



# รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

การวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณโปรโมเตอร์ของยีน *Hd1* ในข้าว  
ANALYSIS OF PROMOTER SEQUENCE OF *Hd1* GENE IN RICE

โดย

ยุพเยาว์ คบพิมาย วราภรณ์ แสงทอง

2552



## รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณโปรโมเตอร์ของยีน *Hd1* ในข้าว

ANALYSIS OF PROMOTER SEQUENCE OF *Hd1* GENE IN RICE

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2550

จำนวน 225,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นางสาวยุพเยาว์ คบพิมาย

ผู้ร่วมโครงการ นางสาววราภรณ์ แสงทอง

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

3 / พ.ย. / 52

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลงได้จากการสนับสนุน ช่วยเหลือ และความร่วมมือจากบุคคลหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตรที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2550

ขอบคุณ ผศ.ดร.วราภรณ์ แสงทอง ผู้ร่วมวิจัยที่ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา ผศ.ดร.ช่อทิพา สกุลสิงหาโรจน์ ที่ให้คำปรึกษาและอนุเคราะห์สารเคมีบางส่วนในการทำพีชีอาร์ ผศ.ดร.แสงทอง พงษ์เจริญกิต ที่ให้คำปรึกษาในการทำพีชีอาร์และการวิเคราะห์ตำแหน่งโปรโมเตอร์ นายศรัณย์ จินะเจริญ ที่ช่วยเหลือในการวิจัยทั้งในห้องปฏิบัติการและในแปลงทดลอง และนักศึกษาที่ทำวิจัยในห้องปฏิบัติการพันธุศาสตร์โมเลกุลที่ช่วยเหลือข้าพเจ้าในระหว่างการทำวิจัย คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้องทุกคน ที่รักและให้กำลังใจตลอดมา

ขอบคุณกรมการข้าวที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวในการวิจัย

ขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัย

ยุพเยาว์ คบพิมาย

พฤศจิกายน 2552

## สารบัญ

| เรื่อง               | หน้า |
|----------------------|------|
| บทคัดย่อ             | 1    |
| คำนำ                 | 2    |
| วัตถุประสงค์         | 3    |
| การตรวจเอกสาร        | 3    |
| อุปกรณ์และวิธีการ    | 7    |
| ผลการทดลองและวิจารณ์ | 9    |
| เอกสารอ้างอิง        | 25   |
| ภาคผนวก              | 28   |

# การวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณโปรโมเตอร์ของยีน *Hd1* ในข้าว ANALYSIS OF PROMOTER SEQUENCE OF *Hd1* GENE IN RICE

นางสาวยุพเยาว์ คบพิมาย Miss YUPPAYAO KOPHIMAI

นางสาววราภรณ์ แสงทอง Miss VARAPORN SANGTONG

## บทคัดย่อ

จากการศึกษาลำดับเบสบริเวณหน้ายีน *Hd1* ในข้าวไวแสง 6 พันธุ์ ได้แก่ นางมด เอส-4, เหลืองประทิว 123, ขาวตาแห้ง 17, กข 6, กข 15 และเหนียวสันป่าตอง ในข้าวไม่ไวแสง 6 พันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท 1, สุรินทร์ 1, แพร่ 1, พิษณุโลก 2, กข 21 และสันป่าตอง 1 พบว่าลำดับเบสบริเวณดังกล่าวมีความคล้ายกันมาก พบเพียงการแทนที่เบส 5 ตำแหน่ง และมีความผันแปรของจำนวนนิวคลีโอไทด์ไซโตซีนที่ซ้ำกันระหว่าง 18-25 นิวคลีโอไทด์ เมื่อวิเคราะห์ตำแหน่งที่น่าจะเป็นโปรโมเตอร์โดยใช้โปรแกรม TSSP และ PLACE พบว่าข้าวทุกพันธุ์มีตำแหน่งที่คาดว่าจะโปรโมเตอร์เหมือนกัน เมื่อศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณเอกซอน 1 พบการแทนที่เบส 1 ตำแหน่ง แต่โปรตีนที่สร้างได้ไม่แตกต่างกัน ส่วนลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณเอกซอน 2 มีการขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์ AAGA ในข้าวไม่ไวแสงทุกพันธุ์ยกเว้น ชัยนาท 1 การขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์บริเวณนี้ทำให้การสร้างโปรตีนบริเวณ CCT motif ไม่สมบูรณ์ ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้าวเหล่านี้ไม่ไวแสง

## ABSTRACT

The upstream regions of *Hd1* gene in six photoperiod-sensitive rices (Nahng Mon S-4, Leuang Pratew 123, Khao Tah Haeng 17, RD 6, RD 15 and Niaw San-pah-tawng) and six photoperiod-insensitive rices (Chai Nat 1, Surin 1, Phrae 1, Phitsanulok 2, RD 21 and San-pah-tawng 1) were investigated. The results showed five positions of base substitution and variations of poly-C (18-25 nucleotides) but there is no difference in promoter positions predicted by TSSP and PLACE programmes among 12 rice cultivars. In addition, there is one position of base substitution in exon 1 but it does not cause differentiation of protein. However, five photo-insensitive cultivars showed deletion of AAGA nucleotides in exon 2. The deletion results in incomplete CCT motif protein. This might make the five rices insensitive to photoperiod.

## คำนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญของโลกและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เฉพาะในประเทศไทยมีการบริโภคข้าวเฉลี่ยคนละ 130 กิโลกรัมต่อปี (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2544) และมีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและนาปรังรวมกันประมาณ 62 ล้านไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 26 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าผลผลิตทั้งหมดที่เกษตรกรขายได้ 125,000 ล้านบาท ซึ่งถือว่าทำรายได้เป็นอันดับต้นๆ ของสินค้าส่งออกทั้งหมดของประเทศ ในปัจจุบันประเทศไทยมีพันธุ์ข้าวที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์และรับรองพันธุ์แล้วกว่า 85 พันธุ์ ในจำนวนนี้มีทั้งข้าวที่ไวต่อช่วงแสง และข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ข้าวที่ไวต่อช่วงแสงจะออกดอกได้เฉพาะในฤดูการทำนาปีเท่านั้น ส่วนข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงสามารถออกดอกได้ทุกฤดูปลูก ตัวอย่างข้าวที่ไวต่อช่วงแสงได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 กข 6 และปทุมธานี 60 เป็นต้น ข้าวเหล่านี้ล้วนเป็นข้าวคุณภาพดี เมื่อหุงสุกแล้วมีกลิ่นหอม เป็นที่นิยมบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2546) ด้วยข้อจำกัดที่ข้าวเหล่านี้เป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง จึงสามารถปลูกได้เพียงปีละ 1 ครั้ง ทำให้ไม่สามารถผลิตข้าวคุณภาพดีได้มากเพียงพอต่อความต้องการ การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหล่านี้ให้ไม่ไวต่อช่วงแสงจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการผลิตข้าวของประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความไวต่อช่วงแสงของข้าว จึงมีความสำคัญเพื่อเป็นความรู้ที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ไม่ไวต่อช่วงแสงต่อไป

การศึกษาเกี่ยวกับยีนที่ควบคุมการออกดอกของข้าวจากอดีตถึงปัจจุบันยังไม่สามารถอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับความแตกต่างของยีนที่ควบคุมการออกดอกระหว่างข้าวในประเทศไทยที่ไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสงในระดับโมเลกุลได้ เช่น การศึกษาของ Peerapat (2005) ซึ่งศึกษาความแตกต่างของการเติมหมู่เมทิลของยีนที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกของข้าว คือ *Hd1* *Hd3a* และ *Hd6* ในข้าวที่ไวต่อช่วงแสง คือ ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง คือ สุพรรณบุรี 1 ในสภาพวันสั้นและวันยาวโดยวิธีการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะแล้วทำพีซีอาร์ และการทำ Southern hybridization พบว่าไม่มีความแตกต่างของจำนวนแถบดีเอ็นเอ และขนาดของดีเอ็นเอรวมถึงลำดับเบสของยีนทั้ง 3 ระหว่างข้าวทั้ง 2 พันธุ์ที่ศึกษาทั้งในสภาพวันสั้นและวันยาว ดังนั้นส่วนของยีนที่จะมีความแตกต่างระหว่างข้าวที่ไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสงน่าจะเป็นส่วนของโปรโมเตอร์ และจากการศึกษาของ Yano และคณะ (1997) พบว่ายีน *Hd1* เป็นยีนหลักที่มีผลต่อการออกดอกของข้าว ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกศึกษายีน *Hd1* โดยศึกษาลำดับเบสบริเวณโปรโมเตอร์ของยีนนี้ในข้าวที่ไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสง

## วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณโปรโมเตอร์ของยีน *Hd1* ในข้าวที่ไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสง
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณเอกซอน 1 และ 2 ของยีน *Hd1* ในข้าวที่ไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสง

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ทราบความแตกต่างของลำดับเบสบริเวณโปรโมเตอร์ เอกซอน 1 และ เอกซอน 2 ของยีน *Hd1* ระหว่างข้าวที่ไวต่อช่วงแสงและข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงกลไกการควบคุมวันออกดอกของข้าวได้มากขึ้น และอาจนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ไม่ไวต่อช่วงแสงโดยวิธีการทางพันธุศาสตร์โมเลกุลต่อไป

## การตรวจเอกสาร

### ปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกของพืช

การที่พืชจะสามารถออกดอกได้ต้องได้รับปัจจัยที่เหมาะสมทั้งภายในและภายนอกหลายอย่าง เช่น ช่วงแสง อุณหภูมิ น้ำและแร่ธาตุ คาร์โบไฮเดรตและฮอร์โมนพืช ดังมีรายละเอียดดังนี้

**ความยาวของช่วงแสง** ถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกของพืชที่ไวต่อช่วงแสงเมื่อแบ่งประเภทของพืชตามการตอบสนองต่อช่วงแสงสามารถแบ่งพืชได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. พืชวันสั้น คือ พืชที่จะออกดอกได้เมื่อระยะเวลาที่ได้รับแสงต้องสั้นกว่าช่วงแสงวิกฤต เช่น ข้าว เป็นต้น

