

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฐ
อักษรย่อหรือสัญลักษณ์	ถ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร	3
2.1 ลักษณะทั่วไปของมะม่วง	3
2.2 มะม่วงพันธุ์มหาชนก	5
2.3 การเจริญเติบโตของผลมะม่วง	8
2.4 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผลในระหว่างการเจริญของผล	9
2.5 การสังเคราะห์และสลายตัวของรงควัตถุในเปลือกผล	9
2.6 เอนไซม์ฟีนิลอะลานีน แอมโมเนีย-ไลเอส (phenylalanine ammonia-lyase; PAL)	27
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีแดง การสะสมแอนโทไซยานินและการทำงานของเอนไซม์ PAL	31
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	45
3.1 อุปกรณ์	45

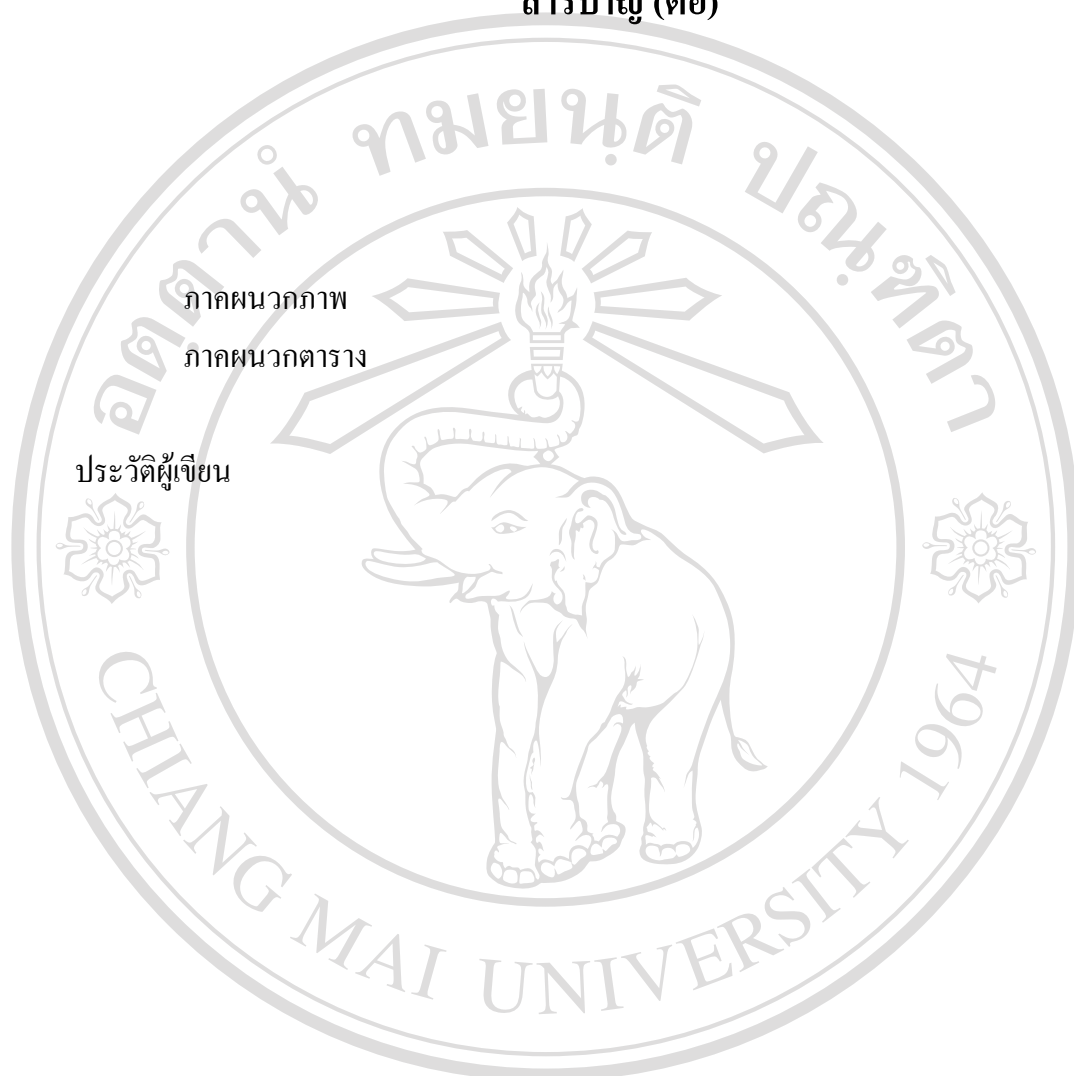
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เครื่องมือ	45
3.3 สารเคมี	46
3.4 พืชทดลอง	47
3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	47
3.5.1 การทดลองที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกและแอกทิวิตีของฟีนอลอะลานีน แอมโมเนีย-ไลเอส (PAL) ในเปลือกผลระหว่างการเจริญของ ผล	47
3.5.2 การทดลองที่ 2 ผลของแสงต่อปริมาณแอนโทไซยานินและ แอกทิวิตีของฟีนอลอะลานีน แอมโมเนีย-ไลเอส (PAL) ในเปลือก ผลระหว่างการเจริญของผล	52
3.5.3 การทดลองที่ 3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบาง ชนิดต่อปริมาณแอนโทไซยานินและแอกทิวิตีของฟีนอลอะลานีน แอมโมเนีย-ไลเอส (PAL) ในเปลือกผลระหว่างการเจริญ ของผล	56
