ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
E42180

INFLUENCE OF SHADING ON GROWTH, YIELD AND SOME QUALITY CHARACTERS OF *Coffea arabica* L. cv. Catimor

MISS CHANYARIN SOMPORN

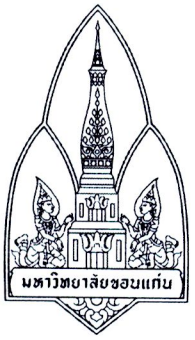
A THESIS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY

KHON KAEN UNIVERSITY

2011

b00256939

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
E42180



INFLUENCE OF SHADING ON GROWTH, YIELD AND SOME QUALITY CHARACTERS OF *Coffea arabica* L. cv. Catimor

MISS CHANYARIN SOMPORN

A THESIS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY

KHON KAEN UNIVERSITY

2011

INFLUENCE OF SHADING ON GROWTH, YIELD AND SOME QUALITY CHARACTERS OF *Coffea arabica* L. cv. Catimor

MISS CHANYARIN SOMPORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN HORTICULTURE
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY
2011

THESIS APPROVAL

KHON KAEN UNIVERSITY

FOR

DOCTOR OF PHILOSOPHY

IN HORTICULTURE

Thesis Title: Influence of Shading on Growth, Yield and Some Quality Characters of *Coffea arabica* L. cv. Catimor.

Author: Miss.Chanyarin Somporn

Thesis Examination Committee:

Dr. Supat	Isarangkool Na Ayuthaya	Chairperson
Dr. Banyong	Toomsan	Member
Associate Professor Dr. Amnouy	Kamtuo	Member
Associate Professor Dr. Piyada	Theerakulpisut	Member
Associate Professor Dr. Sirithon	Siriamornpun	Member
Dr. Pongsak	Yang-Yuen	Member

Thesis Advisors:

..... Advisor
(Associate Professor Dr. Amnouy Kamtuo)

..... Co-Advisor
(Associate Professor Dr. Piyada Theerakulpisut)

..... Co-Advisor
(Associate Professor Dr. Sirithon Siriamornpun)

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

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

Copyright of Khon Kaen University

ชัญญรินทร์ สมพร. 2554. ***อิทธิพลของร่มเงาที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพบางประการของกาแฟอราบิก้า สายพันธุ์คาร์ติมอร์***. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ. ดร. อำนวย คำตื้อ,
รศ. ดร. ปิยะดา ธีระกุลพิศุทธิ์,
รศ. ดร. ศิริธร ศิริอมรพรรณ

บทคัดย่อ

E 42180

การศึกษากาแฟอราบิก้า สายพันธุ์คาร์ติมอร์ (*Coffea arabica* L. var. Catimor) ที่ปลูกภายใต้ระดับการพรางแสงต่างกัน คือ ปลูกกลางแจ้ง ปลูกภายใต้การพรางแสงด้วยซาแรนที่ป้องกันแสงผ่าน 50 เปอร์เซ็นต์ 60 เปอร์เซ็นต์และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการปลูกใต้ต้นลิ้นจี่ โดยศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิก และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่ากาแฟที่ปลูกในภายใต้สภาพการพรางแสงเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ น้ำหนักเมล็ด และขนาดของเมล็ดกาแฟดิบเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนกาแฟที่ปลูกภายใต้ต้นลิ้นจี่ส่งผลให้มีเมล็ดกาแฟดิบ ผลผลิต น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด นอกจากนี้แล้วการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 10 ชนิด ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography) พบว่าเมล็ดกาแฟจากต้นที่ปลูกใต้ต้นลิ้นจี่มีปริมาณกรดคลอโรจินิกสูงที่สุด (125 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม) ตามด้วยกาแฟที่ปลูกภายใต้การพรางแสง 60 เปอร์เซ็นต์ 70 เปอร์เซ็นต์และ50 เปอร์เซ็นต์ คือ 80 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม 73 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม และ 71 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ ส่วนกาแฟที่ปลูกกลางแจ้งมีปริมาณ กรดคลอโรจินิกน้อยที่สุดคือ 62 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม แต่พบว่ามีปริมาณกรดวานิลิก และกรดคาเฟอิกสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณกรดคลอโรจินิกอีกด้วย ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้จึงกล่าวได้ว่าการปลูกกาแฟ โดยมีการพรางแสงสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดกาแฟดิบได้

ส่วนที่สองเป็นการศึกษาผลของระดับการคั่วที่มีผลต่อสี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การคั่วอ่อน (230 องศาเซลเซียส นาน 12 นาที) การคั่วปานกลาง (240 องศาเซลเซียส นาน 14 นาที) และการคั่วเข้ม (250 องศาเซลเซียส นาน 17 นาที) พบว่า ระดับการคั่วมีผลต่อสีเมล็ดกาแฟ โดยค่า L และ b

