพันธุกรรมของถั่วลิสงที่มีแหล่งกำเนิดแตกต่างกัน โดยงานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของความแห้งแล้งที่มีต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมด ผลผลิตฝัก WUE ดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index; HI) SPAD Chlorophyll Meter Readings (SCMR) พื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area; SLA) และอุณหภูมิพุ่มใบ (canopy temperature) 2) ระบุพันธุ์ทนแล้งในเชื้อพันธุกรรมถั่วลิสงชุดหนึ่งที่รวบรวมไว้ และ 3) หาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทนแล้งดังกล่าว การทดลองนี้ทำในสภาพไร่ ในฤดูแล้ง ช่วงเดือน ธันวาคม 2548 ถึง มีนาคม 2549 วางแผนงานทดลองแบบ strip plot design มี 4 ซ้ำ โดยปัจจัยหลักคือระดับความชื้นดิน 4 ระดับ ได้แก่ รักษา ระดับความชื้นดินที่ความจุสนาม (field capacity; FC) ระดับความชื้นดินลดลง 25 เปอร์เซ็นต์จาก FC ระดับความชื้นดินลดลง 40 เปอร์เซ็นต์จาก FC และระดับความชื้นดินลดลง 60 เปอร์เซ็นต์จาก FC ส่วนปัจจัยย่อยคือถั่วลิสง 60 สายพันธุ์ ทำการตรวจวัดลักษณะน้ำหนักแห้งทั้งหมด น้ำหนักแห้งฝัก และ SLA ที่อายุเก็บเกี่ยว ส่วนลักษณะ SCMR และ อุณหภูมิพุ่มใบ ทำการตรวจวัดที่อายุ 30 60 และ 90 วันหลังออก และคำนวณหาค่า WUE โดยใช้ข้อมูลน้ำหนักแห้งทั้งหมดและปริมาณน้ำใช้ และ HI คำนวณจากข้อมูลน้ำหนักแห้งฝักและน้ำหนักแห้งทั้งหมด ผลการทดลองพบว่า ลักษณะน้ำหนักแห้งทั้งหมด น้ำหนักแห้งฝัก HI WUE และ SLA มีค่าลดลง เมื่อเกิดการขาดน้ำ แต่ในทางกลับกันลักษณะ SCMR และ อุณหภูมิพุ่มใบกลับมีค่าเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะ WUE มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะ SCMR ในสภาพที่ขาดน้ำ ดังนั้นลักษณะ SCMR สามารถนำมาใช้เป็นลักษณะในการคัดเลือกพันธุ์ถั่วลิสงทนแล้งได้ และจากเชื้อพันธุกรรมถั่วลิสงในการทดลองนี้ พบว่าสายพันธุ์ Tifton-8, 14 PI 430238 และ 205 PI 442925 ที่มีค่า WUE สูงในทุกสภาวะที่ขาดน้ำ ส่วนพันธุ์ KK 60-3 และ 101 PI 268659 มีค่า WUE สูง เฉพาะในสภาวะที่ขาดน้ำอย่างรุนแรง ซึ่งสายพันธุ์เหล่านี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงทนแล้งในอนาคตได้

ในส่วนที่สองของการศึกษา เป็นการศึกษาลักษณะรากของถั่วลิสงพันธุ์ที่มีการตอบสนองของผลผลิตแตกต่างกัน เมื่อถั่วลิสงกระทบแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโต งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาน้ำหนักแห้งรากและ RLD ของถั่วลิสงพันธุ์ที่มีการตอบสนองของผลผลิตแตกต่างกันเมื่อถั่วลิสงกระทบแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโต และหาความสัมพันธ์ของลักษณะรากดังกล่าวกับผลผลิต ทำการทดลองในสภาพไร่ 2 ฤดู ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ถึง กรกฎาคม