3.6 การประเมินและวิเคราะห์ผล	58
3.7 สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล	58
3.8 ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย	58
บทที่ 4 ผลการวิจัย	59
4.1 การทดลองที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกและแอกทิวิตีของฟีนอลอะลานีน แอมโมเนีย-ไลเอส (PAL) ในเปลือกผลระหว่างการเจริญของผล	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การทดลองที่ 2 ผลของแสงต่อปริมาณแอนโทไซยานินและแอกทิวิตีของฟีนอละตานิโน แอมโมเนีย-ไลเอส (PAL) ในเปลือกผลระหว่างการเจริญของผล	68
4.3 การทดลองที่ 3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดต่อปริมาณแอนโทไซยานินและแอกทิวิตีของฟีนอละตานิโน แอมโมเนีย-ไลเอส (PAL) ในเปลือกผลระหว่างการเจริญของผล	88
บทที่ 5 วิจัยผลการวิจัย	100
5.1 การทดลองที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินสารประกอบฟีนอลิกและแอกทิวิตีของฟีนอละตานิโน แอมโมเนีย-ไลเอส (PAL) ในเปลือกผลระหว่างการเจริญของผล	100
5.2 การทดลองที่ 2 ผลของแสงต่อปริมาณแอนโทไซยานินและแอกทิวิตีของฟีนอละตานิโน แอมโมเนีย-ไลเอส (PAL) ในเปลือกผลระหว่างการเจริญของผล	104
5.3 การทดลองที่ 3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดต่อปริมาณแอนโทไซยานินและแอกทิวิตีของฟีนอละตานิโน แอมโมเนีย-ไลเอส (PAL) ในเปลือกผลระหว่างการเจริญของผล	112
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย	120
บรรณานุกรม	121
ภาคผนวก	134

