

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



E47360



MECHANISMS AND INHERITANCE OF TERMINAL DROUGHT  
TOLERANCE AND ASSOCIATION OF DROUGHT TOLERANCE  
TRAITS WITH PREHARVEST AFLATOXIN  
CONTAMINATION IN PEANUT  
(*Arachis hypogaea* L.)

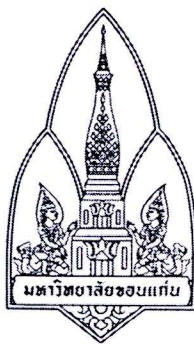
MR. TEERAYOOT GIRDTHAI

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

2010



E47360



**MECHANISMS AND INHERITANCE OF TERMINAL DROUGHT  
TOLERANCE AND ASSOCIATION OF DROUGHT TOLERANCE  
TRAITS WITH PREHARVEST AFLATOXIN  
CONTAMINATION IN PEANUT  
(*Arachis hypogaea* L.)**

**MR. TEERAYOOT GIRDTHAI**



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

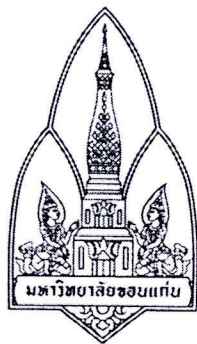
**2010**

**MECHANISMS AND INHERITANCE OF TERMINAL DROUGHT  
TOLERANCE AND ASSOCIATION OF DROUGHT TOLERANCE  
TRAITS WITH PREHARVEST AFLATOXIN  
CONTAMINATION IN PEANUT  
(*Arachis hypogaea* L.)**

**MR. TEERAYOOT GIRDTHAI**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY  
IN AGRONOMY  
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY  
2010**





**THESIS APPROVAL**  
**KHON KAEN UNIVERSITY**  
**FOR**  
**DOCTOR OF PHILOSOPHY**  
**IN AGRONOMY**


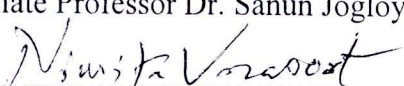
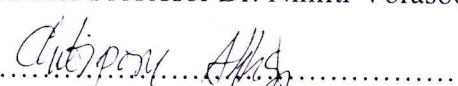
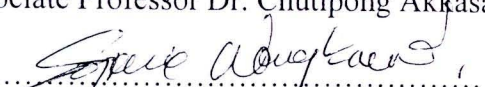
**Thesis Title:** Mechanisms and Inheritance of Terminal Drought Tolerance and Association of Drought Tolerance Traits with Preharvest Aflatoxin Contamination in Peanut (*Arachis hypogaea* L.)


**Author:** Mr. Teerayoot Girdthai


**Thesis Examination Committee:**

Associate Professor Dr. Prasit Jaisil	Chairperson
Associate Professor Dr. Sanun Jogloy	Member
Associate Professor Dr. Nimitr Vorasoot	Member
Associate Professor Dr. Chutipong Akkasaeng	Member
Dr. Sopone Wongkaew	Member
Dr. Peaingpen Sarawat	Member

**Thesis Advisors:**

 ..... (Associate Professor Dr. Sanun Jogloy)	Advisor
 ..... (Associate Professor Dr. Nimitr Vorasoot)	Co-Advisor
 ..... (Associate Professor Dr. Chutipong Akkasaeng)	Co-Advisor
 ..... (Dr. Sopone Wongkaew)	Co-Advisor

  
.....  
(Associate Professor Dr. Lampang Manmart)  
Dean, Graduate School

  
.....  
(Associate Professor Dr. Anan Polthanee)  
Dean, Faculty of Agriculture



ธีรยุทธ เกิดไทย. 2553. *กลไกและพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะการทนแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายของการเจริญเติบโตและความสัมพันธ์ของลักษณะทนแล้งกับการปนเปื้อนของสารอฟลาทอกซินก่อนการเก็บเกี่ยวในถั่วลิสง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.ดร. สนั่น จอกลอยม, รศ.ดร. นิมิตร วรสุด,  
รศ.ดร. ชุตินพงษ์ อรรคแสง, คร. โสภณ วงศ์แก้ว