E 42111

2550 และ ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ถึง กรกฎาคม 2551 วางแผนงานทดลองแบบ split plot design in randomized complete block มี 4 ซ้ำ โดยปัจจัยหลักคือการให้น้ำ 2 ระดับ คือ ไม่ขาดน้ำ (ควบคุมระดับความชื้นที่ FC ตลอดวงจรชีวิตของถั่วลิสง) และขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต ส่วนปัจจัยที่สองคือถั่วลิสง 6 พันธุ์ ทำการตรวจวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมด น้ำหนักรากแห้ง และ RLD เมื่อถั่วลิสงอายุ 25 วันหลังงอก ที่ระยะพัฒนาการเมล็ดแรก (R5) และที่ระยะพัฒนาการเริ่มสุกแก่ (R7) ที่อายุเก็บเกี่ยวทำการตรวจวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมด น้ำหนักแห้งฝัก และคำนวณ HI จากน้ำหนักแห้งฝักต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมด พบว่าถั่วลิสงที่นำมาศึกษาในการทดลองนี้ สามารถแบ่งกลุ่มตามการตอบสนองของผลผลิตเมื่อกระทบแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโตได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มผลผลิตเพิ่มผลผลิตลด และผลผลิตไม่ตอบสนองต่อสภาพการขาดน้ำ ในกลุ่มที่ผลผลิตเพิ่มเมื่อกระทบแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโตนั้น มีน้ำหนักแห้งรากและ RLD ที่เจริญในดินชั้นลึกในระหว่างที่ขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับถั่วลิสงที่ไม่ขาดน้ำ ส่วนในกลุ่มที่ไม่มีการตอบสนองของผลผลิตไม่มีการตอบสนองทางด้านลักษณะราก นอกจากนี้ยังพบว่า ถั่วลิสงที่มีระบบรากใหญ่เพียงอย่างเดียวโดยปราศจากการกระจายตัวของรากที่ดีนั้น ไม่ได้ช่วยอะไรมากต่อการให้ผลผลิตของถั่วลิสง แต่การมี RLD ในดินชั้นลึกมากขึ้น ทำให้ถั่วลิสงหาน้ำในดินชั้นลึกได้มากขึ้น และส่งผลต่อการให้ผลผลิตของถั่วลิสงในสภาพแล้งได้

ในส่วนที่สามของการศึกษา มุ่งที่จะจำแนกรูปแบบการกระจายตัวของรากถั่วลิสง และศึกษาความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของรากกับผลผลิตของถั่วลิสงภายใต้สภาพแล้งในช่วงกลางของการเจริญเติบโต ทำการทดลองในช่วงฤดูแล้งปี 2551 และ 2552 โดยใช้ถั่วลิสง 40 สายพันธุ์ที่มีระดับความทนทานต่อความแห้งแล้งและมีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกันมาศึกษา วางแผนงานทดลองแบบ randomized complete block design มี 4 ซ้ำ การให้น้ำในงานทดลองนี้พยายามจำลองการขาดน้ำในช่วงกลางของการเจริญเติบโตของถั่วลิสง โดยทำการงดให้น้ำทุกแปลงทดลองประมาณ 30 วันในช่วงกลางของการเจริญเติบโต กล่าวคือในปีแรก (2551) ทำการงดให้น้ำ ตั้งแต่ถั่วลิสงอายุ 50 ถึง 83 วันหลังปลูก ส่วนในปีที่สอง (2552) งดให้น้ำ ตั้งแต่ถั่วลิสงอายุ 50 ถึง 87 วันหลังปลูก ทำการตรวจวัดข้อมูลน้ำหนักแห้งต้นเมื่อวันสุดท้ายทั้งดึให้น้ำ และที่อายุเก็บเกี่ยว ข้อมูลรากตรวจวัดในวันสุดท้ายทั้งดึให้น้ำ ด้วยวิธีการ Auger ที่ความลึก 90 เซนติเมตร และทำการแบ่งตัวอย่างดินเป็น 3 ชั้นตามความลึกของชั้นดิน คือ ดินชั้นบน (ลึก 0-30 เซนติเมตร) ดินชั้นกลาง (ลึก 30-60 เซนติเมตร) และดินชั้นล่าง (ลึก 60-90 เซนติเมตร) จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นราก (%RLD) จากค่า RLD ของทั้งสามชั้นดินในถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ ผลผลิตฝักแห้งตรวจวัดที่อายุเก็บเกี่ยว และคำนวณดัชนีเก็บเกี่ยวฝัก (pod harvest index; PHI) จากน้ำหนักแห้งฝักต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมด ทำการจำแนกถั่วลิสงทั้ง 40 สายพันธุ์ออกเป็น 6 กลุ่ม โดยอาศัยค่าเฉลี่ยของ %RLD ในดินแต่ละชั้น