2. พืชวันยาว คือ พืชที่ต้องได้รับแสงนานกว่าช่วงแสงวิกฤตถึงจะออกดอกได้ เช่น *Arabidopsis thaliana*

3. พืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง คือ พืชที่ความยาวของช่วงแสงไม่มีผลต่อการออกดอกสามารถออกดอกได้ไม่ว่าจะเจริญในสภาพวันสั้นหรือวันยาว

ส่วนที่ตอบสนองต่อแสงของพืชคือใบ เมื่อรับสัญญาณแล้วจะส่งสัญญาณต่อไปยังยอด ซึ่งถ้าได้รับช่วงแสงที่เหมาะสมเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ปลายยอดก็จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นอวัยวะสืบพันธุ์ คือ ดอก ต่อไป (Thomas, 1993a)

**อุณหภูมิ** พืชที่เจริญอยู่บริเวณที่มีอุณหภูมิก่อนข้างเย็นมักจะออกดอกในฤดูใบไม้ผลิ หลังจากผ่านช่วงฤดูหนาวมาแล้ว กระบวนการที่พืชออกดอกได้หลังจากได้รับความเย็นนี้ เรียกว่า vernalization กระบวนการเกิด vernalization นี้เกี่ยวข้องกับการเติมหมู่เมทิลให้กับดีเอ็นเอซึ่งจะมีผลต่อการแสดงออกของยีน (Taiz and Zeiger, 1991)

**น้ำและแร่ธาตุ** น้ำมีผลทั้งส่งเสริมและยับยั้งการออกดอกของพืช มีการทดลองพบว่า พืชวันสั้นและวันยาวบางชนิดไม่ออกดอกเมื่อได้รับช่วงแสงที่เหมาะสมแต่ขาดน้ำ ในทางตรงกันข้ามพืชบางชนิดสามารถออกดอกได้เมื่ออยู่ในสภาวะขาดน้ำแม้ว่าจะได้รับช่วงแสงที่ไม่เหมาะสมก็ตาม แร่ธาตุบางอย่างมีผลส่งเสริมการออกดอกของพืชได้ เช่น เหล็ก และทองแดง (Thomas, 1993b; Thomas, 1993c)

**คาร์โบไฮเดรตและฮอร์โมนพืช** คาร์โบไฮเดรตและฮอร์โมนพืช เช่น จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน มีผลต่อการออกดอกของพืช แต่ยังไม่ทราบรายละเอียดในระดับโมเลกุล (Thomas, 1993b)

#### ยีนที่ควบคุมวันออกดอกของข้าว

เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญและมีการตอบสนองต่อช่วงแสงจึงมีผู้สนใจศึกษา ยีนที่ควบคุมวันออกดอกของข้าว ยีนที่ควบคุมวันออกดอกของข้าวมีหลายยีนดังนี้

Xiao *et al.* (1995) ตรวจพบ 5 QTLs ที่ควบคุมวันออกดอกของข้าว คือ dth3-1, dth-4, dth3-2, dth-7, และ dth-8

Yano *et al.* (1997) ตรวจพบ QTLs ที่ควบคุมวันออกดอกของข้าวคือ Hd1, Hd2, Hd3, Hd4 และ Hd5 โดย Hd1 อยู่บนโครโมโซมที่ 6, Hd2 อยู่บนโครโมโซมที่ 7, Hd3 อยู่บนโครโมโซมที่ 6, Hd4 อยู่บนโครโมโซมที่ 7 และ Hd5 อยู่บนโครโมโซมที่ 8 นอกจากนี้ยังพบว่า Hd1 และ Hd2 มีผลมาก (major effect) ต่อวันออกดอกของข้าว ส่วน Hd3, Hd4 และ Hd5 มีผลน้อยต่อวันออกดอกของข้าว

Lin *et al.* (1998) ตรวจพบ 5 QTLs ที่ควบคุมวันออกดอกของข้าว คือ C728, C560, C1488, R2171 และ R2373

Sarma *et al.* (1998) ตรวจพบ 3 QTLs ที่ควบคุมวันออกดอกของข้าว คือ FLTQ1, FLTQ2 และ FLTQ3 โดย FLTQ1 อยู่บนโครโมโซมที่ 3, FLTQ 2 อยู่บนโครโมโซมที่ 9 และ FLTQ3 อยู่บนโครโมโซมที่ 9

Yamamoto *et al.* (1998) ตรวจพบ 3 QTLs ที่ควบคุมวันออกดอกของข้าว คือ Hd-1, Hd-2 และ Hd-3 ซึ่ง Hd-1 อยู่บนโครโมโซมที่ 6, Hd-2 อยู่บนโครโมโซมที่ 7 และ Hd-3 อยู่บน

โครโมโซมที่ 6 และจากการศึกษารูปแบบการถ่ายทอดของ QTLs เหล่านี้พบว่าเป็นไปตามกฎของเมนเดล

Xiong *et al.* (1999) ตรวจพบ 4 QTLs ที่ควบคุมวันออกดอกของข้าว คือ hd3, hd6, hd8 และ hd11

Yamamoto *et al.* (2000) ตรวจพบ 2 QTLs ที่ควบคุมวันออกดอกของข้าว คือ Hd6 และ Hd7 โดยที่ Hd6 อยู่บนโครโมโซมที่ 3 และ Hd7 อยู่บนโครโมโซมที่ 2 นอกจากนี้ยังพบว่า Hd2 และ Hd6 มี epistasis interaction ต่อกัน

Yu *et al.* (2002) ตรวจพบ 5 QTLs ที่ควบคุมวันออกดอกของข้าว คือ Hd3, Hd6, Hd7a, Hd7b และ Hd7c

Mei *et al.* (2003) ตรวจพบ 6 QTLs ที่ควบคุมวันออกดอกของข้าว คือ QHd3, QHd4, QHd7, QHd8, QHd11 และ QHd12

Doi *et al.* (2004) ตรวจพบยีน *Early heading date 1 (Ehd1)* ซึ่งทำหน้าที่ส่งเสริมการออกดอกของข้าวในสภาพวันสั้น และยีนนี้ไม่เหมือนยีนใดใน *Arabidopsis thaliana*

Hayama *et al.* (2002) โคลนยีน *OsGI* พบว่ายีนนี้เป็น homolog กับยีน *GI* ใน *Arabidopsis thaliana* ซึ่งเป็นยีนหลักที่ควบคุมกลไกการตอบสนองต่อช่วงแสงสำหรับการออกดอกใน *Arabidopsis thaliana* รูปแบบการแสดงออกของยีน *OsGI* ของข้าวเหมือนกับ *GI* ใน *Arabidopsis* ระดับ mRNA ของยีน *OsGI* อยู่ในระดับสูงตลอด 24 ชั่วโมงทั้งในสภาพวันสั้นและวันยาว

Kojima *et al.* (2002) โคลนยีน *Hd3a* โดยใช้เทคนิค map-based cloning พบว่าลำดับเบสของยีนนี้มีความเหมือนอย่างมากระหว่างลำดับเบสของยีน *FT* ใน *Arabidopsis* ซึ่งเป็นยีนที่ส่งเสริมการออกดอกในสภาพวันยาว และเมื่อถ่ายยีนนี้เข้าไปในข้าวพบว่าข้าวที่ได้รับการถ่ายยีนมีการออกดอกเร็วขึ้นกว่าเดิมทั้งในสภาพวันสั้นและวันยาว นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างจำนวน copy ของ transgene กับวันออกดอกที่เร็วขึ้นของ transgenic rice และเมื่อถ่ายยีนที่เป็น antisense ของยีน *Hd3a* พบว่า transgenic rice มีปริมาณ mRNA ลดลง และวันออกดอกก็ช้าลงด้วยแสดงว่าถ้าระดับ mRNA ของ *Hd3a* สูง ข้าวก็จะออกดอกเร็วขึ้น และถ้าระดับ mRNA ของ *Hd3a* ต่ำ ข้าวก็จะออกดอกช้าลง เมื่อศึกษารูปแบบการแสดงออกของ *Hd3a* โดยใช้ quantitative RT-PCR พบว่าในสภาพวันสั้น mRNA ยีนนี้ในข้าว Nipponbare มีระดับสูงและถึงจุดสูงสุดตอนใกล้สว่างและตอนเที่ยงวัน ส่วนในสภาพวันยาว mRNA ของยีนนี้มีระดับต่ำมาก

## ยีน *Hd1*

Yano *et al.* (2000) โคลนยีน *Hd1* ซึ่งเป็น major gene QTLs ที่ควบคุมการตอบสนองต่อช่วงแสงของข้าวโดยใช้ map-based cloning พบว่า ลำดับเบสของยีนนี้คล้ายกับยีน *CONSTANS* (*CO*) ของ *Arabidopsis* ซึ่งเป็นรหัสพันธุกรรมของ zinc finger domain พบว่า functional allele ของ *Hd1* ยับยั้งการออกดอกของข้าวในสภาพวันยาว และส่งเสริมการออกดอกของข้าวในสภาพวันสั้น หรืออาจกล่าวได้ว่า *Hd1* มีหน้าที่ 2 อย่าง คือ ส่งเสริมการออกดอกของข้าวในสภาพวันสั้นและยับยั้งการออกดอกในสภาพวันยาว สำหรับ non-functional allele ของ *Hd1* จะทำให้ข้าวไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง นอกจากนี้ยังพบว่า *Se1* เป็น allelic ต่อ *Hd1* และพบว่า *Hd1* allele จากข้าวสายพันธุ์ Nipponbare เป็น functional allele ซึ่งทำให้ข้าวพันธุ์นี้ตอบสนองต่อช่วงแสง ส่วน *Hd1* allele จากข้าวสายพันธุ์ Kasalath เป็น non-functional allele ซึ่งทำให้ข้าวพันธุ์นี้ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง

Kojima *et al.* (2002) ศึกษารูปแบบการแสดงออกของยีน *Hd1* โดยเทคนิค Quantitative RT-PCR ในข้าวพันธุ์ Nipponbare พบว่า ในสภาพวันยาว *Hd1* มีการแสดงออกทั้งในสภาพมีแสงและไม่มีแสงและถึงจุดสูงสุดในเวลากลางคืน ในสภาพวันสั้นระดับ mRNA ของยีนนี้จะต่ำกว่าในสภาพวันยาวและจะถึงจุดสูงสุดในตอนหัวค่ำ