### บทคัดย่อ

**E47360**

ความแห้งแล้งที่เกิดในช่วงปลายของการเจริญเติบโตของถั่วลิสงนอกจากจะทำให้ผลผลิตลดลงแล้ว ยังมีผลกระทบต่อการเข้าทำลายของเชื้อราที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารอฟลาทอกซินในเมล็ด การใช้พันธุ์ทนแล้งสามารถลดการปนเปื้อนของสารอฟลาทอกซินได้ แต่จำเป็นต้องทราบข้อมูลของลักษณะการทนแล้งทั้งทางด้านสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากการใช้ลักษณะดังกล่าวเพื่อคัดเลือกพันธุ์จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ลักษณะผลผลิตเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ข้อมูลพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะและสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะทนแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายของการเจริญเติบโตกับผลผลิตของถั่วลิสง และการปนเปื้อนของสารอฟลาทอกซินยังนับเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการกำหนดวิธีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้ต้านทานต่อความแห้งแล้ง มีผลผลิตสูงและลดการปนเปื้อนของสารอฟลาทอกซิน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ (1) ศึกษาการเจริญเติบโตของรากถั่วลิสงสายพันธุ์ต่างๆ ในสารละลายธาตุอาหารเปรียบเทียบกับในกระถางเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีระบบรากดีสามารถต้านทานต่อความแห้งแล้ง และหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของรากในสองสภาพปลูก (2) ศึกษาการปนเปื้อนของสารอฟลาทอกซินในถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ ที่กระทบแล้งในช่วงปลายของระยะการเจริญเติบโต และหาความสัมพันธ์ของลักษณะการทนแล้งกับการปนเปื้อนของสารอฟลาทอกซิน และ (3) ศึกษาพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะ (heritability;  $h^2$ ) และสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะที่ปรากฏและลักษณะทางพันธุกรรม (phenotypic and genotypic correlation;  $r_p$  and  $r_g$ ) ของลักษณะทนแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปลายของการเจริญเติบโตกับผลผลิตของถั่วลิสง และการปนเปื้อนของสารอฟลาทอกซิน

งานวิจัยนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน ส่วนแรกคือ การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของรากถั่วลิสงสายพันธุ์ต่างๆ ในสภาพการปลูกในกระถางและในสารละลาย และหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของรากถั่วลิสงในการปลูกทั้งสองสภาพ โดยนำถั่วลิสงจำนวน 12

**E47360**

สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ทนแล้งจากสถาบันวิจัยพืชในเขตร้อนขึ้นกึ่งแห้งแล้งนานาชาติ ประเทศอินเดีย (ICRISAT) จำนวน 8 สายพันธุ์คือ ICGV 98300 ICGV 98303 ICGV 98305 ICGV 98308 ICGV 98324 ICGV 98330 ICGV 98348 และ ICGV 98353 พันธุ์แนะนำในประเทศไทย จำนวน 2 พันธุ์ คือ ไทนาน 9 และ ขอนแก่น 60-3 ถั่วลิสงที่ไม่สร้างปม 1 พันธุ์ คือ Non-nod และพันธุ์ทนแล้งซึ่งได้รับจาก the United States Department of Agriculture (USDA) 1 พันธุ์ คือ Tifton-8 นำพันธุ์ดังกล่าวไปปลูกเปรียบเทียบในสารละลาย และในกระถางที่มีขนาดต่างกันสองขนาด ใช้แผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) มี 4 ซ้ำ ทำการทดลองในฤดูแล้งปี 2546/2547 และ ทำการทดลองซ้ำในฤดูแล้งปี 2547 ทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักแห้งของต้น น้ำหนักแห้งของราก อัตราส่วนน้ำหนักแห้งระหว่างรากต่อต้น (root : shoot ratio) ความยาวราก พื้นที่ผิวราก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และปริมาตรของราก โดยใช้เครื่องวัดราก WINRHIZO รุ่น PRO ผลของการทดลองพบว่า ถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 และ พันธุ์ Tifton-8 มีรากมากที่สุด ส่วนพันธุ์ Non-nod มีค่าเฉลี่ยของทุกลักษณะของรากน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักแห้งของต้น น้ำหนักแห้งของราก อัตราส่วนน้ำหนักแห้งระหว่างรากต่อต้น รวมถึงลักษณะต่างๆ ของรากถั่วลิสงที่ปลูกในกระถางและที่ปลูกในสารละลาย จึงสรุปได้ว่า การศึกษาลักษณะรากของถั่วลิสงที่ปลูกในสารอาหารพืชสามารถใช้ทดแทนการศึกษารากในกระถางได้

การศึกษาส่วนที่สองได้ทดสอบการปนเปื้อนของสารอพลาทอกซินในถั่วลิสงที่กระทบแล้งในช่วงปลายของระยะการเจริญเติบโต และ หาความสัมพันธ์ของลักษณะการทนแล้งกับการปนเปื้อนของสารอพลาทอกซิน เพื่อใช้เป็นเกณฑ์คัดเลือกพันธุ์ทนแล้งและลดการปนเปื้อนของสารอพลาทอกซิน ทำการทดลองในสภาพแปลงทดลองภายใต้โรงเรือนป้องกันฝนสองครั้งในฤดูแล้งปี 2546/2547 และ ทำการทดลองซ้ำในฤดูแล้งปี 2547/2548 ใช้แผนการทดลองแบบ split plot design มี 4 ซ้ำ กำหนดให้ระดับการให้น้ำที่ความชื้นดิน 2 ระดับ (ที่ระดับความจุสนาม และที่ระดับ 1/3 ของน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ ในช่วง 80 วันหลังปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว) เป็น main plot และกำหนดให้พันธุ์ถั่วลิสงจำนวน 11 พันธุ์ เป็น sub-plot โดยใช้สายพันธุ์เดียวกับงานทดลองที่ 1 ยกเว้นไม่มีพันธุ์ Non-nod ทำการบันทึกข้อมูลลักษณะทางสรีรวิทยา ได้แก่ ดัชนีการทนแล้งของลักษณะชีวมวล พื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area; SLA) ความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์ SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (relative water content; RWC) ค่าคะแนนความเหี่ยวของใบ (drought stress rating; DSR) น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น (total dry matter) ผลผลิตฝักแห้ง เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และการปนเปื้อนของสารอพลาทอกซิน ผลของการทดลองจากทั้งสองปีพบว่าพันธุ์ ICGV 98305 ICGV 98330 ICGV 98348 ICGV 98353 และ พันธุ์ Tifton-8 มีการปนเปื้อนของสารอพลาทอกซินน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์