E42180

จะลดลงเมื่อผ่านการคั่วในอุณหภูมิที่สูงและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ โดยเมล็ดกาแฟที่คั่วระดับอ่อนมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และเมื่อจำแนกชนิดของสารประกอบฟีนอลลิกด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง พบว่ากรดคลอโรจินิกพบมากที่สุดในเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วทุกๆ ระดับการคั่ว นอกจากนี้แล้ว ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะลดลงตามอุณหภูมิและระยะเวลาการคั่วที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากกรดไซริงิก กรดพาราคูมาริก กรดกาลิก และกรดไซแนบปิกที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับการคั่วที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาเพิ่มขึ้น ส่วนกรดวานิลิก กรดคาเฟอิก และกรดโฟโตคาเทควิกมีปริมาณสูงสุดในเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วระดับกลาง นอกจากนี้ยังพบว่า กรดเฟอรูริกและกรดพาราไฮดรอกซิลเบนโซอิกมีปริมาณสูงที่สุดในเมล็ดที่ผ่านการคั่วระดับเข้ม ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้จึงกล่าวได้ว่าการคั่วกาแฟที่ระดับอ่อนส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดกาแฟในด้านปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

Chanyarin Somporn. 2011. ***Influence of Shading on Growth, Yield and Some Quality Characters of Coffea arabica L. cv. Catimor***. Doctor of Philosophy in Horticulture, Graduate School, Khon Kaen University

Thesis advisor: Assoc. Prof. Dr.Amnouy Kamtuo,
Assoc. Prof. Dr.Piyada Theerakulpisut,
Assoc. Prof. Dr.Sirithon Siriamornpun

ABSTRACT

E42180

The present study assessed the changes in some phenolic compounds, antioxidant activity and agronomic characters of coffee beans (*Coffea arabica* L. var. Catimor) as affected by different shading conditions including full sun, three artificial shading conditions using a saran covering: 50% shade, 60% shade, and 70% shade and lychee shade. Beans weight and bean size were significantly increased ($p<0.05$) when shade level was progressively increased. The coffee beans grown under lychee shade exhibited superior bean yield, 1000-bean weight, total phenolic content and antioxidant activity to all other beans. Chlorogenic acid was the most predominant phenolic acid in all samples studied. The highest values of chlorogenic acid content were obtained for the beans grown under lychee shade (125 mg/100 g sample), followed by 60% shade (89 mg/100 g sample), 70 % shade (73 mg/100 g sample), 50 % (71 mg /100 g sample) and full sun (62 mg/ 100 g sample), respectively. In contrast, the bean grown under full sun had the highest amount of vanillic acid and caffeic acid. In this study we found that antioxidant activity was highly positively associated with chlorogenic acid content. Under climatic conditions similar to this experiment, it is advisable that the growers provide shades to the coffee crop to reduce heat from direct sunlight and promote yield as well as obtain good quality of coffee beans. Furthermore, the present study assessed the effect of roasting on color, phenolic compounds and antioxidant activity of coffee beans. Three roasting degrees called light, medium and dark were set up at 230 °C for 12 min, 240 °C for 14 min, and 250 °C for 17 min, respectively. The roasted beans were ground to powder and determined for color, antioxidant activity and phenolic acid content. For the color,

E 42180

L and *b* values were increased with an increase of roasting degree. Increasing the roasting degrees led to a decrease in radical scavenging activity. Maximum radical scavenging activity was observed for the light roasted coffee, followed by the medium and the dark coffee had the lowest antioxidant activity. Identification of phenolic acids content by using high performance liquid chorography showed that chlorogenic acid was the most predominant among 10 identified phenolic acid types, in green and all roasted bean. The total phenolic acids content decreased significantly at different roasted degree, the light roasted beans showed the highest values of total phenolic acid content, followed by the medium and the dark roasted had the lowest. Syringic acid, *p*-coumaric acid, gallic acid and sinapic acid were increased with increasing roasting degree. The contents of vanillic acid, caffeic acid and protocatechuic acid were highest in medium degree, while the values of ferulic acid and *p*-hydroxylbenzoic acid were highest in dark roasting degree. Our study has demonstrated that light roasting gave the most desirable quality of roasted coffee with respect to phenolic content and radical scavenging activities.

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, Associate Professor Dr. Amnouy Kamtuo, for his kind help, concern and endless support during my research study. I would like to thank my thesis committee: Associate Professor Dr. Piyada Theerakulpisut and Associate Professor Dr. Sirithon Siriamornpun for their valuable and excellent guidance, and helpful advices and suggestions. I wish to thank Dr. Supat Isarangkool Na Ayutthaya, Dr. Banyong Toomsan and Dr. Pongsak Yang-Yuen thesis examining committee for their kind support and advice in revising my thesis.