Hayama *et al.* (2003) วัดระดับการแสดงออกของ mRNA ของ *Hd1* และ *Hd3a* ในข้าวที่ได้รับการถ่ายยีน *OsGI* และทำให้เกิดการแสดงออกมากกว่าปกติ พบว่าระดับ mRNA ของ *Hd1* เพิ่มขึ้นทั้งในสภาพวันสั้นและวันยาว ดังนั้นระดับ mRNA ของ *Hd1* มีความสัมพันธ์ทางบวกกับระดับ mRNA ของ *OsGI* แต่ระดับ mRNA ของ *Hd3a* กลับลดลง แสดงว่า *Hd1* เป็นตัวกดการแสดงออกของ *Hd3a* จากการทดลองทั้งหมดโดยการทำให้ transgenic rice ที่มี overexpression และ low expression ของยีน *OsGI* สรุปว่ายีนที่สำคัญที่ควบคุมการตอบสนองต่อแสงของข้าวมีอยู่ 3 ยีน คือ *OsGI*, *Hd1* และ *Hd3a* โดยที่ในสภาพวันยาว *OsGI* กระตุ้นการทำงานของ *Hd1* ทำให้ *Hd1* แสดงออกในปริมาณมากและกดการแสดงออกของ *Hd3a* ซึ่งทำให้ข้าวไม่ออกดอกในสภาพวันยาว ส่วนในสภาพวันสั้นปริมาณการแสดงออกของ *Hd1* มีน้อยกว่าในสภาพวันยาวจึงกดการแสดงออกของ *Hd3a* ได้น้อย จึงทำให้ *Hd3a* แสดงออกได้ในปริมาณที่มากพอที่จะส่งเสริมการออกดอกของข้าว นอกจากนี้อาจจะมียีนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวันออกดอกของข้าวอีก

Hayama *et al.* (2004) ได้เสนอโมเดลเกี่ยวกับการควบคุมการออกดอกของข้าวโดยยีน *Hd1* ซึ่งเกี่ยวข้องกับ phytochrome ว่า ในสภาพวันยาวระดับ mRNA ของยีน *Hd1* จะมากในช่วงหัวค่ำและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมากที่สุดตอนกลางคืน ในช่วงกลางวันพืชได้รับแสง

phytochrome จะเป็นตัวรับแสงและจะไปกระตุ้นให้ mRNA ของ *Hd1* ไปยับยั้งการแสดงออกของยีน *Hd3a* ทำให้ข้าวไม่ออกดอก ส่วนในสภาพวันสั้นระดับ mRNA ของยีน *Hd1* จะน้อยมากในเวลากลางวันแต่จะพบมากในเวลากลางคืน ในช่วงกลางคืนนี้ phytochrome จะไม่ active เนื่องจากไม่ได้รับแสง ดังนั้น mRNA ของยีนนี้จึงไม่ถูกกระตุ้นโดย phytochrome ทำให้ *Hd1* เปลี่ยนหน้าที่จากการยับยั้งการแสดงออกของ *Hd3a* เป็นส่งเสริมการแสดงออกของ *Hd3a* แทน ทำให้ *Hd3a* แสดงออก ข้าวจึงออกดอกได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การศึกษาวันออกดอกของข้าวในสภาพแวดล้อมที่ทำการวิจัย

ข้าวที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 12 พันธุ์ คือ กข 5, กข 6, กข 21, ขาวตาแห้ง 17, เหนียวสันป่าตอง, แพร่ 1, พิษณุโลก 2, สุรินทร์ 1, นางมลิ เอส-4, เหลืองประทิว 123, ชัยนาท 1 และสันป่าตอง 1

ทำการปลูกข้าว 3 ฤดู คือ ฤดูที่ 1 เริ่มปลูกวันที่ 1 กรกฎาคม 2550 ฤดูที่ 2 เริ่มปลูกวันที่ 20 ตุลาคม 2550 ฤดูปลูกที่ 3 เริ่มปลูกวันที่ 1 เมษายน 2551 แต่ละฤดูปลูกข้าวพันธุ์ละ 3 ซ้ำ วางแผนการปลูกแบบ RCBD โดยมีขั้นตอนการปลูกดังนี้

1.1 ทำการเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโดยผสมดินเหนียว 2 ส่วน กับขี้วัว 1 ส่วน ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และปูนขาว อย่างละ 1 กำมือ ต่อดิน 10 ไร่ ใส่ดินประมาณ 2 ใน 3 ของกระถาง พลาสติกลึบดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว ใส่น้ำให้เต็มกระถางทิ้งไว้อย่างน้อย 10 วัน ก่อนปลูกข้าว

1.2 หยูระยะพักตัวของข้าวโดยอบเมล็ดข้าวในตู้อบอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน

1.3 แช่เมล็ดข้าว ลงในน้ำทิ้งไว้ข้ามคืน

1.4 ใช้ช้อนพรอนกวาดดินในกระถางที่เตรียมไว้ ให้สภาพเหมือนดินที่ผ่านการไถ แล้วเทน้ำออกจากกระถาง จากนั้นนำเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่น้ำแล้วโรยบนผิวหน้าดิน

1.5 ทำการถอนแยกให้เหลือข้าวกระถางละ 1 ต้น เมื่อข้าวอายุประมาณ 3 สัปดาห์ บันทึกอายุวันออกดอกของข้าวเมื่อข้าวออกดอกวันแรก

1.6 วิเคราะห์อายุวันออกดอกของข้าวโดยใช้โปรแกรม Sirichai Statistics Version 6

### 2. การวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณโปรโมเตอร์ และเอกซอนของยีน *Hd1*

- 2.1 สกัดจีโนมิกดีเอ็นเอจากข้าวที่ปลูกในฤดูที่ 1 โดยใช้ชุดสกัด GenElute™ Plant Genomic DNA Miniprep Kit (SIGMA, USA)
- 2.2 หาลำดับเบสของยีน *Hd1* ในฐานข้อมูลธนาคารยีน แล้วออกแบบไพรเมอร์ให้จำเพาะกับบริเวณหน้ายีน และเอกซอน 1 และ 2
- 2.3 ทำพีซีอาร์โดยใช้ GoTaq® Green Master Mix (Promega, USA)
- 2.4 ทำอะกาโรสเจลิเล็กโทรโฟรีซิสเพื่อตรวจสอบความสำเร็จในการทำพีซีอาร์และส่งผลผลิตพีซีอาร์ไปตรวจสอบลำดับเบส
- 2.5 วิเคราะห์และเปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณหน้ายีน เอกซอน 1 และ 2 ของข้าวแต่ละพันธุ์

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. อายุวันออกดอกของข้าว

จากการปลูกข้าวทั้งหมด 12 พันธุ์ใน 3 ฤดู แต่ละฤดูปลูกข้าวพันธุ์ละ 3 ซ้ำ เพื่อศึกษาอายุวันออกดอกของข้าวในสภาพแวดล้อมที่ทำการวิจัย ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อายุวันออกดอกของข้าวแต่ละฤดู

| พันธุ์ข้าว           | ฤดูที่ 1 (1 ก.ค. 50) |        |        | ฤดูที่ 2 (20 ต.ค. 50) |        |        | ฤดูที่ 3 (1 เม.ย. 51) |        |        |
|----------------------|----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|
|                      | ซ้ำที่               | ซ้ำที่ | ซ้ำที่ | ซ้ำที่                | ซ้ำที่ | ซ้ำที่ | ซ้ำที่                | ซ้ำที่ | ซ้ำที่ |
|                      | 1                    | 2      | 3      | 1                     | 2      | 3      | 1                     | 2      | 3      |
| 1. ชัยนาท 1          | 84                   | 83     | 83     | 97                    | 108    | 107    | 110                   | 105    | 92     |
| 2. แพร่ 1            | 99                   | 84     | 88     | 97                    | 104    | 95     | 113                   | 111    | 112    |
| 3. พิษณุโลก 2        | 88                   | 88     | 87     | 104                   | 98     | 104    | 107                   | 90     | 97     |
| 4. กข 21             | 92                   | 92     | 92     | 114                   | 104    | 103    | 124                   | 98     | 87     |
| 5. สันป่าตอง 1       | 101                  | 92     | 94     | 91                    | 91     | 90     | 119                   | 109    | 112    |
| 6. สุรินทร์ 1        | 95                   | 97     | 95     | 98                    | 100    | 97     | 147                   | 124    | 105    |
| 7. กข 15             | 109                  | 120    | 134    | 95                    | 91     | 84     | 198                   | 196    | 197    |
| 8. นางมด เอส-4       | 120                  | 120    | 127    | 95                    | 82     | 82     | 215                   | 282    | 274    |
| 9. เหนียวสันป่าตอง   | 130                  | 137    | 159    | 93                    | 85     | 88     | 211                   | 225    | 240    |
| 10. กข 6             | 125                  | 139    | 159    | 95                    | 85     | 83     | 214                   | 224    | 253    |
| 11. ขาวตาแห้ง 17     | 138                  | 138    | 159    | 105                   | 100    | 96     | 255                   | 285    | 290    |
| 12. เหลืองประทิว 123 | 145                  | 169    | 172    | 115                   | 100    | 102    | 278                   | 299    | 298    |