E 42111

คือ %RLD ในดินชั้นล่างมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตสูงทั้งสองฤดู ซึ่งให้เห็นว่า %RLD ที่ดินชั้นล่างเป็นลักษณะสำคัญลักษณะหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อทำให้ผลผลิตในสภาพแล้งในช่วงกลางของการเจริญเติบโต แต่กลับพบว่า %RLD ในดินชั้นบนมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิต แต่เป็นเพียงแค่หนึ่งฤดู ส่วน %RLD ในดินชั้นกลางนั้น ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับผลผลิต ผลการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า PHI ก็เป็นลักษณะสำคัญลักษณะหนึ่ง ที่เกี่ยวข้องกับการรักษาผลผลิตในสภาพแล้งในช่วงกลางของการเจริญเติบโต

การศึกษาในส่วนที่สี่ ทำการศึกษาวิธีการอัตโนมัติที่ใช้สำหรับประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงเพื่อใช้ในแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut model โดยการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการ GLUE กับ GENCALC และ manual ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงเพื่อใช้ในแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut model โดยทั้งสามวิธีการได้ใช้ข้อมูลจากการทดลองในสภาพไร่ 2 การทดลอง ของถั่วลิสง 6 พันธุ์ที่ปลูกในสภาพที่ไม่ขาดน้ำ มาใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม ทำการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้จากทั้งสามวิธีการ ด้วยข้อมูลผลผลิตฝักและน้ำหนักแห้งทั้งหมดที่อายุเก็บเกี่ยวของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ทั้ง 4 ฤดู และข้อมูลน้ำหนักแห้งทั้งหมดระหว่างการเจริญเติบโตในแต่ละฤดูพบว่าทุกวิธีการ มีประสิทธิภาพสูงในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมในแง่ของระยะพัฒนาการ ส่วนข้อมูลผลผลิตฝักและน้ำหนักแห้งทั้งหมดที่อายุเก็บเกี่ยว พบว่ามีค่าความสอดคล้องที่ีระหว่างค่าสังเกตกับค่าทำนายจากแบบจำลอง เห็นได้จากค่า normalized root mean square error (RMSEn) ที่ต่ำ ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้จากทั้งสามวิธีการ ยังให้ค่าการทำนายที่ดีทั้งในลักษณะระยะพัฒนาการ และค่อนข้างดีสำหรับการทำนายการเจริญเติบโตเมื่อเทียบกับชุดข้อมูลอิสระ โดยพิจารณาจากค่า agreement index (d) ที่สูง และค่า RMSEn ที่ต่ำ ทั้งในข้อมูลที่อายุเก็บเกี่ยวและระหว่างการเจริญเติบโต วิธีการ GLUE มีศักยภาพในการประมาณสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมได้ไม่แตกต่างกับวิธี GENCALC และ manual ดังนั้น GLUE สามารถใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมเพื่อใช้ใน CSM-CROPGRO-Peanut model ได้

Nuntawoot Jongrungklang. 2011. *Root Distribution Patterns and Responses of Peanut Genotypes (Arachis hypogaea L.) to Drought Stress*. Doctor of Philosophy Thesis in Agronomy, Graduate School, Khon Kaen University.

Thesis Advisors: Dr. Banyong Toomsan,
Associate Professor Dr. Nimitr Vorasoot,
Associate Professor Dr. Sanun Jogloy,
Professor Dr. Aran Patanothai

ABSTRACT

E 42111

Drought is severely detrimental to growth and yield of peanut, especially when the crop is grown under rain-fed conditions in the semi-arid tropics where drought is a major production constraint because of erratic and insufficient rainfall. Although water stress during the vegetative is not detrimental and sometimes actually increases yield, drought during pod and seed forming can significantly reduce pod yield. Thus, drought is a major problem for peanut production in the world. A strategy for alleviating this problem is using drought resistance genotypes.

Understanding drought resistant traits is important for breeding for drought resistance, as is the development of a tool for helping drought resistant evaluation. Water use efficiency (WUE) might be suitable for use as a selection criterion for drought resistance, as it indicates the amount of total biomass produced per unit of water use. Root traits are also related to the responses of peanut yield to water stress and it might explain mechanisms of yield response under drought stress conditions. A better understanding on these drought resistance traits will facilitate the progress in breeding of peanut for drought resistance. Hence the objectives of this research were i) to identify drought resistant peanut genotypes from a collection of peanut germplasm and establish the relationships among drought resistant traits, ii) to investigate the responses of root dry weight and root length density (RLD) of peanut genotypes to pre-flowering drought stress and their relationships with pod yield, iii) to classify root distribution patterns and their contributions to peanut yield under mid-season drought, and iv) to compare the capability of Generalized Likelihood Uncertainty Estimation (GLUE) with Genotype Coefficient Calculator (GENCALC)

and manual calibration in estimating cultivar coefficients of peanut lines for use with the CSM-CROPGRO-Peanut model.