**E47369**

ระหว่างลักษณะทางด้านสรีรวิทยาของการทนแล้งและปริมาณสารอฟลาทอกซินโดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาพขาดน้ำ ลักษณะทนแล้งคือ SLA RWC ความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์ และค่าคะแนนความเขียวของใบ มีความสัมพันธ์สูงกับระดับการปนเปื้อนของสารอฟลาทอกซิน แสดงว่าการปรับปรุงพันธุ์สามารถใช้ลักษณะทนแล้งต่างๆเหล่านี้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ด้านทานต่อเข้าทำลายเมล็ดจากเชื้อราที่สร้างสารสารอฟลาทอกซิน และการปนเปื้อนสารอฟลาทอกซินโดยทางอ้อมได้

ส่วนที่สามของการศึกษานี้ได้ประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ ( $h^2$ ) ของลักษณะทนแล้ง สหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏ ( $r_p$ ) และลักษณะทางพันธุกรรม ( $r_g$ ) ระหว่างลักษณะทนแล้งและลักษณะทางการเกษตร โดยประเมินถั่วลิสงลูกผสมจำนวน 140 สายพันธุ์ ที่ได้มาจากการสุ่มคัดเลือกจาก 4 คู่ผสมที่ได้จากการผสมพันธุ์ทนแล้ง (พันธุ์ ICGV 98348 และ ICGV 98353) และพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง (พันธุ์ไทนาน 9 และ ขอนแก่น 60-3) นำสายพันธุ์ลูกผสมในชั่วรุ่นที่ 4 มาปลูกทดสอบในชั่วรุ่นที่ 6 และชั่วรุ่นที่ 7 ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ ทำการทดลองในสภาพแปลงทดลองระหว่างฤดูแล้งปี 2549/2550 และ ทำการทดลองซ้ำในฤดูแล้งปี 2550/2551 ภายใต้สภาพที่ขาดน้ำในช่วงปลายของการเจริญเติบโต และในสภาพไม่ขาดน้ำ ทำการเก็บข้อมูล ชีวมวล ผลผลิตฝักแห้ง จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และลักษณะทนแล้งต่างๆ คือ ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR และ SLA ผลการทดลองพบว่า ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR และ SLA มีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง และสูงกว่า ลักษณะทางการเกษตร โดย ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR และ SLA มีค่าความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรม ระหว่าง 0.58 ถึง 0.85 0.66 ถึง 0.91 และ 0.64 ถึง 0.90 ตามลำดับ ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกกับลักษณะทางการเกษตร ขณะที่ SLA มีค่าสหสัมพันธ์ในทางลบกับลักษณะทางการเกษตร จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR และ SLA สามารถนำไปใช้เป็นลักษณะในการคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งในถั่วลิสงได้ เนื่องจากมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง และมีความสัมพันธ์สูงกับลักษณะการให้ผลผลิต จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และ น้ำหนัก 100 เมล็ด

ส่วนที่สี่ของงานวิจัยนี้ได้ประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ ( $h^2$ ) ของความต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอฟลาทอกซิน สหสัมพันธ์ของลักษณะที่ปรากฏ ( $r_p$ ) และลักษณะทางพันธุกรรม ( $r_g$ ) ระหว่างลักษณะด้านทานต่อการปนเปื้อนสารอฟลาทอกซินและการทนแล้ง โดยประเมินถั่วลิสงลูกผสมจำนวน 140 สายพันธุ์ ที่ได้มาจากการสุ่มคัดเลือกจาก 4 คู่ผสมที่ได้จากการผสมพันธุ์ทนแล้ง (พันธุ์ ICGV 98348 และ ICGV 98353) และพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง (พันธุ์ไทนาน 9 และ ขอนแก่น 60-3) นำสายพันธุ์ลูกผสมในชั่วรุ่นที่ 4 มาปลูกทดสอบในชั่วรุ่นที่ 6 และ 7 ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ ทำการทดลองในสภาพแปลงทดลองในฤดูแล้งปี 2549/2550 และ ทำการทดลองซ้ำใน