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Sirichai Statistics Version 6.00 เปรียบเทียบอายุวันออกดอกของข้าวแต่ละพันธุ์ภายในฤดูเดียวกัน โดยใช้การทดสอบตามวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ ได้ผลดังตารางที่ 2 และเมื่อเปรียบเทียบข้าวพันธุ์เดียวกันที่ปลูกต่างฤดู ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกของข้าวแต่ละพันธุ์ที่ปลูกในฤดูเดียวกัน

| พันธุ์ข้าว           | ความไวต่อช่วงแสง | ค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกฤดูที่ 1 | ค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกฤดูที่ 2 | ค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกฤดูที่ 3 |
|----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. ชัยนาท 1          | ไม่ไวแสง         | 83.3 D                         | 104.0 A                        | 102.3 E                        |
| 2. แพร่ 1            | ไม่ไวแสง         | 90.3 D                         | 98.6 ABC                       | 112.0 E                        |
| 3. พิษณุโลก 2        | ไม่ไวแสง         | 87.6 D                         | 102.0 A                        | 98.0 E                         |
| 4. กข 21             | ไม่ไวแสง         | 92.0 D                         | 107.0 A                        | 103.0 E                        |
| 5. สันป่าตอง 1       | ไม่ไวแสง         | 95.6 D                         | 90.6 BCDE                      | 113.3 E                        |
| 6. สุรินทร์ 1        | ไม่ไวแสง         | 95.6 D                         | 98.3 ABC                       | 125.3 E                        |
| 7. กข 15             | ไวแสง            | 121.0 C                        | 90.0 BCDE                      | 197.0 D                        |
| 8. นางมด เอส-4       | ไวแสง            | 122.3 C                        | 86.3 DE                        | 257.0 ABC                      |
| 9. เหนียวสันป่าตอง   | ไวแสง            | 142.0 B                        | 88.6 CDE                       | 225.3 CD                       |
| 10. กข 6             | ไวแสง            | 141.0 B                        | 87.6 CDE                       | 230.3 BCD                      |
| 11. ขาวตาแห้ง 17     | ไวแสง            | 145.0 AB                       | 100.3 AB                       | 276.6 AB                       |
| 12. เหลืองประทิว 123 | ไวแสง            | 162.0 A                        | 105.6 A                        | 291.6 A                        |

เนื่องจากข้าวไม่ไวแสงสามารถออกดอกได้ทันทีหลังจากครบอายุและการเจริญด้านลำต้นสมบูรณ์ ส่วนข้าวไวแสงต้องรอจนถึงวันที่มีวันสั้นน้อยกว่าช่วงแสงวิกฤติจึงจะสามารถออกดอกได้ ดังนั้นอายุวันออกดอกของข้าวไม่ไวแสงที่ปลูกในฤดูที่ 1 และ 3 ซึ่งเป็นฤดูนาปี และช่วงวันยาวตามลำดับ จึงถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอายุวันออกดอกของข้าวไวแสงที่ปลูกในช่วงเดียวกันมีความแตกต่างจากอายุวันออกดอกของข้าวไม่ไวแสงอย่างมีนัยสำคัญและมีความแตกต่างกันไปตามระดับช่วงแสงวิกฤติ นั่นคือถ้าช่วงแสงวิกฤติสั้นมากก็จะมีอายุวันออกดอกนานตามไปด้วย

ส่วนข้าวที่ปลูกในฤดูที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงวันสั้น ทำให้ข้าวไวแสงออกดอกเร็วกว่าปกติ ดังนั้นอายุวันออกดอกของข้าวไวแสงและไม่ไวแสงจึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกของข้าวพันธุ์เดียวกันที่ปลูกต่างฤดูกัน

| พันธุ์ข้าว           | ความไวต่อช่วงแสง | ค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกฤดูที่ 1 | ค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกฤดูที่ 2 | ค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกฤดูที่ 3 |
|----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. ชัยนาท 1          | ไม่ไวแสง         | 83.3 A                         | 104.0 A                        | 102.3 A                        |
| 2. แพร่ 1            | ไม่ไวแสง         | 90.3 A                         | 98.6 A                         | 112.0 A                        |
| 3. พิษณุโลก 2        | ไม่ไวแสง         | 87.6 A                         | 102.0 A                        | 98.0 A                         |
| 4. กข 21             | ไม่ไวแสง         | 92.0 A                         | 107.0 A                        | 103.0 A                        |
| 5. สันป่าตอง 1       | ไม่ไวแสง         | 95.6 B                         | 90.6 B                         | 113.3 A                        |
| 6. สุรินทร์ 1        | ไม่ไวแสง         | 95.6 A                         | 98.3 A                         | 125.3 A                        |
| 7. กข 15             | ไวแสง            | 121.0 B                        | 90.0 B                         | 197.0 A                        |
| 8. นางมด เอส-4       | ไวแสง            | 122.3 B                        | 86.3 B                         | 257.0 A                        |
| 9. เหนียวสันป่าตอง   | ไวแสง            | 142.0 B                        | 88.6 C                         | 225.3 A                        |
| 10. กข 6             | ไวแสง            | 141.0 B                        | 87.6 B                         | 230.3 A                        |
| 11. ขาวตาแห้ง 17     | ไวแสง            | 145.0 B                        | 100.3 B                        | 276.6 A                        |
| 12. เหลืองประทีพ 123 | ไวแสง            | 162.0 B                        | 105.6 C                        | 291.6 A                        |

จากตารางจะเห็นได้ว่าอายุวันออกดอกของข้าวไวแสงที่ปลูกในช่วงวันยาวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในช่วงนาปีและช่วงวันสั้น ส่วนอายุวันออกดอกของข้าวไม่ไวแสงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติไม่ว่าจะปลูกฤดูใด ยกเว้นข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ซึ่งเป็นข้าวไม่ไวแสง แต่มีอายุวันออกดอกในช่วงวันยาวแตกต่างทางสถิติกับในช่วงฤดูนาปีและช่วงวันสั้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกของข้าวแต่ละพันธุ์ที่ปลูกในฤดูเดียวกัน (ตารางที่ 2) จะเห็นได้ว่าข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของข้าวไม่ไวแสง

ดังนั้นข้าวไม่ไวแสงที่ทำการทดลองมีทั้งหมด 6 พันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท 1, แพร่ 1, พิษณุโลก 2, กข 21, สันป่าตอง 1 และสุรินทร์ 1 ส่วนข้าวไวแสงมีทั้งหมด 6 พันธุ์ ได้แก่ กข 15, นางมด เอส-4, เหนียวสันป่าตอง, กข 6, ขาวตาแห้ง 17 และเหลืองประทีพ 123 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของกรมการข้าวจากเว็บไซต์ [http://www.brrd.in.th/rkb/data\\_002/rice\\_xx2-02\\_New\\_index.html](http://www.brrd.in.th/rkb/data_002/rice_xx2-02_New_index.html)

## 2. ลำดับเบสบริเวณโปรโมเตอร์ของยีน *Hd1*

จากการหาลำดับเบสบริเวณโปรโมเตอร์ของยีน *Hd1* พบว่าลำดับเบสบริเวณดังกล่าวในข้าวแต่ละพันธุ์มีความใกล้เคียงกันมาก โดยพบความแตกต่างเพียงการแทนที่เบสภายในกลุ่มไพริมิดีน (T-C) 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 1-3 ภายในกลุ่มพิวรีน (A-G) 2 ตำแหน่ง คือตำแหน่งที่ 4 และ 5 และจำนวนนิวคลีโอไทด์ไซโตซีนที่ซ้ำกัน (poly C) มีความแปรปรวนระหว่าง 18-25 นิวคลีโอไทด์ (รูปภาพที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณนี้กับข้าว 7 พันธุ์ ได้แก่ สุพรรณบุรี 1, ขาวดอกมะละ 105, Ginbouzu, HS66, HS110, Kasalath และ Nipponbare พบว่าลำดับเบสของข้าวที่ทำการศึกษานี้ในตำแหน่ง 0 เป็นเบส T ทั้งหมด ส่วนข้าวที่นำมาเปรียบเทียบเป็นเบส C ทั้งหมด ส่วนตำแหน่งที่ 1 ข้าวทุกพันธุ์เป็นเบส T ยกเว้นกข 15 เป็นเบส C ตำแหน่งที่ 2 ข้าวทุกพันธุ์เป็นเบส T ยกเว้นนางมด เอส-4 เป็นเบส C ตำแหน่งที่ 3 ข้าวทุกพันธุ์เป็นเบส T ยกเว้นสันป่าตอง 1 เป็น C ตำแหน่งที่ 4 ข้าวทุกพันธุ์เป็นเบส A ยกเว้นเหนียวสันป่าตองเป็นเบส G ตำแหน่งที่ 5 ข้าวทุกพันธุ์เป็นเบส G ยกเว้นเหลืองประทิว 123 เป็นเบส A ส่วนจำนวนซ้ำของเบส C พบว่าข้าวที่นำมาเปรียบเทียบมีจำนวนซ้ำของเบส C ระหว่าง 17-20 นิวคลีโอไทด์ ภาพการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของข้าวที่ศึกษากับข้าวพันธุ์เปรียบเทียบแสดงในภาคผนวก

|                 |                                                              |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|
| RD_6            | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| Neawsunpatong   | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| RD_15           | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| Kaowtaheng_17   | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| Nangmol_S-4     | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| Surin_1         | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| Loungpratew_123 | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| Sunpatong_1     | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| Pare_1          | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| RD_21           | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| Pitsanulok_2    | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |
| Chainat_1       | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGAACGG |

\*\*\*\*\*

|                 |                                                              |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|
| RD_6            | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| Neawsunpatong   | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| RD_15           | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| Kaowtaheng_17   | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| Nangmol_S-4     | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| Surin_1         | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| Loungpratew_123 | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| Sunpatong_1     | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| Pare_1          | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| RD_21           | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| Pitsanulok_2    | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |
| Chainat_1       | CTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAACCCA |

\*\*\*\*\*

|                 |                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|
| RD_6            | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCT |
| Neawsunpatong   | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCT |
| RD_15           | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCT |
| Kaowtaheng_17   | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCT |
| Nangmol_S-4     | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCT |
| Surin_1         | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCT |
| Loungpratew_123 | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCT |
| Sunpatong_1     | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCT |
| Pare_1          | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCT |
| RD_21           | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCT |

|                      |                                                               |
|----------------------|---------------------------------------------------------------|
| Pitsanulok_2         | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCCT   |
| Chainat_1            | ACCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTTTCCT   |
| *****                |                                                               |
| RD_6                 | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| Neawsunpatong        | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| RD_15                | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| Kaowtaheng_17        | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| Nangmol_S-4          | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| Surin_1              | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| Loungpratew_123      | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| Sunpatong_1          | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| Pare_1               | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| RD_21                | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| Pitsanulok_2         | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| Chainat_1            | CTGCTCTTTTTGTTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCTCCCC    |
| *****                |                                                               |
| RD_6                 | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| Neawsunpatong        | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| RD_15                | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| Kaowtaheng_17        | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| Nangmol_S-4          | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| Surin_1              | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| Loungpratew_123      | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| Sunpatong_1          | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| Pare_1               | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| RD_21                | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| Pitsanulok_2         | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| Chainat_1            | CTTTGGGCTTAGTTCATCTAAGAGATGTCCATTGAATTGTTTAGGGACAATCCTAGGAA   |
| *****                |                                                               |
| RD_6                 | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| Neawsunpatong        | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| RD_15                | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| Kaowtaheng_17        | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| Nangmol_S-4          | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| Surin_1              | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| Loungpratew_123      | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| Sunpatong_1          | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| Pare_1               | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| RD_21                | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| Pitsanulok_2         | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| Chainat_1            | TGCATATGGGAGGATTCTATTGATCCCTGTAAATCTCTTTAGGGACAGTCCTAAGTTAA   |
| *****                |                                                               |
| RD_6                 | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| Neawsunpatong        | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| RD_15                | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| Kaowtaheng_17        | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| Nangmol_S-4          | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| Surin_1              | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| Loungpratew_123      | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| Sunpatong_1          | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| Pare_1               | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| RD_21                | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| Pitsanulok_2         | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| Chainat_1            | AATGGAACATGATTACGATAAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAATGCAAAGCTTT |
| *****0*****1*****2** |                                                               |
| RD_6                 | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| Neawsunpatong        | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| RD_15                | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| Kaowtaheng_17        | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| Nangmol_S-4          | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| Surin_1              | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| Loungpratew_123      | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| Sunpatong_1          | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| Pare_1               | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| RD_21                | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| Pitsanulok_2         | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| Chainat_1            | TTTGCGCAAAAGCGCGATTGCTTTGGCTTAAAAGGTATTGACATCAGTTCAGGTTAGATA  |
| *****                |                                                               |

RD\_6 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 Neawsunpatong CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 RD\_15 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 Kaowtaheng\_17 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 Nangmol\_S-4 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 Surin\_1 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 Loungratew\_123 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 Sunpatong\_1 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 Pare\_1 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 RD\_21 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 Pitsanulok\_2 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 Chainat\_1 CTTAGATTTAGCTCAAGGGCGCCAATTCTCCATAGGACCCGCCAAAGTGACAAAAATCTT  
 \*\*\*\*\*  
 RD\_6 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 Neawsunpatong TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 RD\_15 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 Kaowtaheng\_17 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 Nangmol\_S-4 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 Surin\_1 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 Loungratew\_123 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 Sunpatong\_1 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 Pare\_1 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 RD\_21 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 Pitsanulok\_2 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 Chainat\_1 TATCTGAAAACGACCCTCCATTGAGGATTGGCATCAGGGGGTGAGAAGAGAAACGCTGA  
 \*\*\*\*\*  
 RD\_6 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 Neawsunpatong AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 RD\_15 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 Kaowtaheng\_17 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 Nangmol\_S-4 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 Surin\_1 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 Loungratew\_123 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 Sunpatong\_1 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 Pare\_1 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 RD\_21 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 Pitsanulok\_2 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 Chainat\_1 AGCAGCAAACATCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCGCCGCTCGCCCCCCCC  
 \*\*\*\*\*  
 RD\_6 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 Neawsunpatong CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 RD\_15 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 Kaowtaheng\_17 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 Nangmol\_S-4 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 Surin\_1 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 Loungratew\_123 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 Sunpatong\_1 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 Pare\_1 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 RD\_21 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 Pitsanulok\_2 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 Chainat\_1 CCCCCCCCCCCCCC - GGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTGCAGTTGACACCC  
 \*\*\*\*\*  
 RD\_6 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 Neawsunpatong CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 RD\_15 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 Kaowtaheng\_17 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 Nangmol\_S-4 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 Surin\_1 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 Loungratew\_123 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 Sunpatong\_1 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 Pare\_1 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 RD\_21 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 Pitsanulok\_2 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 Chainat\_1 CCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTTTCCC  
 \*\*\*\*\*  
 RD\_6 CTCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATCCACAAGAGCCATGCGAGGTAGAGG  
 Neawsunpatong CTCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATCCACAAGAGCCATGCGAGGTAGAGG  
 RD\_15 CTCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATCCACAAGAGCCATGCGAGGTAGAGG

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| Kaowtaheng_17   | CTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACA |
| Nangmol_S-4     | CTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACA |
| Surin_1         | CTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACA |
| Loungpratew_123 | CTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACA |
| Sunpatong_1     | CTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACA |
| Pare_1          | CTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACA |
| RD_21           | CTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACA |
| Pitsanulok_2    | CTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACA |
| Chainat_1       | CTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACA |
|                 | *****5*****              |
| RD_6            | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| Neawsunpatong   | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| RD_15           | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| Kaowtaheng_17   | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| Nangmol_S-4     | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| Surin_1         | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| Loungpratew_123 | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| Sunpatong_1     | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| Pare_1          | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| RD_21           | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| Pitsanulok_2    | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
| Chainat_1       | AACAGGAGAAGACGCATACACACG |
|                 | *****                    |
| RD_6            | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| Neawsunpatong   | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| RD_15           | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| Kaowtaheng_17   | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| Nangmol_S-4     | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| Surin_1         | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| Loungpratew_123 | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| Sunpatong_1     | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| Pare_1          | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| RD_21           | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| Pitsanulok_2    | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
| Chainat_1       | GATCGATAGACTTGTCCTGTGGTG |
|                 | *****                    |
| RD_6            | TTCGTTC                  |
| Neawsunpatong   | TTCGTTC                  |
| RD_15           | TTCGTTC                  |
| Kaowtaheng_17   | TTCGTTC                  |
| Nangmol_S-4     | TTCGTTC                  |
| Surin_1         | TTCGTTC                  |
| Loungpratew_123 | TTCGTTC                  |
| Sunpatong_1     | TTCGTTC                  |
| Pare_1          | TTCGTTC                  |
| RD_21           | TTCGTTC                  |
| Pitsanulok_2    | TTCGTTC                  |
| Chainat_1       | TTCGTTC                  |
|                 | *****                    |

### รูปภาพที่ 1 การเปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณโปรโมเตอร์ระหว่างข้าวแต่ละพันธุ์

เมื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งโปรโมเตอร์โดยใช้โปรแกรม TSSP (Plant Pol II Promoter region and start of transcription) จากเว็บไซต์ <http://www.softberry.ru/berry.phtml?group=programs&subgroup=promoter&topic=tspp> พบว่าข้าวทุกพันธุ์มีตำแหน่งที่คาดว่าจะเป็ โปรโมเตอร์เหมือนกันทุกตำแหน่ง และเมื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งโปรโมเตอร์โดยใช้โปรแกรม PLACE (A Database of Plant Cis-acting Regulatory DNA Element) จากเว็บไซต์

AACTTTTCTC ATGTATCTGC ACTGGCTACC TCACACCGGA GGTTCGTAAA<sup>7+</sup><sup>16+ 6+</sup>

GGCGGAACGG CTAAGGGGGA GTGCCAATTGACTGGCACAAA ACCGCATGCT<sup>17+</sup>

TTGGAATCCC AGAGAAACCCA ACCCTCCCTT TCTCTTTTGC AAAAGAATGT<sup>13+</sup><sup>6+</sup>

GCATAAAGAG AGAGAGGCAG CATCTTTCCT CTGCTCTTTTTTTGTTTTTC<sup>16+</sup><sup>10 - 2 -</sup>

CTTTATTTGT ACATCATCAC AGTGGCTTCC AATTCTCCCC CTTIGGGCTT<sup>4 +</sup><sup>15 +</sup>

AGTTCCATCT AAGAGATGTC CATTGAATTG TTTAGGGACA ATCCTAGGAA

TGCATATGGG AGGATTCTAT TGATCCCTGT AAAATCTCTT TAGGGACAGT

CCTAAGTTAA AATGGAACAT GATTACGATAAAAGAGAATC AGTGTACTCA<sup>10 +</sup>

ICACTAAAATGCAAAGCTTT TTTGCGCAAA AGCGCGATTG CTTTGGCTTA<sup>4 +</sup><sup>11+</sup>

AAAGGTATTGACATCAGTTC AGGTTAGATA CTTAGATTTA GCTCAAGGGC<sup>12 -</sup><sup>18+ 5 -</sup>

GCCAATTCTC CATAGGACCCGCCAAAGTGC ACAAATCTTTATCTGAAAA<sup>8 -</sup><sup>8 - 10 -</sup><sup>6 - 16 -</sup>

CGACCCCTCC ATTGAGGATT GGCATCAGGG GGTGAGAAGA GAAACGCTGA

3 + 1 + 9 +  
AGCAGCAAAC ATCCAAAGGC AACCACAAGA CAGGCATTGC AGCCGCCGCT

CGCCCCCCCC CCCCCCCCCC CCCCCCGGGA TCGCGCCAAG IGTCAATCGC

7 - 5 + 18 -  
 18+ 5 -  
 TGGATTGAC TIGACACCCC CTTACTATTA GTATACTCTA CACTCAAAC

14 - 18+ TSS  
 CCCCAGGACAAAAACACCGTIGACTTTTCCCC TCCCTAGCTC CITCCAAAA

ACACTCACAA AATTCCACAA GAGCCATGCG AGGTAGAGGA ACAGGAGAAG

ACGCATACAC ACACGACACA TAGAGAGAGA GGACAAACAC AATAGCTTGG

ATCGATAGAC TTGTCCATGT GGTGCAAGCT AAAGCTACTA CTACCACAAG

CAAGGCTACT TCGTTC

รูปภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งที่คาดว่าจะจะเป็นโปรเตอร์ของข้าวที่ทำการทดลอง (ลำดับเบสของข้าวพันธุ์ กข 6) + หมายถึงลำดับดีเอ็นเอตามเส้นที่แสดงอยู่ - หมายถึงลำดับดีเอ็นเอตามเส้นที่เป็นคู่สมกัน