This thesis consists of four parts. The first part is related to the identification of peanut genotypes with high water use efficiency under drought stress conditions from peanut germplasm of diverse origins. The aims of this study were to (i) investigate the effect of drought stress on total dry matter (TDM), pod yield, WUE, harvest index (HI), SPAD Chlorophyll Meter Readings (SCMR), specific leaf area (SLA) and canopy temperature, (ii) identify drought resistant peanut genotypes from a collection of peanut germplasm and (iii) establish the relationships among drought resistant traits. A field experiment was conducted in the dry season during November 2005 to March 2006. A strip plot design with four replications was used. Main plots consisted of four soil moisture levels (field capacity (FC), 25, 40 and 60 % reduction of amount of water regimes in FC), and 60 peanut genotypes were assigned in sub-plots. TDM, pod yield and SLA were measured at harvest. SCMR and canopy temperature were recorded at 30, 60 and 90 day after emergence. WUE was calculated from amount of water input and TDM. HI was computed from pod yield and TDM. The results showed that drought reduced TDM, pod dry weight, HI, WUE and SLA, but increased SCMR and canopy temperature. WUE was positively correlated with SCMR under water limit conditions. Thus, SCMR could be used as a selection criterion for drought tolerance. In this set of genotypes, Tifton-8, 14 PI 430238 and 205 PI 442925 were identified as the genotypes with high WUE in all drought levels. KK 60-3, 101 PI 268659 had high WUE in severe drought conditions only. These genotypes are useful for future breeding of peanut for drought tolerance.

The second part studied rooting traits of peanut genotypes with different yield responses to pre-flowering drought stress. The aim of this study was to investigate the root dry weight and root length density of peanut genotypes with different yield responses to pre-flowering drought stress and their relationships with pod yield. Field experiment was conducted for two years during February to July, 2007 and during February to July, 2009. A split-plot experiment in a randomized complete block design with four replications was used. Two water management treatments were assigned in main plots, i.e. field capacity and pre-flowering stress, and six peanut genotypes were arranged in sub-plots. Total crop dry matter, root dry weight and root

E 42111

length density were recorded at 25 DAE, R5 and R7. Top dry weight and pod yield were measured at harvest and pod harvest index (PHI) was computed from pod yield and biomass. Peanut genotypes were categorized into three groups based on their responses to drought for pod yield, e.g. increasing, decreasing and non-responsive groups. The group with increasing pod yield had higher root dry weight and root length density in the deeper soil layers during pre-flowering stress compared to under non-stress treatment. The non-responsive group did not respond to pre-flowering drought conditions for root traits. A larger root system alone without considering distribution did not contribute much to pod yield, but a higher RLD at deeper layers allowed plants to mine more available water in the sub-soil, resulting in higher yield under drought stress condition.

The third part is aimed to classification of root distribution patterns and to determine their contributions to yield in peanut genotypes under mid-season drought stress. Forty peanut genotypes with different drought tolerant levels and different sources of origin were evaluated during the dry seasons of 2007 and 2008. A randomized complete block design with four replications was used in both years. All plots were well-irrigated except for a period of about 30 days when water was withheld from 50 to 83 days after planting (DAP) during the first season and from 50 to 87 DAP during the second season to mimic a mid-season drought. Top dry weight was observed at the most water-stressed date and at harvest, whereas root data were measured at the most water-stressed date using the auger method. The soil was sampled to a depth of 90 cm and separated into the upper (0 to 30 cm), middle (30 to 60 cm) and deeper (60 to 90 cm) soil layers. For each peanut genotype, the relative contribution to each layer was calculated and defined as root length density percentage (%RLD). Pod yield was observed at final harvest and PHI was calculated as pod dry weight per unit of total biomass. The forty peanut genotypes were categorized as either high or low %RLD depending on the mean of %RLD in each layer for the three soil layers. These peanut genotypes were then categorized into six combinative groups, based on the high vs. low %RLD for each of the three layers. The relationship between %RLD in the lower soil layer and yield was significant and positive for both seasons, indicating that %RLD in the lower layer is an important trait that affects pod yield under mid-season drought conditions. There was a negative

E₄₂₁₁₁

relationship to %RLD in the upper layer in one season and no relationship to %RLD in the middle soil layer for both seasons. The results from this study also indicated that PHI is another important trait associated with maintaining pod yield under mid-season drought.