**E47360**

ฤดูแล้งปี 2550/2551 ภายใต้สภาพที่ขาดน้ำในช่วงปลายของการเจริญเติบโต และในสภาพไม่ขาดน้ำ ทำการเก็บข้อมูล ชีวมวล ผลผลิตฝักแห้ง และลักษณะทางสรีระวิทยาของความทนแล้ง ได้แก่ ดัชนีการทนแล้งของลักษณะน้ำหนักชีวภาพ ดัชนีการทนแล้งของลักษณะผลผลิตฝักแห้ง ดัชนีเก็บเกี่ยว SCMR และ SLA ข้อมูลการเข้าทำลายของเชื้อรา *A. flavus* และการปนเปื้อนสารอฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสง ผลการทดลองพบว่า ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อ *A. flavus* และการปนเปื้อนสารอฟลาทอกซินมีความสามารถในการถ่ายทอดของลักษณะต่ำ 0.48 ถึง 0.58 และ 0.24 ถึง 0.68 ตามลำดับ การปนเปื้อนสารอฟลาทอกซินมีค่าสหสัมพันธ์กับดัชนีเก็บเกี่ยว ดัชนีการทนแล้งของลักษณะชีวมวล ดัชนีการทนแล้งของลักษณะผลผลิตฝักแห้ง ชีวมวล และผลผลิตฝักแห้ง ( $r_p = -0.25^{**}$  ถึง  $0.32^{**}$ ,  $r_G = -0.57^{**}$  ถึง  $0.53^{**}$ ) และมีสหสัมพันธ์สูงกับ SCMR และ SLA โดย SCMR มีค่าสหสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณสารอฟลาทอกซิน ( $r_p = -0.10^{**}$  ถึง  $-0.40^{**}$ ,  $r_G = -0.11^{**}$  ถึง  $-0.66^{**}$ ) และ SLA มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณสารอฟลาทอกซิน ( $r_p = 0.13^{**}$  ถึง  $0.46^{**}$ ,  $r_G = 0.26^{**}$  ถึง  $0.81^{**}$ ) ดังนั้นทั้ง SCMR และ SLA จึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกความต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอฟลาทอกซินได้ทางอ้อม เนื่องจากวัดได้ง่ายกว่าการใช้วิธีประเมินความต้านทานต่อการปนเปื้อนสารอฟลาทอกซินโดยตรง

Teerayoot Girdthai 2010. *Mechanisms and Inheritance of Terminal Drought Tolerance and Association of Drought Tolerance Traits with Preharvest Aflatoxin Contamination in Peanut (Arachis hypogaea L.)*. Doctor of Philosophy Thesis in Agronomy, Graduate School, Khon Kaen University.

**Thesis Advisors:** Associate Professor Dr. Sanun Jogloy,  
Associate Professor Dr. Nimitr Vorasoot,  
Associate Professor Dr. Chutipong Akkasaeng  
Dr. Sopone Wongkaew

## ABSTRACT

**E47360**

Terminal drought can decrease pod yield and induce preharvest aflatoxin contamination (PAC) in peanut. Utilization of drought resistant peanut genotypes may reduce PAC under drought-prone environment. However, improvement of terminal drought resistance in peanut with reduced PAC could be achieved with a better understanding of the physiological traits for drought resistance that are associated with reduced contamination. Since employing physiological traits for drought resistance can improve selection efficiency in breeding programmes over the selection on the basis of yield. Hence, a study of drought resistance traits and aflatoxin traits and inheritance of the traits are worthy, and this provides useful information for planning a proper breeding program.

The goals of this thesis were (1) to investigate genotypic variability of peanut roots that are important characters for drought avoidance under hydroponic and pot cultures, and the associations between root characteristics of peanut grown in hydroponic and pot studies, (2) to determine the effects of terminal drought on *Aspergillus flavus* colonization and PAC, and identify physiological traits associated with PAC under terminal drought stress, and (3) to estimate the heritabilities of terminal drought resistance traits, agronomic traits, and aflatoxin contamination traits, and estimate genotypic and phenotypic correlations between the traits.

This research was organized into four parts. The first part of this study determined the association between root characteristics of peanut grown in hydroponic

**E47360**

and pot experiments. Twelve peanut genotypes were planted in a randomized complete block design (RCBD) with 4 replications in a hydroponic study, a small pot, and a large pot experiments. The studies were conducted in two years during 2004-2005. Shoot dry weight, root dry weight, root to shoot ratio, root length, root surface, average diameter of roots, and root volume were measured. Tifton-8 and KK 60-3 had consistently higher values for all root characteristics compared to that of the other genotypes. Root characteristics of peanut genotypes grown in hydroponic were positively correlated with those grown in pot conditions. The results suggested that assessment of root characteristics of peanut in hydroponic for drought tolerance could replace the assessment in soil media.

The second part of this study determined the effects of terminal drought on PAC and to investigate the associations between surrogate traits for drought tolerance and PAC. Field tests under rainout shelters were conducted in the dry seasons 2004/05 and 2005/06. Eleven peanut genotypes were evaluated under irrigated [field capacity (FC)] and terminal drought conditions [1/3 available soil water (1/3 AW) at 80 days after planting (DAP)]. Data were recorded for physiological traits, total biomass, pod yield, *A. flavus* colonization, and PAC. ICGV 98305, ICGV 98330, ICGV 98348, ICGV 98353, and Tifton-8 had low aflatoxin contamination in both years. Traits related to drought resistance were associated with those related to PAC under drought conditions. Specific leaf area, relative water content, chlorophyll density, and drought stress ratings were the best traits to be used as indirect selection tools for lower PAC. Breeding for drought tolerance using these traits as selection criteria may help to accelerate progress of developing resistance to PAC.