ตารางที่ 4 รายละเอียดของบริเวณที่คาดว่าจะโปรโมเตอร์แต่ละตำแหน่ง

| ตำแหน่งที่ | ลำดับเบส | ทรานสคริปชัน แฟคเตอร์                             | ชนิดพืชที่พบ               |
|------------|----------|---------------------------------------------------|----------------------------|
| 1          | AGCCGCC  | OsEREBP1                                          | Rice : <i>Oryza sativa</i> |
| 2          | AAACAAA  | Unknown                                           | Rice : <i>Oryza sativa</i> |
| 3          | AGCAGC   | Putative transcription factor IIIA และโปรตีนอื่นๆ | Rice : <i>Oryza sativa</i> |
| 4          | TCATCAC  | Different proteins                                | Rice : <i>Oryza sativa</i> |
| 5          | TGTCA    | OsBIHD1                                           | Rice : <i>Oryza sativa</i> |

| ตำแหน่งที่ | ลำดับเบส | ทรานสคริปชัน แฟคเตอร์                | ชนิดพืช                                                                              |
|------------|----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 6          | AAAG     | Dof1                                 | Maize : <i>Zea mays</i>                                                              |
| 7          | ACACNNG  | DPBF1 และ DPBF2<br>bZIP              | Carrot : <i>Daucus carota</i><br>Arabidopsis : <i>Arabidopsis thaliana</i>           |
| 8          | WTTSSCSS | E2F                                  | Rice : <i>Oryza sativa</i>                                                           |
| 9          | GCCGCC   | AtERF2<br>Pti4                       | Arabidopsis : <i>Arabidopsis thaliana</i><br>Tomato : <i>Lycopersicon esculentum</i> |
| 10         | GRWAAW   | GT-1                                 | Rice : <i>Oryza sativa</i>                                                           |
| 11         | TGCAAAG  | DOF class of Zinc finger<br>proteins | Rice : <i>Oryza sativa</i>                                                           |
| 12         | CCTTTT   | BPBF                                 | Rice : <i>Oryza sativa</i>                                                           |
| 13         | AACCCA   | SEF3                                 | Soybean : <i>Glycine max</i>                                                         |
| 14         | RTTTTTR  | SEF4                                 | Soybean : <i>Glycine max</i>                                                         |
| 15         | TGGGCY   | TCP-Domain                           | Rice : <i>Oryza sativa</i>                                                           |
| 16         | TAAAG    | Dof1                                 | Maize : <i>Zea mays</i>                                                              |
| 17         | TGACT    | Unknown                              | Arabidopsis : <i>Arabidopsis thaliana</i>                                            |
| 18         | TGAC     | OsWRKY71                             | Rice : <i>Oryza sativa</i>                                                           |

### 3. ลำดับเบสบริเวณเอกซอน 1 ของยีน *Hd1*

จากการหาลำดับเบสบริเวณเอกซอน 1 พบว่าสามารถหาลำดับเบสของยีนบริเวณนี้ในข้าวได้ทั้งหมด 8 พันธุ์ คือ แพร่ 1, พิษณุโลก 2, กข 21, สุรินทร์ 1, กข 15, เหนียวสันป่าตอง, ขาวตาแห้ง 17 และ กข 6 ส่วนข้าว 4 พันธุ์ที่เหลือสามารถหาลำดับเบสได้แต่ไม่สมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณเอกซอน 1 ในข้าวทั้ง 8 พันธุ์ พบว่าลำดับเบสมีความคล้ายกันมาก มีการแทนที่เบสในกลุ่มไพริมิดีน (T-C) เพียงตำแหน่งเดียว (รูปภาพที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบลำดับเบสกับพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 7 พันธุ์ พบการแทนที่เบส T-C ในตำแหน่งนี้เช่นเดียวกัน นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ตำแหน่งที่มีรายงานว่ามีความผันแปรในลำดับนิวคลีโอไทด์ (SNP) จากเว็บไซต์ [http://www.gramene.org/Oryza\\_sativa\\_japonica/Transcript/Population/Image?db=core;t=LOC\\_Os06g16370.1](http://www.gramene.org/Oryza_sativa_japonica/Transcript/Population/Image?db=core;t=LOC_Os06g16370.1) ไม่พบความผันแปรของเบสในตำแหน่งที่รายงาน

เมื่อเปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโน พบว่าซ้ำวทั้ง 8 พันธุ์มีลำดับกรดอะมิโนเหมือนกัน และเมื่อวิเคราะห์หน้าที่ของโปรตีนโดยใช้โปรแกรมจากเว็บไซต์ <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Structure/cdd/wrpsb.cgi> พบบริเวณอนุรักษ์ B-Box-type zinc finger; zinc binding domain (รูปภาพที่ 4)

```
Surin_exon_1      ATGAATTATAATTTTGGTGCCAACGTGTTTCGACCAGGAGGTTGGAGTTGGAGGCGAAGGA
Neaw_exon_1      ATGAATTATAATTTTGGTGCCAACGTGTTTCGACCAGGAGGTTGGAGTTGGAGGCGAAGGA
Pare_exon_1      ATGAATTATAATTTTGGTGCCAACGTGTTTCGACCAGGAGGTTGGAGTTGGAGGCGAAGGA
Pit2_exon1       ATGAATTATAATTTTGGTGCCAACGTGTTTCGACCAGGAGGTTGGAGTTGGAGGCGAAGGA
Kaow_17_exon_1   ATGAATTATAATTTTGGTGCCAACGTGTTTCGACCAGGAGGTTGGAGTTGGAGGCGAAGGA
RD6_exon_1       ATGAATTATAATTTTGGTGCCAACGTGTTTCGACCAGGAGGTTGGAGTTGGAGGCGAAGGA
RD21_exon_1      ATGAATTATAATTTTGGTGCCAACGTGTTTCGACCAGGAGGTTGGAGTTGGAGGCGAAGGA
RD15_exon1       ATGAATTATAATTTTGGTGCCAACGTGTTTCGACCAGGAGGTTGGAGTTGGAGGCGAAGGA
*****
```

```
Surin_exon_1      GGAGGAGGAGGAGAGGGGAGCGGCTGCCCATGGGCGCGGCCGTGCGACGGGTGCCGCGCG
Neaw_exon_1      GGAGGAGGAGGAGAGGGGAGCGGCTGCCCATGGGCGCGGCCGTGCGACGGGTGCCGCGCG
Pare_exon_1      GGAGGAGGAGGAGAGGGGAGCGGCTGCCCATGGGCGCGGCCGTGCGACGGGTGCCGCGCG
Pit2_exon1       GGAGGAGGAGGAGAGGGGAGCGGCTGCCCATGGGCGCGGCCGTGCGACGGGTGCCGCGCG
Kaow_17_exon_1   GGAGGAGGAGGAGAGGGGAGCGGCTGCCCATGGGCGCGGCCGTGCGACGGGTGCCGCGCG
RD6_exon_1       GGAGGAGGAGGAGAGGGGAGCGGCTGCCCATGGGCGCGGCCGTGCGACGGGTGCCGCGCG
RD21_exon_1      GGAGGAGGAGGAGAGGGGAGCGGCTGCCCATGGGCGCGGCCGTGCGACGGGTGCCGCGCG
RD15_exon1       GGAGGAGGAGGAGAGGGGAGCGGCTGCCCATGGGCGCGGCCGTGCGACGGGTGCCGCGCG
*****
```

```
Surin_exon_1      GCGCCGAGCGTGTTGTACTGCCGCGCGGACGCGGCGTACCTGTGCGCGTCTGCGACGCG
Neaw_exon_1      GCGCCGAGCGTGTTGTACTGCCGCGCGGACGCGGCGTACCTGTGCGCGTCTGCGACGCG
Pare_exon_1      GCGCCGAGCGTGTTGTACTGCCGCGCGGACGCGGCGTACCTGTGCGCGTCTGCGACGCG
Pit2_exon1       GCGCCGAGCGTGTTGTACTGCCGCGCGGACGCGGCGTACCTGTGCGCGTCTGCGACGCG
Kaow_17_exon_1   GCGCCGAGCGTGTTGTACTGCCGCGCGGACGCGGCGTACCTGTGCGCGTCTGCGACGCG
RD6_exon_1       GCGCCGAGCGTGTTGTACTGCCGCGCGGACGCGGCGTACCTGTGCGCGTCTGCGACGCG
RD21_exon_1      GCGCCGAGCGTGTTGTACTGCCGCGCGGACGCGGCGTACCTGTGCGCGTCTGCGACGCG
RD15_exon1       GCGCCGAGCGTGTTGTACTGCCGCGCGGACGCGGCGTACCTGTGCGCGTCTGCGACGCG
*****
```

```
Surin_exon_1      CGGGTGACGCGGCGCAACCGCGTGCGCTCCCGCCACGAGCGCGTGCGGGTGTCGAGGCCC
Neaw_exon_1      CGGGTGACGCGGCGCAACCGCGTGCGCTCCCGCCACGAGCGCGTGCGGGTGTCGAGGCCC
Pare_exon_1      CGGGTGACGCGGCGCAACCGCGTGCGCTCCCGCCACGAGCGCGTGCGGGTGTCGAGGCCC
Pit2_exon1       CGGGTGACGCGGCGCAACCGCGTGCGCTCCCGCCACGAGCGCGTGCGGGTGTCGAGGCCC
Kaow_17_exon_1   CGGGTGACGCGGCGCAACCGCGTGCGCTCCCGCCACGAGCGCGTGCGGGTGTCGAGGCCC
RD6_exon_1       CGGGTGACGCGGCGCAACCGCGTGCGCTCCCGCCACGAGCGCGTGCGGGTGTCGAGGCCC
RD21_exon_1      CGGGTGACGCGGCGCAACCGCGTGCGCTCCCGCCACGAGCGCGTGCGGGTGTCGAGGCCC
RD15_exon1       CGGGTGACGCGGCGCAACCGCGTGCGCTCCCGCCACGAGCGCGTGCGGGTGTCGAGGCCC
*****
```

```
Surin_exon_1      TGCGAGCGCGCCCCGGCCGCGCTCGCGTGCCGCGCCGACGCCGCCGCGCTGTGCGTGCCG
Neaw_exon_1      TGCGAGCGCGCCCCGGCCGCGCTCGCGTGCCGCGCCGACGCCGCCGCGCTGTGCGTGCCG
Pare_exon_1      TGCGAGCGCGCCCCGGCCGCGCTCGCGTGCCGCGCCGACGCCGCCGCGCTGTGCGTGCCG
Pit2_exon1       TGCGAGCGCGCCCCGGCCGCGCTCGCGTGCCGCGCCGACGCCGCCGCGCTGTGCGTGCCG
Kaow_17_exon_1   TGCGAGCGCGCCCCGGCCGCGCTCGCGTGCCGCGCCGACGCCGCCGCGCTGTGCGTGCCG
RD6_exon_1       TGCGAGCGCGCCCCGGCCGCGCTCGCGTGCCGCGCCGACGCCGCCGCGCTGTGCGTGCCG
RD21_exon_1      TGCGAGCGCGCCCCGGCCGCGCTCGCGTGCCGCGCCGACGCCGCCGCGCTGTGCGTGCCG
RD15_exon1       TGCGAGCGCGCCCCGGCCGCGCTCGCGTGCCGCGCCGACGCCGCCGCGCTGTGCGTGCCG
*****
```

```
Surin_exon_1      TGCGACGTGCAGGTGCACTCCGCGAACCCGCTCGCCAGGCGCCACAGCGCGTCCCGGTC
Neaw_exon_1      TGCGACGTGCAGGTGCACTCCGCGAACCCGCTCGCCAGGCGCCACAGCGCGTCCCGGTC
Pare_exon_1      TGCGACGTGCAGGTGCACTCCGCGAACCCGCTCGCCAGGCGCCACAGCGCGTCCCGGTC
Pit2_exon1       TGCGACGTGCAGGTGCACTCCGCGAACCCGCTCGCCAGGCGCCACAGCGCGTCCCGGTC
Kaow_17_exon_1   TGCGACGTGCAGGTGCACTCCGCGAACCCGCTCGCCAGGCGCCACAGCGCGTCCCGGTC
RD6_exon_1       TGCGACGTGCAGGTGCACTCCGCGAACCCGCTCGCCAGGCGCCACAGCGCGTCCCGGTC
RD21_exon_1      TGCGACGTGCAGGTGCACTCCGCGAACCCGCTCGCCAGGCGCCACAGCGCGTCCCGGTC
RD15_exon1       TGCGACGTGCAGGTGCACTCCGCGAACCCGCTCGCCAGGCGCCACAGCGCGTCCCGGTC
*****
```

```
Surin_exon_1      GCGCCGCTCCCGGCCATCACCATCCCGGCCACCTCCGTCTCGCTGAGGCGGTGGTGGCC
Neaw_exon_1      GCGCCGCTCCCGGCCATCACCATCCCGGCCACCTCCGTCTCGCTGAGGCGGTGGTGGCC
```