The forth part investigated automatic calibration of cultivar coefficients of peanut genotypes for use with the CSM-CROPGRO-Peanut model. The objective of this investigation was to compare the capability of GLUE with GENCALC and manual calibration in estimating cultivar coefficients of peanut lines for use with the CSM-CROPGRO-Peanut model. Two field data sets of six peanut genotypes grown under non-stress conditions were used for calibrating their cultivar coefficients using GLUE, GENCALC and manual calibration. The derived cultivar coefficients from three methods were used to simulate final yield and biomass of each genotype in four seasons, and also simulate in-season growth of biomass for the individual seasons. All calibration methods were efficient in calibrating the cultivar coefficients for phenological development. Good agreements between observed and simulated values were shown for final biomass and final pod yield as indicated by low values of normalized root mean square error (RMSEn). The derived cultivar coefficients from all three methods were effective in predicting all development traits measured in an independent experiment and the prediction power was fairly well for plant growth characteristics as judged by high values of the agreement index (*d*) and low values of RMSEn for both end-season and in-seasons data sets. Automatic calibration of cultivar coefficients of peanut lines by GLUE from typical data that are collected in the standard crop performance trials is as effective as automatic calibration by GENCALC and manual calibration. GLUE, thus, can be used to derive the cultivar coefficients for use in the CSM-CROPGRO-Peanut model.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my deep gratitude to all people who have supported and inspired my work until this research is accomplished. Firstly, I wish to express my major advisor, Dr. Banyong Toomsan, for his kind help, concern and endless support during my research study. I would like to thank my thesis committee: Associate Professor Dr. Sanun Jogloy, Associate Professor Dr. Nimitr Vorasoot and Professor Dr. Aran Patanothai for their valuable and excellent guidance, and helpful advices and suggestions. I would also like to thank my oversea co-advisors Dr. Kenneth J. Boote and Dr. Gerrit Hoogenboom for critical review of the manuscripts of papers for journal publication and guidance during my stay at University of Florida, Florida and University of Georgia, Georgia, USA.

I gratefully acknowledge Dr. Viboon Pensuk (Ratchapat Udonthanee University) for providing a porometer for measuring transpiration. Very thankful acknowledgement is given to Mrs. Wilavan Tula, Mr. Thawan Kesmala, Dr. Patcharin Songsri, Dr. Darunee Puangbut, Dr. Teerayoot Girdthai, Dr. Anuruck Arunyanark, Dr. Sumran Pimratch, Dr. Nattawut Singkham, Mr. Chaiwat Jogloy for their valuable advice and assistance in data collection. I thank the work of many people in field data collection and processing. Special thanks are also extended to Dr. Jakarat Anothai for his kindly help during my stay at Georgia, USA.

Grateful acknowledgement are also made to the Thailand Research Fund for financial supports through the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program (Grant no. PHD/0025/2548), the Senior Research Scholar Project of Professor Dr. Aran Patanothai, The Office of the Higher Education Commission (Thailand), and the Basic Research for Supporting Groundnut Varietal Improvement for Drought Tolerance Project. Assistance was also received from the Peanut Improvement Project, Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University.

Finally, I would like to thank my family for their unconditional love, support and help.

Nuntawoot Jongrungklang

TABLE OF CONTENTS

	Page
ABSTRACT (IN THAI)	i
ABSTRACT (IN ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGEMENT	ix
LIST OF TABLES	xi
LIST OF FIGURES	xvi
LIST OF ABBREVIATIONS	xix
CHAPTER I INTRODUCTION	1
CHAPTER II LITERATURE REVIEWS	5
CHAPTER III IDENTIFICATION OF PEANUT GENOTYPES WITH HIGH WATER USE EFFICIENCY UNDER DROUGHT STRESS CONDITIONS FROM PEANUT GERMPLASM OF DIVERSE ORIGINS	27
CHAPTER IV ROOTING TRAITS OF PEANUT GENOTYPES WITH DIFFERENT YIELD RESPONSES TO PRE-FLOWERING DROUGHT STRESS	51
CHAPTER V CLASSIFICATION OF ROOT DISTRIBUTION PATTERNS AND THEIR CONTRIBUTIONS TO YIELD IN PLANT GENOTYPES UNDER MID-SEASON DROUGHT STRESS	76
CHAPTER VI AUTOMATIC CALIBRATION OF CULTIVAR COEFFICIENTS OF PEANUT LINES FOR USE WITH THE CSM-CROPGRO-PEANUT MODEL	100
CHAPTER VII GENERAL DISCUSSIN AND CONCLUSION	126
REFERENCES	131