สารบัญ (ต่อ)



หน้า

135

142

171

ภาคผนวกภาพ

ภาคผนวกตาราง

ประวัติผู้เขียน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในผลไม้บางชนิด	13
2.2 สีของแอนโทไซยานินที่เกิดจากการจับกันของ hydroxyl group กับ anthocyanidin ที่ตำแหน่งต่างกัน	22
2.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในผลไม้บางชนิด	24

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 ใบของมะม่วงพันธุ์มหาชนก	6
2.2 ลำต้นและทรงพุ่มของมะม่วงพันธุ์มหาชนก	6
2.3 ดอกของมะม่วงพันธุ์มหาชนก	7
2.4 ผลของมะม่วงพันธุ์มหาชนก	7
2.5 โครงสร้างโมเลกุลของไพโรล (pyrrole) และพอร์ไฟริน (porphyrin)	10
2.6 สูตรโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ เอ	11
2.7 สูตรโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ บี	11
2.8 สูตรโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ซี	12
2.9 สูตรโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ดี	12
2.10 กระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เอ	15
2.11 กระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์	16
2.12 กระบวนการสังเคราะห์ β -carotene	18
2.13 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิน	20
2.14 สูตรโครงสร้างของแอนโทไซยานินบางชนิด	21
2.15 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินอันเนื่องมาจาก pH	23
2.16 การสังเคราะห์รงควัตถุแอนโทไซยานิน	26
2.17 กระบวนการดั่งหมูแอมโมเนียของ L-phenylalanine โดยมีเอนไซม์ PAL	27
เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	
2.18 กระบวนการสังเคราะห์สารประกอบสำคัญที่เกิดจากกระบวนการฟีนิลโพรพานอยด์	28
2.19 โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟลาโวนอยด์	29
2.20 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด	30
2.21 การเปลี่ยนรูปของไฟโตโครม P_r และ P_{fr} เมื่อได้รับแสงสีแดงและแสงเหนือแดง	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า	
3.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการห่อผลมะม่วง	53
3.2	แผ่นสะท้อนแสงที่ใช้ในการสะท้อนแสงแก่ผลมะม่วง	53
3.3	ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ได้รับแสงในสภาพต่างกัน 3 วิธี คือ ได้รับแสงอาทิตย์ในสภาพปกติ ไม่ได้รับแสงโดยการห่อผล และเพิ่มการได้รับแสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นสะท้อนแสง	54
3.4	ขึ้นเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ใช้ในการทดลอง	55
3.5	วิธีการให้ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชโดยการจุ่มผล	57
4.1	ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในระหว่างการเจริญของผล (28–133 วันหลังจากดอกบาน)	60
4.2	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผลในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	61
4.3	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สีแดงของผลในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	62
4.4	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สีเหลืองของผลในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	63
4.5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินทั้งหมดในเปลือกผลในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	64
4.6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเปลือกผลในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	65
4.7	การเปลี่ยนแปลงแอกทิวิตีของเอนไซม์ PAL ในเปลือกผลในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	66
4.8	การเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตเอทิลีนของผลในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.9 ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในสภาพที่ผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ ได้รับแสงปกติ (ชุดควบคุม) ไม่ได้รับแสงโดยการห่อผล และได้รับแสงเพิ่มโดยใช้แผ่นสะท้อนแสงในระหว่างการเจริญของผล (70-133 วันหลังจากดอกบาน)	69
4.10 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผลในสภาพที่ผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ ได้รับแสงปกติ (ชุดควบคุม) ไม่ได้รับแสงโดยการห่อผล และได้รับแสงเพิ่มโดยใช้แผ่นสะท้อนแสงในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	70
4.11 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สีแดงของผลในสภาพที่ผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ ได้รับแสงปกติ (ชุดควบคุม) ไม่ได้รับแสงโดยการห่อผล และได้รับแสงเพิ่มโดยใช้แผ่นสะท้อนแสงในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	72
4.12 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สีเหลืองของผลในสภาพที่ผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ ได้รับแสงปกติ (ชุดควบคุม) ไม่ได้รับแสงโดยการห่อผล และได้รับแสงเพิ่มโดยใช้แผ่นสะท้อนแสงในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	73
4.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเปลือกผลในสภาพที่ผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ ได้รับแสงปกติ (ชุดควบคุม) ไม่ได้รับแสงโดยการห่อผล และได้รับแสงเพิ่มโดยใช้แผ่นสะท้อนแสงในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	74
4.14 การเปลี่ยนแปลงเอกทิวติของเอนไซม์ PAL ในเปลือกผลในสภาพที่ผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ ได้รับแสงปกติ (ชุดควบคุม) ไม่ได้รับแสงโดยการห่อผล และได้รับแสงเพิ่มโดยใช้แผ่นสะท้อนแสงในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	75

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.15	ขึ้นเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกอายุ 80 วัน ในสภาพที่ได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ ได้รับแสงฟลูออเรสเซนต์ แสงอุตราไวโอเลต และ ไม่ได้รับแสงในสภาพ <i>in vitro</i> เป็นเวลา 10 วัน	76
4.16	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* , a^* และ b^* ของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มี อายุ 80 วันหลังจากดอกลานในสภาพที่เปลือกผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ แสงฟลูออเรสเซนต์ แสงอุตราไวโอเลต และ ไม่ได้รับแสงใน สภาพ <i>in vitro</i> เป็นเวลา 10 วัน	78
4.17	ขึ้นเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกอายุ 90 วัน ในสภาพที่ได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ ได้รับแสงฟลูออเรสเซนต์ แสงอุตราไวโอเลต และ ไม่ได้รับแสงในสภาพ <i>in vitro</i> เป็นเวลา 10 วัน	79
4.18	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* , a^* และ b^* ของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มี อายุ 90 วันหลังจากดอกลานในสภาพที่เปลือกผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ แสงฟลูออเรสเซนต์ แสงอุตราไวโอเลต และ ไม่ได้รับแสงใน สภาพ <i>in vitro</i> เป็นเวลา 10 วัน	81
4.19	ขึ้นเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกอายุ 100 วัน ในสภาพที่ได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ ได้รับแสงฟลูออเรสเซนต์ แสงอุตราไวโอเลต และ ไม่ได้รับแสงในสภาพ <i>in vitro</i> เป็นเวลา 10 วัน	82
4.20	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* , a^* และ b^* ของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มี อายุ 100 วันหลังจากดอกลานในสภาพที่เปลือกผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ แสงฟลูออเรสเซนต์ แสงอุตราไวโอเลต และ ไม่ได้รับแสงใน สภาพ <i>in vitro</i> เป็นเวลา 10 วัน	84