The third part of this study estimated the heritabilities of terminal drought resistance traits and the genotypic and phenotypic correlations between drought resistance traits and agronomic traits in peanut. The 140 peanut lines in the F<sub>4.6</sub> and F<sub>4.7</sub> generations were generated from four crosses, and tested under irrigated and terminal drought conditions. Field experiments were conducted under the dry seasons 2006/07 and 2007/08. Data were recorded for agronomic traits [biomass (BIO), pod yield (PY), number of mature pods per plant, seeds per pod, and seed size] and physiological traits [harvest index (HI), SPAD chlorophyll meter reading (SCMR), and specific leaf area (SLA)]. Heritabilities of the physiological traits were higher



**E47360**

than that of the agronomic traits, and varied among crosses. The heritability for HI, SCMR, and SLA ranged from 0.58 to 0.85, 0.66 to 0.91, and 0.64 to 0.90, respectively. Positive correlations between HI or SCMR and agronomic traits were found. SLA was also negatively correlated with agronomic traits. These results suggested that HI, SLA, and SCMR are potentially useful as indirect selection traits for terminal drought resistance because of their high heritabilities, and significant correlations with pod yield. Plant breeding approaches using these traits might be effective and valuable for improving drought tolerance in peanut.

The forth part of this study estimated the heritability of PAC resistant traits and genotypic ( $r_G$ ) and phenotypic ( $r_P$ ) correlations between drought resistance traits and PAC resistant traits in peanut. One hundred and forty peanut lines in the  $F_{4:6}$  and  $F_{4:7}$  generations were generated from four crosses, and tested under irrigated and terminal drought conditions. Field experiments were conducted under the dry seasons 2006/07 and 2007/08. Data were recorded for BIO, PY, drought tolerance traits [HI, drought tolerance index (DTI) of BIO and PY, SLA, and SCMR], and PAC resistant traits [seed infection and aflatoxin contamination]. Heritabilities of *A. flavus* infection and aflatoxin contamination in this study were low to moderate. The heritabilities for seed infection and aflatoxin contamination ranged from 0.48 to 0.58 and 0.24 to 0.68, respectively. Significant correlations between PAC resistant traits and DTI (PY), DTI (BIO), HI, biomass and pod yield under terminal drought conditions were found ( $r_P = -0.25^{**}$  to  $0.32^{**}$ ,  $r_G = -0.57^{**}$  to  $0.53^{**}$ ). Strong correlations between SLA and SCMR with *A. flavus* infection and aflatoxin contamination were also evident. Positive correlations between SLA at 80, 90, and 100 DAP and PAC resistant traits were significant ( $r_P = 0.13^{**}$  to  $0.46^{**}$ ,  $r_G = 0.26^{**}$  to  $0.81^{**}$ ). SCMR was negatively correlated with PAC resistant traits ( $r_P = -0.10^{**}$  to  $-0.40^{**}$ ,  $r_G = -0.11^{**}$  to  $-0.66^{**}$ ). These result indicated that physiological-based selection approaches using SLA and SCMR might be effective for improving PAC resistance in peanut.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to take this opportunity to express my deep gratitude to a number of people who supported and inspired my work. First of all, I wish to express my deepest gratitude to my principal supervisor, Associate Professor Dr. Sanun Jogloy, for his excellent guidance, kind help, concern and endless support during my research study. I would like to extend my appreciation to my thesis committees, Associate Professor Dr. Nimitr Vorasoot, Associate Professor Dr. Chutipong Akkasaeng and Dr. Sopone Wongkaew for their helpful comments, instruction, and suggestions throughout this research.

Special thanks to my oversea co-advisor Dr. C. Corley Holbrook for his critical review of the manuscripts of papers for journal publication, and his encouragement and practical advice during my stay in USA. Thankful acknowledgements are also made to Dr. S.N. Nigam for providing seeds of the peanut lines used in the research, and to Dr. Viboon Pensuk for the utilization of his research equipments. I honestly thank Mr. Thawan Kesmala for his practical advice. Acknowledgements are also made to the following people: Dr. Patcharin Songsri, Dr. Anuruck Arunyanark, Dr. Darunee Puangbut, Mr. Nuntawoot Jongrungklang, Mr. Nuttawoot Singkum, Mrs. Wilawan Tula, Mr. Wunna Htoon, student trainees, and all labors of Peanut Improvement Project for their assistance and great friendship.

Grateful acknowledges are expressed to the Thailand Research Fund for financial supports through the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program and the Senior Research Scholar Project of Professor Dr. Aran Patanothai. 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 father, Mr. Noy and mother Mrs. Bunhom Girdthai, my sisters, Miss Rosesarin and Jiraporn Girdthai, my family, my friends, and Miss Neranchara Chuppawa for their unconditional love, understanding, and supports. They have always been proud of me for every progress I have made. For all this I shall be always grateful.