LIST OF TABLES

	Page
 CHAPTER III	
Table 1 Sixty peanut genotypes diverse in source countries	30
Table 2 Mean square of total dry matter (TDM), pod yield, harvest index (HI), water use efficiency (WUE) and specific leaf area (SLA) at harvest; SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) and canopy temperature (CT) at 30, 60 and 90 day after emergence (DAE)	38
Table 3 Means and reduction percentage on total dry matter (TDM), pod yield, harvest index (HI), water use efficiency (WUE) and specific leaf area (SLA) at harvest; SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) at 60 day after emergence (DAE) and canopy temperature (CT) at 90 DAE	38
Table 4 Means for total dry matter (TDM), pod yield, harvest index (HI) and water use efficiency (WUE) in 4 water treatment of selected peanut genotypes	41
Table 5 Means for SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) at 60 day after emergence (DAE), canopy temperature (CT) at 90 DAE in 4 water treatment of selected peanut genotypes	43
Table 6 Relationships between water use efficiency (WUE) and total dry matter (TDM), pod yield, harvest index (HI) in 4 water treatments	45
Table 7 Relationships between water use efficiency (WUE) and SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) at 60 day after emergence (DAE), canopy temperature (CT) at 90 DAE specific leaf area (SLA) at harvest in 4 water treatments	45

LIST OF TABLES (Cont.)

	Page
 CHAPTER IV	
Table 1 Soil moisture percentage (%) at 25 day after emergence (DAE), 30 DAE, 50 DAE and harvest under well-watered (FC) and pre-flowering drought (PFD) experiments conducted at the Field Crop Research Station of Khon Kaen University, Thailand during February-June 2007 (season 1) and in 2009 (season 2)	57
Table 2 Pod dry weight (kg/ha) and pod harvest index (PHI) of six peanut genotypes grown under well-watered (FC) and pre-flowering drought (PFD) experiments conducted at the Field Crop Research Station of Khon Kaen University, Thailand during February-June 2007 (season 1) and in 2009 (season 2)	62
Table 3 Biomass (kg/ha) of six peanut genotypes grown under well-watered (FC) and pre-flowering drought (PFD), measured at 25 day after emergence (DAE), first seed (R5; 53-59 DAE) and beginning maturity (R7; 79-91 DAE) at the Field Crop Research Station of Khon Kaen University, Thailand during February-June 2007 (season 1) and in 2009 (season 2)	65
Table 4 Root dry weight (RDW), root shoot ratio (R/S ratio) and root length density (RLD) in deeper soil layer (30-90 cm) at inter-row position at 25 day after emergence (DAE) of six peanut genotypes grown under well-watered (FC) and pre-flowering drought (PFD) at the Field Crop Research Station of Khon Kaen University, Thailand during February-June 2007 (season 1) and in 2009 (season 2)	69
 CHAPTER V	
Table 1 Source of origin and drought tolerant level for the 40 peanut genotypes that were used in this study	79

LIST OF TABLES (Cont.)

	Page
Table 2 The range of root length density percentage (%RLD) for high and low groups for three layers as upper, middle and lower layers in season1 (December 2007- May 2008) and in season 2 (November 2008- April 2009) at Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand	86
Table 3 Classification of 33 peanut genotypes for six root distribution patterns from the experiment conducting during December 2007- May 2008 and during November 2008- April 2009 at Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand	87
Table 4 Pod yield (PY), top dry weight at 83 days after sowing (TDW at 83 DAS), top dry weight at harvest (TDW at harvest) and pod harvest index (PHI) of peanut genotypes evaluated during December 2007-May 2008 at Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand	90
Table 5 Pod yield (PY), top dry weight at 87 days after sowing (TDW at 87 DAS), top dry weight at harvest (TDW at harvest) and pod harvest index (PHI) of peanut genotypes evaluated during November 2008-April 2009 at Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand	91
Table 6 Correlation coefficients (r) (n = 40) between top dry weight (TDW) at 83 DAS, TDW at harvest, pod harvest index (PHI) and pod yield (PY) in season1 (December 2007- May 2008) and TDW at 87 DAS, TDW at harvest, PHI and PY in season 2 (November 2008- April 2009) at Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand	93

LIST OF TABLES (Cont.)