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินทั้งหมดของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุ 80, 90 และ 100 วันหลังจากดอกบาน ในสภาพที่เปลือกผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ แสงฟลูออเรสเซนต์ แสงอุลตราไวโอเลต และไม่ได้รับแสงในสภาพ <i>in vitro</i> เป็นเวลา 10 วัน	86
4.22 การเปลี่ยนแปลงแอกทิวิตีของเอนไซม์ PAL ในเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุ 80, 90 และ 100 วันหลังจากดอกบาน ในสภาพที่เปลือกผลได้รับแสงแตกต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ แสงฟลูออเรสเซนต์ แสงอุลตราไวโอเลต และไม่ได้รับแสงในสภาพ <i>in vitro</i> เป็นเวลา 10 วัน	87
4.23 ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกภายหลังผลได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกัน 5 กรรมวิธี คือ เอทีฟอน 200 ppm, เอทีฟอน 400 ppm, ABA 200 ppm, ABA 400 ppm และน้ำกลั่นในระหว่างการเจริญของผล (98-133 วันหลังจากดอกบาน)	89
4.24 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผล ภายหลังจากผลได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกัน 5 กรรมวิธี คือ เอทีฟอน 200 ppm, เอทีฟอน 400 ppm, ABA 200 ppm, ABA 400 ppm และน้ำกลั่นในระหว่างการพัฒนาของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	90
4.25 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สีแดงของผลภายหลังผลได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกัน 5 กรรมวิธี คือ เอทีฟอน 200 ppm, เอทีฟอน 400 ppm, ABA 200 ppm, ABA 400 ppm และน้ำกลั่นในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	92
4.26 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สีเหลืองของผลภายหลังผลได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกัน 5 กรรมวิธี คือ เอทีฟอน 200 ppm, เอทีฟอน 400 ppm, ABA 200 ppm, ABA 400 ppm และน้ำกลั่นในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	93

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.27	การเปลี่ยนแปลงปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินทั้งหมดในเปลือกผล ภายหลังผลได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกัน 5 กรรมวิธี คือ เอทีฟอน 200 ppm, เอทีฟอน 400 ppm, ABA 200 ppm, ABA 400 ppm และน้ำกลั่นในระหว่างการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	95
4.28	การเปลี่ยนแปลงแอกทิวิตีของเอนไซม์ PAL ในเปลือกผลภายหลังผลได้รับสาร ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกัน 5 กรรมวิธี คือ เอทีฟอน 200 ppm, เอทีฟอน 400 ppm, ABA 200 ppm, ABA 400 ppm และน้ำกลั่นในระหว่าง การเจริญของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	96
4.29	แอกทิวิตีของเอนไซม์ PAL ในสภาพ <i>in vitro</i> ของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์ มหาชนกอายุแตกต่างกัน ในสภาพที่มี ABA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับความเข้มข้น คือ 0, 25, 50, 100, 200 และ 400 ppm	98
4.30	แอกทิวิตีของเอนไซม์ PAL ในสภาพ <i>in vitro</i> ของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์ มหาชนกอายุแตกต่างกัน ในสภาพที่มีเอทีฟอนที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับความเข้มข้น คือ 0, 25, 50, 100, 200 และ 400 ppm	99
5.1	กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนของผลในระหว่างการสุก	114
5.2	กลไกการทำงานของ enzyme gene เมื่อถูกกระตุ้นการทำงานโดยกรดจัสโมนิก	118
5.3	กระบวนการสังเคราะห์แอนโทไซยานินเมื่อถูกควบคุมโดย enzyme gene ที่ ต่างกันในการเกิดการเกิดปฏิกิริยา	118

อักษรย่อหรือสัญลักษณ์

อักษรย่อหรือสัญลักษณ์	ชื่อเต็ม
ABA	Absciscic acid
ANS	Anthocyanidin synthase
C4H	Cinnamate 4-hydroxylase
CHI	Chalcone isomerase
CHS	Chalcone synthase
4CL	4-Coumarate: CoA ligase
DAF	Days after full bloom
2, 4-D	2, 4-Dichlorophenoxyacetic acid
DFR	Dihydroflavonol 4-reductase
DNA	Deoxyribonucleic acid
F3H	Flavanone 3-hydroxylase
F3'H	Flavonoid 3'-hydroxylase
F3'5'H	Flavonoid 3'-5'-hydroxylase
FLS	Flavonol synthase
GA	Gibberellins
3GT	Flavonoid 3-glucosyltransferase
hr	Hour
LDOX	Leucoanthocyanidin dioxygenase
NAA	Napthaleneacetic acid
PAL	Phenylalanine ammonia-lyase
RNA	Ribonucleic acid (mRNA, messenger; rRNA, ribosomal; tRNA, transfer)
UFGluT	UDP-flavonoid glucosyl transferase
UV	Ultraviolet