Teerayoot Girdthai

## TABLE OF CONTENTS

	<b>Page</b>
ABSTRACT (IN THAI)	i
ABSTRACT (IN ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGEMENTS	viii
LIST OF TABLES	x
LIST OF FIGURES	xiii
LIST OF ABBREVIATIONS	xvi
CHAPTER I INTRODUCTION	1
CHAPTER II LITERATURE REVIEW	4
CHAPTER III RELATIONSHIP BETWEEN ROOT CHARACTERISTICS OF PEANUT ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) IN HYDROPONICS AND POT STUDIES	25
CHAPTER IV ASSOCIATIONS BETWEEN PHYSIOLOGICAL TRAITS FOR DROUGHT TOLERANCE AND AFLATOXIN CONTAMINATION IN PEANUT GENOTYPES UNDER TERMINAL DROUGHT	48
CHAPTER V HERITABILITY ESTIMATES OF THE PHYSIOLOGICAL TRAITS FOR DROUGHT TOLERANCE AND GENOTYPIC AND PHENOTYPIC CORRELATIONS WITH AGRONOMIC TRAITS IN PEANUT ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) UNDER TERMINAL DROUGHT CONDITIONS	75
CHAPTER VI HERITABILITY OF, AND GENOTYPIC CORRELATIONS BETWEEN, AFLATOXIN TRAITS AND PHYSIOLOGICAL TRAITS FOR DROUGHT TOLERANCE UNDER END OF SEASON DROUGHT IN PEANUT ( <i>Arachis hypogaea</i> L.)	100
CHAPTER VII GENERAL DISCUSSION AND CONCLUSION	124
REFERENCES	132



## LIST OF TABLES

	Page
<b>CHAPTER III</b>	
Table 1 Means of shoot dry weight, root dry weight, root to shoot ratio, root length, root surface, average diameter of roots, and root volume of 12 peanut genotypes grown in hydroponic culture at 80 days after transplanting in 2004/05 and 2005.	34
Table 2 Means of shoot dry weight, root dry weight, root to shoot ratio, root length, root surface, average diameter of roots, and root volume of 12 peanut genotypes grown in small pot experiment at 100 days after planting in 2004/05 and 2005.	36
Table 3 Means of shoot dry weight, root dry weight, root to shoot ratio, root length, root surface, average diameter of roots, and root volume of 12 peanut genotypes grown in large pot experiment at 80 days after planting in 2004/05 and 2005.	38
Table 4 Correlation between root characteristics of peanut grown in small pot and those observed in large pot (n=12).	42
<b>CHAPTER IV</b>	
Table 1 Total biomass (kg ha <sup>-1</sup> ) and pod yield (kg ha <sup>-1</sup> ) and drought tolerance index at harvest of 11 peanut genotypes grown under different water regimes in 2004/05 and 2005/06 dry seasons.	62
Table 2 <i>A. flavus</i> colonization and aflatoxin contamination of 11 peanut genotypes grown under different water regimes in 2004/05 and 2005/06 dry seasons.	64
Table 3 Correlation between <i>A. flavus</i> colonization (%) and aflatoxin contamination (ppb) and surrogate traits for drought tolerance of 11 peanut genotypes under terminal drought in 2004/05 and 2005/06 dry seasons.	67

## LIST OF TABLES (Cont.)

	Page
Table 4 Contribution of surrogate traits for drought tolerance to <i>A. flavus</i> colonization and aflatoxin contamination of 11 peanut genotypes under terminal drought in 2004/05 and 2005/06 dry seasons.	68
<b>CHAPTER V</b>	
Table 1 Analysis of variance of cross and cross product.	84
Table 2 Mean squares from the combined ANOVA for pod yield, biomass, and harvest index (HI) at final harvest and the physiological traits [SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) and specific leaf area (SLA)] at 80 days after planting under field capacity (FC) and 1/3 available water (AW) of 140 genotypes in the dry season of 2006/07 and 2007/08.	87
Table 3 Broad sense heritability estimates for pod yield, biomass, harvest index (HI), SPAD chlorophyll meter reading (SCMR), and specific leaf area (SLA) and correlation between these traits under well-watered conditions and drought conditions of four crosses of peanut in the dry season of 2006/07 and 2007/08.	89
Table 4 Genotypic ( $r_G$ ) correlations between drought tolerance traits [harvest index (HI), SPAD chlorophyll meter reading (SCMR), and specific leaf area (SLA)] and agronomic traits [pod yield, biomass, number of pods/plant (PPP), seed/pod, and seed size] for 140 progeny lines of peanut under well-watered conditions and drought conditions in the dry season of 2006/07 and 2007/08.	91
Table 5 Genotypic ( $r_G$ ) correlation among drought tolerance traits for progeny from all 4 peanut crosses (140 progeny lines) under field capacity (FC) and 1/3 available water (1/3AW) in the dry season of 2006/07 and 2007/08 (degrees of freedom = 556).	93