I gratefully acknowledge Dr. Sakunkarn Simla, Miss Nopporn Koogrum, Miss Paongpetch Phimchan, Miss Pornpimol Raksakanton, Miss Jittawan Kubola and Mr.Thawan Kesmala for their valuable advice and assistance in data collection. I thank the work of many people in field data collection and processing.

Grateful acknowledgements are also made to Roi Et Rajabhat University (Thailand) and the Thailand Research Fund for financial supports through the program Strategic Scholarships for Frontier Research Network for the Joint Ph.D. Program Thai Doctoral degree from the Office of the Higher Education Commission (Thailand).

Assistance was also received from the faculty member at the Horticulture, Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University.

Finally, I would like to thank my father, mother, the Somporn family and the Pomthong family for their unconditional love, support and help.

Chanyarin Somporn

TABLE OF CONTENTS

	Page
ABSTRACT (IN THAI)	i
ABSTRACT (IN ENGLISH)	iii
ACKNOWLEDGEMENTS	v
LIST OF TABLES	vii
LIST OF FIGURES	xi
LIST OF ABBREVIATIONS	xii
CHAPTER I INTRODUCTION	1
1. Rationale	1
2. Objectives	3
3. Expected results	3
CHAPTER II LITERATURE REVIEW	4
1. Background of Arabica coffee	4
2. Coffee quality	5
3. Relation between chemical compositions of coffee beans and Arabica coffee quality	13
4. Sensory evaluation of coffee quality	15
5. Environmental effects on coffee quality	20
6. Environmental effects on growth and physiology of coffee plants	26
7. Effect of postharvest processing on coffee quality	30
8. Phenolic compounds	39
CHAPTER III METHODOLOGY	42
1. Experiment 1	43
2. Experiment 2	49
3. Quality data	50

TABLE OF CONTENTS (Cont.)

	Page
CHAPTER IV RESULTS AND DISSCUSSIONS	52
1. Effects of shading on growth, yield and some quality characters of coffee bean (*Coffea arabica* L. cv. Catimor)	52
2. Effects of shading and roasting degree on color, moisture content, percentage losses or gains of antioxidant activity and total phenolic content, some quality characters and cup test in roasted coffee	72
3. Sensory evaluations of roasted coffee	94
CHAPTER V GENERAL CONCLUSION	102
1. Effects of shading on growth, yield and some quality characters in coffee bean (*Coffea arabica* L. cv. Catimor)	102
2. Effects of shading and roasting degree on color, moisture content, some quality characters and cup test in coffee bean (*Coffea arabica* L. cv. Catimor)	103
REFERENCES	104
VITAE	118

TABLE OF TABLES

		Page
Table 1	Group of volatile compounds identified of coffee bean	7
Table 2	Volatile compounds coffee bean and their aroma quality	8
Table 3	Odor description of pyrazine	9
Table 4	Acids in coffee beans	10
Table 5	Compounds that give bitterness in coffee and their taste threshold	11
Table 6	Compound that give bitterness in coffee	12
Table 7	Chemical components of green beans (dry weight basis)	19
Table 8	Chemical components of roasted coffee beans (dry weight basis)	20
Table 9	Effects of roasting levels on smell of coffee	32
Table 10	Physical and chemical properties of Arabica and Robusta coffee after roasting	37
Table 11	Light intensity and temperature of coffee grown under different shading conditions	44
Table 12	Light intensity and canopy temperature of coffee grown under different shading conditions	56
Table 13	Leaf nutrient concentrations in coffee grown under different shade conditions	57
Table 14	Chlorophyll a and chlorophyll b of coffee leaf of coffee grown under different shading conditions	57
Table 15	Caffeic acid (mg/100 g fresh sample) in different pairs of coffee leaves grown under different shading conditions	58
Table 16	Plant height (cm), stem diameter (cm), number of branches, nodes per branch, fruits per branch and fruit weight of coffee beans grown under different shading conditions	61
Table 17	Total ripening fruit/branch, total ripening fruit/plant, total coffee bean/plant (g) and total green bean/plant (g) of coffee beans grown under different shading conditions	62

TABLE OF TABLES (Cont.)