	Page
Table 7 Correlation coefficients (r) ($n = 40$) between top dry weight (TDW) at 83 or 87 DAS, TDW at harvest, pod harvest index (PHI) and % root length density (%RLD) for three layers as upper middle and lower in season1 (December 2007- May 2008) and season 2 (November 2008-April 2009) at Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand	95
CHAPTER VI	
Table 1 Cultivar coefficients of the CSM-CROPGRO-Peanut model	105
Table 2 Observed and simulated values, ratio of observed and simulated values, mean of observed minus simulated values and the normalized root mean square error (RMSEn) for phenological characters of the individual peanut genotypes in model calibration by the three calibration methods	111
Table 3 Observed and simulated values, ratio of observed and simulated values, mean of observed minus simulated values and the normalized root mean square error (RMSEn) for biomass and pod yield of the individual peanut genotypes by the three calibration methods	112
Table 4 Estimates of the cultivar coefficients of six peanut genotypes derived from the three calibration methods	114
Table 5 Observed and simulated values, ratio of observed and simulated values, mean of observed minus simulated values and the normalized root mean square error (RMSEn) for phenological development of the individual peanut genotypes in model evaluation of the three calibration methods	115

LIST OF TABLES (Cont.)

	Page
Table 6 Observed and simulated values, ratio of observed and simulated values, mean of observed minus simulated values and the normalized root mean square error (RMSEn) for biomass and pod yield of the individual peanut lines in model evaluation of the three calibration methods	118

LIST OF FIGURES

Page

CHAPTER III

- Figure 1 Soil water content of three soil depth (30, 60 and 90 cm from soil profile) in the 4 water treatments (W1, W2, W3 and W4 = FC, 25, 40 and 60 reduction % of amount of water regimes in FC, respectively) 32
- Figure 2 The meteorological conditions during season (2005/06) (a: Rain fall, humidity and evaporation; b: maximum temperature (T-max), minimum temperature (T-min) and solar radiation) 36

CHAPTER IV

- Figure 1 Volumetric soil moisture (fraction) in two water regimes as well-watered (FC;●) and pre-flowering drought (PFD;○) the experiments were conducted at the Field Crop Research Station of Khon Kaen University, Thailand during February-June 2007 (1st season) at 30 cm (a1), 60 cm (a2) and 90 cm (a3) of the soil level and repeated during February-June 2009 (2nd season) at 30 cm (b1), 60 cm (b2) and 90 cm (b3) of the soil level 55
- Figure 2 Rainfall, humidity (RH), evaporation (E0), maximum (T-max) and minimum (T-min) temperature and solar radiation during February-June 2007(a,b) and 2009 (c,d) at the meteorological station, Khon Kaen University, Thailand 58

LIST OF FIGURES (Cont.)

	Page
Figure 3 Average root length density (RLD) at the 0-90 cm soil profile of some peanut genotypes, measured over time, at 25 day after emergence (DAE), first seed (R5; 53-59 DAE) and beginning maturity (R7; 79-91 DAE) under well-watered (FC;●) and pre-flowering drought (PFD;○) experiments conducted at the Field Crop Research Station of Khon Kaen University, Thailand during February-June 2007 (season 1) and in 2009 (season 2)	70
CHAPTER V	
Figure 1 Volumetric soil moisture (fraction) for the in mid-season drought experiments conducted at Khon Kaen from December 2007 to May 2008 at a depth of 30cm (a1), 60cm (a2) and 90 cm (a3) and from during November 2008 to April 2009 season at a depth of 30 cm (b1), 60 cm (b2) and 90 cm (b3)	84
Figure 2 Rainfall, relative humidity (RH), evaporation (E0), maximum (T-max) and minimum (T-min) temperature and solar radiation from December 2007 to May 2008 (a,b) and from November 2008 to April 2009 (c,d) recorded at the meteorological station of Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand	85
Figure 3 Six root distribution patterns of 40 peanut genotypes from the experiments conducting during December 2007- May 2008 and during November 2008- April 2009 at Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand	88

LIST OF FIGURES (Cont.)