|                |                                                               |
|----------------|---------------------------------------------------------------|
| Pare_exon_1    | GCGCCGCTCCCGGCCATCACCATCCCGGCCACCTCCGTCCTCGCTGAGGCGGTGGTGGCC  |
| Pit2_exon1     | GCGCCGCTCCCGGCCATCACCATCCCGGCCACCTCCGTCCTCGCTGAGGCGGTGGTGGCC  |
| Kaow_17_exon_1 | GCGCCGCTCCCGGCCATCACCATCCCGGCCACCTCCGTCCTCGCTGAGGCGGTGGTGGCC  |
| RD6_exon_1     | GCGCCGCTCCCGGCCATCACCATCCCGGCCACCTCCGTCCTCGCTGAGGCGGTGGTGGCC  |
| RD21_exon_1    | GCGCCGCTCCCGGCCATCACCATCCCGGCCACCTCCGTCCTCGCTGAGGCGGTGGTGGCC  |
| RD15_exon1     | GCGCCGCTCCCGGCCATCACCATCCCGGCCACCTCCGTCCTCGCTGAGGCGGTGGTGGCC  |
|                | *****                                                         |
| Surin_exon_1   | ACCGCCACCGTCCTCGGCGACAAGGACGAGGAGGTGGACTCTTGGCTTCTCCTCTCCAAA  |
| Neaw_exon_1    | ACCGCCACCGTCCTCGGCGACAAGGACGAGGAGGTGGACTCTTGGCTTCTCCTCTCCAAA  |
| Pare_exon_1    | ACCGCCACCGTCCTCGGCGACAAGGACGAGGAGGTGGACTCTTGGCTTCTCCTCTCCAAA  |
| Pit2_exon1     | ACCGCCACCGTCCTCGGCGACAAGGACGAGGAGGTGGACTCTTGGCTTCTCCTCTCCAAA  |
| Kaow_17_exon_1 | ACCGCCACCGTCCTCGGCGACAAGGACGAGGAGGTGGACTCTTGGCTTCTCCTCTCCAAA  |
| RD6_exon_1     | ACCGCCACCGTCCTCGGCGACAAGGACGAGGAGGTGGACTCTTGGCTTCTCCTCTCCAAA  |
| RD21_exon_1    | ACCGCCACCGTCCTCGGCGACAAGGACGAGGAGGTGGACTCTTGGCTTCTCCTCTCCAAA  |
| RD15_exon1     | ACCGCCACCGTCCTCGGCGACAAGGACGAGGAGGTGGACTCTTGGCTTCTCCTCTCCAAA  |
|                | *****                                                         |
| Surin_exon_1   | GATTCGGACAACAACAACAATAACAACAACAACGACAACGACAATAAGGACAACAAC     |
| Neaw_exon_1    | GATTCGGACAACAACAACAATAACAACAACAACGACAACGACAATAAGGACAACAAC     |
| Pare_exon_1    | GATTCGGACAACAACAACAATAACAACAACAACGACAACGACAATAAGGACAACAAC     |
| Pit2_exon1     | GATTCGGACAACAACAACAATAACAACAACAACGACAACGACAATAAGGACAACAAC     |
| Kaow_17_exon_1 | GATTCGGACAACAACAACAATAACAACAACAACGACAACGACAATAAGGACAACAAC     |
| RD6_exon_1     | GATTCGGACAACAACAACAATAACAACAACAACGACAACGACAATAAGGACAACAAC     |
| RD21_exon_1    | GATTCGGACAACAACAACAATAACAACAACAACGACAACGACAATAAGGACAACAAC     |
| RD15_exon1     | GATTCGGACAACAACAACAATAACAACAACAACGACAACGACAATAAGGACAACAAC     |
|                | *****                                                         |
| Surin_exon_1   | AACAGCAACAGCAGCAACAACGGCATGTATTTTGGTGAAGTCGATGAGTACTTTGATCTT  |
| Neaw_exon_1    | AACAGCAACAGCAGCAACAACGGCATGTATTTTGGTGAAGTCGATGAGTACTTTGATCTT  |
| Pare_exon_1    | AACAGCAACAGCAGCAACAACGGCATGTATTTTGGTGAAGTCGATGAGTACTTTGATCTT  |
| Pit2_exon1     | AACAGCAACAGCAGCAACAACGGCATGTATTTTGGTGAAGTCGATGAGTACTTTGATCTT  |
| Kaow_17_exon_1 | AACAGCAACAGCAGCAACAACGGCATGTATTTTGGTGAAGTCGATGAGTACTTTGATCTT  |
| RD6_exon_1     | AACAGCAACAGCAGCAACAACGGCATGTATTTTGGTGAAGTCGATGAGTACTTTGATCTT  |
| RD21_exon_1    | AACAGCAACAGCAGCAACAACGGCATGTATTTTGGTGAAGTCGATGAGTACTTTGATCTT  |
| RD15_exon1     | AACAGCAACAGCAGCAACAACGGCATGTATTTTGGTGAAGTCGATGAGTACTTTGATCTT  |
|                | *****                                                         |
| Surin_exon_1   | GTCGGGTACAATTTCGTACTACGACAACCGCATCGAAAACAACCAAGATCAGCAGTATGGG |
| Neaw_exon_1    | GTCGGGTACAATTTCGTACTACGACAACCGCATCGAAAACAACCAAGATCAGCAGTATGGG |
| Pare_exon_1    | GTCGGGTACAATTTCGTACTACGACAACCGCATCGAAAACAACCAAGATCAGCAGTATGGG |
| Pit2_exon1     | GTCGGGTACAATTTCGTACTACGACAACCGCATCGAAAACAACCAAGATCAGCAGTATGGG |
| Kaow_17_exon_1 | GTCGGGTACAATTTCGTACTACGACAACCGCATCGAAAACAACCAAGATCAGCAGTATGGG |
| RD6_exon_1     | GTCGGGTACAATTTCGTACTACGACAACCGCATCGAAAACAACCAAGATCAGCAGTATGGG |
| RD21_exon_1    | GTCGGGTACAATTTCGTACTACGACAACCGCATCGAAAACAACCAAGATCAGCAGTATGGG |
| RD15_exon1     | GTCGGGTACAATTTCGTACTACGACAACCGCATCGAAAACAACCAAGATCAGCAGTATGGG |
|                | *****                                                         |
| Surin_exon_1   | ATGCATGAACAGCAAGAGCAGCAGCAGCAGCAGGAGATGCAAAAGGAGTTTGAGAG      |
| Neaw_exon_1    | ATGCATGAACAGCAAGAGCAGCAGCAGCAGCAGGAGATGCAAAAGGAGTTTGAGAG      |
| Pare_exon_1    | ATGCATGAACAGCAAGAGCAGCAGCAGCAGCAGGAGATGCAAAAGGAGTTTGAGAG      |
| Pit2_exon1     | ATGCATGAACAGCAAGAGCAGCAGCAGCAGCAGGAGATGCAAAAGGAGTTTGAGAG      |
| Kaow_17_exon_1 | ATGCATGAACAGCAAGAGCAGCAGCAGCAGCAGGAGATGCAAAAGGAGTTTGAGAG      |
| RD6_exon_1     | ATGCATGAACAGCAAGAGCAGCAGCAGCAGCAGGAGATGCAAAAGGAGTTTGAGAG      |
| RD21_exon_1    | ATGCATGAACAGCAAGAGCAGCAGCAGCAGCAGGAGATGCAAAAGGAGTTTGAGAG      |
| RD15_exon1     | ATGCATGAACAGCAAGAGCAGCAGCAGCAGCAGGAGATGCAAAAGGAGTTTGAGAG      |
|                | *****                                                         |
| Surin_exon_1   | AAGGAAGGGAGCGAGTGTGTGGTACCTTCACAGATCACAATGCTGAGTGAGCAGCAGCAT  |
| Neaw_exon_1    | AAGGAAGGGAGCGAGTGTGTGGTACCTTCACAGATCACAATGCTGAGTGAGCAGCAGCAT  |
| Pare_exon_1    | AAGGAAGGGAGCGAGTGTGTGGTACCTTCACAGATCACAATGCTGAGTGAGCAGCAGCAT  |
| Pit2_exon1     | AAGGAAGGGAGCGAGTGTGTGGTACCTTCACAGATCACAATGCTGAGTGAGCAGCAGCAT  |
| Kaow_17_exon_1 | AAGGAAGGGAGCGAGTGTGTGGTACCTTCACAGATCACAATGCTGAGTGAGCAGCAGCAT  |
| RD6_exon_1     | AAGGAAGGGAGCGAGTGTGTGGTACCTTCACAGATCACAATGCTGAGTGAGCAGCAGCAT  |
| RD21_exon_1    | AAGGAAGGGAGCGAGTGTGTGGTACCTTCACAGATCACAATGCTGAGTGAGCAGCAGCAT  |
| RD15_exon1     | AAGGAAGGGAGCGAGTGTGTGGTACCTTCACAGATCACAATGCTGAGTGAGCAGCAGCAT  |
|                | *****                                                         |
| Surin_exon_1   | AGTGGTTATGGAGTTGTGGGAGCAGACCAGGCCGCCTCCATGACCGCCGGCGTCAGTGCT  |
| Neaw_exon_1    | AGTGGTTATGGAGTTGTGGGAGCAGACCAGGCCGCCTCCATGACCGCCGGCGTCAGTGCT  |
| Pare_exon_1    | AGTGGTTATGGAGTTGTGGGAGCAGACCAGGCCGCCTCCATGACCGCCGGCGTCAGTGCT  |
| Pit2_exon1     | AGTGGTTATGGAGTTGTGGGAGCAGACCAGGCCGCCTCCATGACCGCCGGCGTCAGTGCT  |
| Kaow_17_exon_1 | AGTGGTTATGGAGTTGTGGGAGCAGACCAGGCCGCCTCCATGACCGCCGGCGTCAGTGCT  |