## LIST OF TABLES (Cont.)

	Page
<b>CHAPTER VI</b>	
Table 1 Mean square from the combined ANOVA for aflatoxin traits [ <i>A. flavus</i> infection and aflatoxin contamination] at final harvest under terminal drought of 140 genotypes in the dry season of 2006/07 and 2007/08.	111
Table 2 Ranges and means of pod yield, total biomass, physiological traits [specific leaf area (SLA) and SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) at 80, 90, and 100 days after planting(DAP)], and aflatoxin traits under terminal drought conditions of four peanut crosses in the dry season of 2006/07 and 2007/08.	112
Table 3 Heritability estimates for aflatoxin traits [ <i>A. flavus</i> infection and aflatoxin contamination] at final harvest under terminal drought conditions of four peanut crosses in the dry season of 2006/07 and 2007/08.	113
Table 4 Phenotypic ( $r_P$ ) and genotypic ( $r_G$ ) correlations between pod yield, biomass, and drought tolerance index for pod yield (DTI (PY)) and biomass (DTI (BIO)), and harvest index (HI) with aflatoxin traits [ <i>A. flavus</i> infection and aflatoxin contamination] from all progeny lines under drought in the dry season of 2006/07 and 2007/08.	114
Table 5 Phenotypic ( $r_P$ ) and genotypic ( $r_G$ ) correlations between drought tolerance traits [specific leaf area (SLA) and SPAD chlorophyll meter reading (SCMR)] at 80, 90, and 100 days after planting (DAP) and aflatoxin traits [ <i>A. flavus</i> infection and aflatoxin contamination] at final harvest from all 4 peanut crosses (140 progeny lines) under drought conditions in the dry season of 2006/07 and 2007/08.	115



## LIST OF FIGURES

	Page
<b>CHAPTER III</b>	
Figure 1 Relationship between root dry weight of peanut grown in hydroponic and small pot experiment (a) and between hydroponic and large pot experiment (b) (n=12).	39
Figure 2 Relationship between root length of peanut grown in hydroponic and small pot experiment (a) and between hydroponic and large pot experiment (b) (n=12).	40
Figure 3 Relationship between root surface of peanut grown in hydroponic and small pot experiment (a) and between hydroponic and large pot experiment (n=12).	40
Figure 4 Relationship between root diameter of peanut grown in hydroponic and small pot experiment (a) and between hydroponic and large pot experiment (n=12).	41
Figure 5 Relationship between root volume of peanut grown in hydroponic and small pot experiment (a) and between hydroponic and large pot experiment (n=12).	41
<b>CHAPTER IV</b>	
Figure 1 Relative humidity (%) (a and b), pan evaporation (mm) (a and b), rainfall (mm) (a and b), maximum and minimum air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) (c and d), and solar radiation ( $\text{Cal}/\text{cm}^2$ ) (c and d) during the crop growth period in 2004/2005 (Oct 3, 2004 to Feb 5, 2005) (a and c) and in 2005/2006 (Nov 20, 2005 to Mar 25, 2006) (c and d).	56
Figure 2 Seasonal changes in mean soil temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) at 60, 80, 90, 100 days after planting (DAP), and final harvest at 0-10 cm depth under difference water regimes [field capacity (FC) and 1/3 available water (1/3 AW)] in 2004/05 (a) and 2005/06 (b).	57

## LIST OF FIGURES (Cont.)

	Page
Figure 3 Soil moisture volume fraction (a and c) at planting, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 days after planting (DAP), and at final harvest and gravimetric soil moisture content (b and d) at planting, 60, 80 DAP and at final harvest under different water regimes [field capacity (FC) and 1/3 available water (1/3 AW)] average from 0-60 cm depth in 2004/2005 (a and b) and 2005/2006 (c and d).	58
Figure 4 Leaf relative water content (RWC) of 11 peanut genotypes under different water regimes [field capacity (FC) and 1/3 available water (1/3 AW)] in 2004/05 (a) and 2005/06 (b).	59
Figure 5 Soil populations of <i>A. flavus</i> at 60, 80, 90, 100 days after planting (DAP), and final harvest under different water regimes [field capacity (FC) and 1/3 available water (1/3 AW)] in 2004/05 (a) and 2005/06 (b).	59
Figure 6 Genotypic performance of seed colonization by <i>A. flavus</i> under field capacity (FC) (a) and 1/3 available water (1/3 AW) (c) and genotypic performance of aflatoxin contamination under FC (b) and 1/3 AW (d) of 11 peanut genotypes in 2004/2005 and 2005/2006.	65

## CHAPTER V

Figure 1 Relative humidity (%) (a and b), pan evaporation (mm) (a and b), rainfall (mm) (a and b), maximum and minimum air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) (c and d), and solar radiation ( $\text{Cal}/\text{cm}^2$ ) (c and d) during the crop growth period in 2006/07 (a and c) and in 2007/08 (c and d).	81
--	----