	Page
Figure 4 Relationship between pod yield and % root length density (%RLD) for three layers as upper (a), middle (b) and lower (c) in the first season (December 2007- May 2008) and upper (d), middle (e) and lower (f) in the second season (November 2008- April 2009) at Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand	94
CHAPTER VI	
Figure 1 Simulated values for dry matter accumulation of six peanut cultivars from cultivar coefficients derived from the Manual (MN), the GENCALC (GC), and the GLUE (GL) calibration methods, the corresponding observed values (OB) from independent experiments conducted in 2003 and 2004, and the values for agreement index (<i>d</i>)	119

LIST OF ABBREVIATIONS

β	light transmission coefficient
$^{\circ}\text{C}$	degree Celsius
AW	available water
CaSO_4	calcium sulphate
CER	carbon exchange rate
CGR	crop growth rate
cm	centimeter
cm^2	square centimeter
$\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$	square centimeter per gram
cm^3	cubic centimeter
$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	cubic centimeter per cubic centimeter
cm cm^{-3}	centimeter per cubic centimeter
CSDL	critical short day length below which reproductive development progresses with no daylength effect
CV	coefficient of variation
CSM	cropping system model
CT	canopy temperature
D	soil water drainage
d	index of agreement
DAE	day after emergence
DAP	day after planting
DAS	day after sowing
DMRT	duncan's multiple range tests
DSSAT	Decision Support System for Agrotechnology Transfer
DTI	drought tolerance index
E	environment
E_o	evaporation from class A pan
EMFL	time between plant emergence and flower appearance
ET	evapotranspiration
ET_{crop}	crop water requirement (mm/day)

LIST OF ABBREVIATIONS (Cont.)

ET _o	evapotranspiration of a reference plant under specified conditions calculated by pan evaporation method
E _s	surface evaporation
FC	field capacity
FLLF	time between first flower and end of leaf expansion
FLSD	time between first flower and first seed
FLSH	time between first flower and first pod
G	genotype
GxE	genotype by environment interaction
g	gram
g l ⁻¹	gram per liter
GC	GENCALC method
GENCALC	Genotype Coefficient Calculator
GL	GLUE method
GLUE	Generalized Likelihood Uncertainty Estimation
h	hour
h ⁻¹	per hour
ha ⁻¹	per hectare
HI	harvest index
I	the irrigation applications
IBSNAT	International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer
ICGV	ICRISAT groundnut variety
ICRISAT	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
LAI	leaf area index
LFMAX	maximum leaf photosynthesis rate at 30°C, 350 vpm CO ₂ , and high light
LSD	least significant difference test
K	potassium

LIST OF ABBREVIATIONS (Cont.)

Kc	crop water requirement coefficient
kg ha ⁻¹	kilogram per hectare
KKFC	Khon Kean Field Crops Research Centre
KKU	Khon Kaen University
m	meter
m ²	square meter
M _f	soil moisture at final harvest
mg CO ₂ m ^{-2s-1}	milligram of carbon dioxide per square meter per second
M _i	starting soil moisture before sowing
MJ m ⁻² d ⁻¹	megajoule per square per day
mm	millimeter
mm day ⁻¹	millimeter per day
MN	manual calibration method
N	nitrogen
No. pod ⁻¹	number of pod
OB	observed value
P	phosphorus
p	probability
PFD	pre-flowering drought
PGR	pod growth rate
PHI	pod harvest index
PODUR	time required for cultivar to reach final pod load under optimum conditions
PPSEN	relative response of development to photoperiod with time
PWP	permanent wilting point
R	surface runoff
r	correlation coefficient

LIST OF ABBREVIATIONS (Cont.)

R1	plant with first flower
R3	plant with first pod beginning to swell
R5	plant with first seed beginning to develop
R7	beginning maturity
R8	harvest maturity
RCBD	randomized complete block design
RDW	root dry weight
RGR	root growth rate
RH	relative humidity
RLD	root length density
RMSE	root mean square error
RMSEn	normalized root mean square error
R/S ratio	root shoot ratio
RWC	relative water content
SCMR	SPAD chlorophyll meter reading
SDPDV	average seed per pod under standard growing conditions
SDPM	time between first seed and physiological maturity
SFDUR	seed filling duration for pod cohort at standard growth conditions
SLA	specific leaf area
SLAVR	specific leaf area of cultivar under standard growth conditions
SLPF	soil fertility factor
SIZLF	maximum size of full leaf
SPAD	soil plant analysis development
T	transpiration
t	days from the last irrigation or rain
TDM	total dry matter
TE	transpiration efficiency
t ha ⁻¹	ton per hectare

LIST OF ABBREVIATIONS (Cont.)

T-max	maximum temperature
T-min	minimum temperature
USDA	the United State Department of Agriculture
VE	emergence
W	water regimes
WTPSD	maximum weight per seed
WUE	water use efficiency
XFRT	maximum fraction of daily growth that is partitioned to seed and shell
Yt	Yasothon