		Page
Table 18	Bean size, bean weight (g/1000 seed), bean weight per plant, bean yield per plant (g) and bean yield (kg/ha) of coffee beans grown under different shading conditions	63
Table 19	Color values of coffee bean	64
Table 20	Phenolic-acid contents of coffee beans (mg/100 g fresh sample) grown under different light intensities	68
Table 21	Correlations (r) between antioxidant activity determined by DPPH assay and total phenolic content, chlorogenic acid, vanillic acid, caffeic acid, protocatechuic acid, sinapic acid, *p*-hydroxybenzoic acid, syringic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid and gallic acid	70
Table 22	Sugar composition in coffee bean grown under different shading conditing	72
Table 23	Total phenolic content (mg GAE/g) and DPPH radical scavenging activity (%) of coffee beans under five shade conditions	76
Table 24	Total phenolic content (mg GAE/g) and DPPH radical scavenging activity (%) coffee beans in different roasting levels	77
Table 25	Total phenolic content (mg GAE/g) and DPPH radical scavenging activity (%) of coffee beans under five shade conditions and different roasting levels	79
Table 26	Phenolic acids in coffee beans grown under different shading conditions	84
Table 27	Phenolic acids in coffee beans in different roasting levels	85
Table 28	Phenolic acid contents (mg/100 g fresh sample) of coffee beans under grown different shade conditions and roasted different levels	86
Table 29	Correlations among phenolic acids and total phenolic contents	91
Table 30	Sugar composition in coffee bean grown under five growing conditions and roasted at three roasting levels	92

TABLE OF TABLES (Cont.)

		Page
Table 31	Sugar composition in coffee bean grown under different shading conditions and roasted at different conditions	93
Table 32	Correlation coefficients (r) among shading levels, roasting degree and sugar compositions	94
Table 33	Sensory evaluation of coffee beans grown under full sun condition and subjected to different roasting degrees for aroma, acidity, body, preference and bitterness	95
Table 34	Sensory evaluation of coffee beans grown under 50% shading condition and subjected to different roasting degrees for aroma, acidity, body, preference and bitterness	96
Table 35	Sensory evaluation of coffee beans grown under 60% shading condition and subjected to different roasting degrees for aroma, acidity, body, preference and bitterness	96
Table 36	Sensory evaluation of coffee beans grown under lychee shading condition and subjected to different roasting degrees for aroma, acidity, body, preference and bitterness	97
Table 37	Sensory evaluation of coffee beans grown under 70% shading condition and subjected to different roasting degrees for aroma, acidity, body, preference and bitterness	98
Table 38	Correlation coefficients (r) among acidity, aroma, bitterness, body, preference and roasting level in full sun	99
Table 39	Correlation coefficients (r) among acidity, aroma, bitterness, body, preference and roasting level in 50% shade	99
Table 40	Partial correlation coefficients (r) among acidity, aroma, bitterness, body, preference and roasting level in 60% shade	100
Table 41	Correlation coefficients (r) among acidity, aroma, bitterness, body, preference and roasting level in lychee shade	100
Table 42	Correlation coefficients (r) among acidity, aroma, bitterness, body, preference and roasting level in 70% shade	101

TABLE OF FIGURES

		Page
Figure 1	Structure of caffeine	13
Figure 2	Structure formula of sucrose	14
Figure 3	Structure formula of chlorogenic acids	15
Figure 4	Chemical changes in coffee resulted from roasting	36
Figure 5	Phenolic compounds as antioxidants	40
Figure 6	Monthly rainfall and average temperature under during growth of coffee at Chulabhorn Dam Agricultural Research and Training Station (CRTS), Faculty of Agriculture, Khon Kean University, Chaiyaphum Province, Thailand.	53
Figure 7	Temperature during the daytime under different growth conditions of coffee	55
Figure 8	DPPH radical scavenging activity (%) of coffee beans under five shade conditions	63
Figure 9	Total phenolic content of coffee beans under five shading conditions	64
Figure 10	Typical chromatograms of standard and green bean phenolic acids of coffee bean	67
Figure 11	L^*, a^*, b^* hunter values of ground coffee beans as a function of the roasting degree of coffee beans grown under shading conditions	72
Figure 12	Levels of moisture in coffee bean to different roasting conditions.	73
Figure 13	Percentage loss or gain of total phenolic content and DPPH Radical scavenging activity for coffee bean samples after roasted compared to green bean	79
Figure 14	Typical chromatograms of standard phenolic compounds.	86

LIST OF ABBREVIATIONS

^0C	degree Celsius
cm	centimeter
cm^2	square centimeter
CV	coefficient of variation
g	gram
h	hour
h^{-1}	per hour
ha^{-1}	per hactare
K	potassium
kg ha^{-1}	kilogram per hectare
m^2	square meter
mg $CO_2m^{-2}s^{-1}$	milligram of carbon dioxide per square meter per second
mm	millimeter
m.a.s.l.	metres above sea level
N	nitrogen
P	phosphorus
p	probability
r	correlation coefficient