## LIST OF FIGURES (Cont.)

	<b>Page</b>
Figure 2 Soil moisture volume fraction (a and c) at planting, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 days after planting (DAP), and at final harvest and gravimetric soil moisture content (b and d) at planting, 60, 80 DAP and at final harvest under different water regimes [field capacity (FC) and 1/3 available water (1/3 AW)] average from 0-60 cm depth in 2006/2007 (a and b) and 2007/2008 (c and d).	85
<b>CHAPTER VI</b>	
Figure 1 Relative humidity (%) (a and b), pan evaporation (mm) (a and b), rainfall (mm) (a and b), maximum and minimum air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) (c and d), and solar radiation ( $\text{Cal}/\text{cm}^2$ ) (c and d) during the crop growth period in 2006/07 (a and c) and in 2007/08 (c and d).	106
Figure 2 Soil moisture volume fraction (a and c) at planting, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 days after planting (DAP), and at final harvest and gravimetric soil moisture content (b and d) at planting, 60, 80 DAP and at final harvest under different water regimes [field capacity (FC) and 1/3 available water (1/3 AW)] average from 0-60 cm depth in 2006/2007 (a and b) and 2007/2008 (c and d).	110



## LIST OF ABBREVIATIONS

ADR	average diameter of roots
AM	aint meridian
ANOVA	analysis of variance
ARS	Agricultural Research Service
$a_w$	water activity
AW	available water
BIO	biomass
BSA	bovine serum albumin
C.V.	coefficient of variation
Cal	calorie
$\text{Cal cm}^{-2}$	calorie per square centimeter
CFU	colony forming unit
ChlD	chlorophyll density
cm	centimeter
$\text{cm plant}^{-1}$	centimeter per plant
$\text{cm}^2$	square centimeter
$\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$	square centimeter per gram
$\text{cm}^2 \text{ plant}^{-1}$	square centimeter per plant
$\text{cm}^3$	cubic centimeter
$\text{cm}^3 \text{ plant}^{-1}$	cubic centimeter per plant
Co.,Ltd.,	company limited
CVs	coefficient of variation
DAP	day after planting
DAS	day after sowing
DAT	day after transplanting
DF	degree of freedom
DSR	drought stress rating
DTI	drought tolerance index
DTI (BIO)	drought tolerance index for biomass
DTI (PY)	drought tolerance index for pod yield

## LIST OF ABBREVIATIONS (Cont.)

e	number of environment
E	east
ELISA	Enzyme Linked Immunosorbent Assay
EMCP	expected mean square of cross product
EMS	expected mean square
Eo	evaporation from class A pan
ETcrop	crop water requirement (mm/day)
ETo	evapotranspiration of a reference plant under specified conditions calculated by pan evaporation method
F	number of family generation
F <sub>4:6</sub>	F <sub>4</sub> -derived lines in the F <sub>6</sub> generation
F <sub>4:7</sub>	F <sub>4</sub> -derived lines in the F <sub>7</sub> generation
FAO	Food and Agriculture Organization
FC	field capacity
FW	sample fresh weight
g	gram
G x E	genotype by environment interaction
g cm <sup>-3</sup>	gram per cubic centimeter
g kg <sup>-1</sup>	gram per kilogram
g plant <sup>-1</sup>	gram per plant
g pot <sup>-1</sup>	gram per pot
h	hour
h <sup>2</sup>	heritability
h <sup>2</sup> <sub>b</sub>	broad-sense heritability
HI	harvest index
HRP	horse radish peroxidase
ICGV	ICRISAT groundnut variety
ICRISAT	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
Inc.	Incorporation



## LIST OF ABBREVIATIONS (Cont.)

Kc	the crop water requirement coefficient
kg	kilogram
kg ha <sup>-1</sup>	kilogram per hectare
KK	Khon Kaen
L	liter
L ha <sup>-1</sup>	liter per hectare
L hr <sup>-1</sup>	liter per hour
LSD	least significant difference
m	meter
m <sup>2</sup>	square meter
masl	meters above sea level
MCP	mean square of cross product
min	minute
mL	milliliter
mL L <sup>-1</sup>	milliliter per liter
mm	millimeter
mm day <sup>-1</sup>	millimeter per day
mm plant <sup>-1</sup>	millimeter per plant
N	north
no.	number
P	probability
PAC	preharvest aflatoxin contamination
PC	personal computer
PEG	polyethylene glycol
ppb	part per billion
PPP	pod per plant
PVC	polyvinyl chloride
PY	pod yield
r	correlation coefficient
R8	harvest maturity (70–80 % matured pods)

## LIST OF ABBREVIATIONS (Cont.)

RCBD	randomized complete block design
RDW	root dry weight
Rep	replication
$r_G$	genotypic correlation
RL	root length
RLD	root length density
$r_p$	phenotypic correlation
RS	root surface
RSR	root : shoot ratio
RV	root volume
RWC	leaf relative water content
S.E.	surface evaporation
SCMR	SPAD chlorophyll meter reading
SDW	shoot dry weight
SE	standard error
SLA	specific leaf area
SPAD	soil plant analysis development
t	days from the last irrigation.
T	transpiration
T-max	maximum air temperature
T-min	minimum air temperature
TE	transpiration efficiency
$\mu\text{S cm}^{-1}$	micro siemens per centimeter
$\mu\text{l}$	micro liter
U.S.	United State
UK	United Kingdom
USA	United State of America
USDA	the United State Department of Agriculture
v/v	volume per volume
UV	ultraviolet



## LIST OF ABBREVIATIONS (Cont.)

WUE	water use efficiency
w/v	weight per volume
Y	number of year
Y x G	year by genotype interaction
Yt	Yasothon