|                |                                                              |
|----------------|--------------------------------------------------------------|
| RD6_exon_1     | AGTGGTTATGGAGTTGTGGGAGCAGACCAGGCCGCCTCCATGACCGCCGGCGTCAGTGCT |
| RD21_exon_1    | AGTGGTTATGGAGTTGTGGGAGCAGACCAGGCCGCCTCCATGACCGCCGGCGTCAGTGCT |
| RD15_exon1     | AGTGGTTATGGAGTTGTGGGAGCAGACCAGGCCGCCTCCATGACCGCCGGCGTCAGTGCT |
|                | *****                                                        |
| Surin_exon_1   | TACACAGATTCCATCAGCAACAGC                                     |
| Neaw_exon_1    | TACACAGATTCCATCAGCAACAGC                                     |
| Pare_exon_1    | TACACAGATTCCATCAGCAACAGC                                     |
| Pit2_exon1     | TACACAGATTCCATCAGCAACAGC                                     |
| Kaow_17_exon_1 | TACACAGATTCCATCAGCAACAGC                                     |
| RD6_exon_1     | TACACAGATTCCATCAGCAACAGC                                     |
| RD21_exon_1    | TACACAGATTCCATCAGCAACAGC                                     |
| RD15_exon1     | TACACAGATTCCATCAGCAACAGC                                     |
|                | *****                                                        |

รูปภาพที่ 3 เปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณเอกซอน 1

|               |                                                              |       |
|---------------|--------------------------------------------------------------|-------|
|               |                                                              | B-Box |
| Pare_1        | MNYNFGGNVFDQEVGVGEGGGGGEGSGCPWARPCDGCRAAPSVVYCRADAAYLCASCD   |       |
| Pitsanulok_2  | MNYNFGGNVFDQEVGVGEGGGGGEGSGCPWARPCDGCRAAPSVVYCRADAAYLCASCD   |       |
| RD21          | MNYNFGGNVFDQEVGVGEGGGGGEGSGCPWARPCDGCRAAPSVVYCRADAAYLCASCD   |       |
| Surin_1       | MNYNFGGNVFDQEVGVGEGGGGGEGSGCPWARPCDGCRAAPSVVYCRADAAYLCASCD   |       |
| RD15          | MNYNFGGNVFDQEVGVGEGGGGGEGSGCPWARPCDGCRAAPSVVYCRADAAYLCASCD   |       |
| Neawsunpatong | MNYNFGGNVFDQEVGVGEGGGGGEGSGCPWARPCDGCRAAPSVVYCRADAAYLCASCD   |       |
| Kaowtaheng_17 | MNYNFGGNVFDQEVGVGEGGGGGEGSGCPWARPCDGCRAAPSVVYCRADAAYLCASCD   |       |
| RD6           | MNYNFGGNVFDQEVGVGEGGGGGEGSGCPWARPCDGCRAAPSVVYCRADAAYLCASCD   |       |
|               | *****                                                        |       |
| Pare_1        | RVHAANRVASRHERVRVCEACERAPAAACRADAAALCVACDVQVHSANPLARRHQRPV   |       |
| Pitsanulok_2  | RVHAANRVASRHERVRVCEACERAPAAACRADAAALCVACDVQVHSANPLARRHQRPV   |       |
| RD21          | RVHAANRVASRHERVRVCEACERAPAAACRADAAALCVACDVQVHSANPLARRHQRPV   |       |
| Surin_1       | RVHAANRVASRHERVRVCEACERAPAAACRADAAALCVACDVQVHSANPLARRHQRPV   |       |
| RD15          | RVHAANRVASRHERVRVCEACERAPAAACRADAAALCVACDVQVHSANPLARRHQRPV   |       |
| Neawsunpatong | RVHAANRVASRHERVRVCEACERAPAAACRADAAALCVACDVQVHSANPLARRHQRPV   |       |
| Kaowtaheng_17 | RVHAANRVASRHERVRVCEACERAPAAACRADAAALCVACDVQVHSANPLARRHQRPV   |       |
| RD6           | RVHAANRVASRHERVRVCEACERAPAAACRADAAALCVACDVQVHSANPLARRHQRPV   |       |
|               | *****                                                        |       |
| Pare_1        | APLPAITIPATSVLAEAVVATATVLGDKDEEVDSWLLLSKSDNNNNNNNNNDNDNKDNN  |       |
| Pitsanulok_2  | APLPAITIPATSVLAEAVVATATVLGDKDEEVDSWLLLSKSDNNNNNNNNNDNDNKDNN  |       |
| RD21          | APLPAITIPATSVLAEAVVATATVLGDKDEEVDSWLLLSKSDNNNNNNNNNDNDNKDNN  |       |
| Surin_1       | APLPAITIPATSVLAEAVVATATVLGDKDEEVDSWLLLSKSDNNNNNNNNNDNDNKDNN  |       |
| RD15          | APLPAITIPATSVLAEAVVATATVLGDKDEEVDSWLLLSKSDNNNNNNNNNDNDNKDNN  |       |
| Neawsunpatong | APLPAITIPATSVLAEAVVATATVLGDKDEEVDSWLLLSKSDNNNNNNNNNDNDNKDNN  |       |
| Kaowtaheng_17 | APLPAITIPATSVLAEAVVATATVLGDKDEEVDSWLLLSKSDNNNNNNNNNDNDNKDNN  |       |
| RD6           | APLPAITIPATSVLAEAVVATATVLGDKDEEVDSWLLLSKSDNNNNNNNNNDNDNKDNN  |       |
|               | *****                                                        |       |
| Pare_1        | NSNSSNNGMYFGEVDEYFDLVGYNSYYDNRIENNQQDQYGMHEQQEQQQQQQEMQKEFAE |       |
| Pitsanulok_2  | NSNSSNNGMYFGEVDEYFDLVGYNSYYDNRIENNQQDQYGMHEQQEQQQQQQEMQKEFAE |       |
| RD21          | NSNSSNNGMYFGEVDEYFDLVGYNSYYDNRIENNQQDQYGMHEQQEQQQQQQEMQKEFAE |       |
| Surin_1       | NSNSSNNGMYFGEVDEYFDLVGYNSYYDNRIENNQQDQYGMHEQQEQQQQQQEMQKEFAE |       |
| RD15          | NSNSSNNGMYFGEVDEYFDLVGYNSYYDNRIENNQQDQYGMHEQQEQQQQQQEMQKEFAE |       |
| Neawsunpatong | NSNSSNNGMYFGEVDEYFDLVGYNSYYDNRIENNQQDQYGMHEQQEQQQQQQEMQKEFAE |       |
| Kaowtaheng_17 | NSNSSNNGMYFGEVDEYFDLVGYNSYYDNRIENNQQDQYGMHEQQEQQQQQQEMQKEFAE |       |
| RD6           | NSNSSNNGMYFGEVDEYFDLVGYNSYYDNRIENNQQDQYGMHEQQEQQQQQQEMQKEFAE |       |
|               | *****                                                        |       |
| Pare_1        | KEGSECVVPSQITMLSEQQHSYG VVGADQAASMTAGVSAYTDSISNS             |       |
| Pitsanulok_2  | KEGSECVVPSQITMLSEQQHSYG VVGADQAASMTAGVSAYTDSISNS             |       |
| RD21          | KEGSECVVPSQITMLSEQQHSYG VVGADQAASMTAGVSAYTDSISNS             |       |
| Surin_1       | KEGSECVVPSQITMLSEQQHSYG VVGADQAASMTAGVSAYTDSISNS             |       |
| RD15          | KEGSECVVPSQITMLSEQQHSYG VVGADQAASMTAGVSAYTDSISNS             |       |
| Neawsunpatong | KEGSECVVPSQITMLSEQQHSYG VVGADQAASMTAGVSAYTDSISNS             |       |
| Kaowtaheng_17 | KEGSECVVPSQITMLSEQQHSYG VVGADQAASMTAGVSAYTDSISNS             |       |
| RD6           | KEGSECVVPSQITMLSEQQHSYG VVGADQAASMTAGVSAYTDSISNS             |       |
|               | *****                                                        |       |

รูปภาพที่ 4 เปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนบริเวณเอกซอน 1

#### 4. ลำดับเบสบริเวณเอกซอน 2 ของยีน *Hd1*

จากการหาและเปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณเอกซอน 2 ในข้าวทั้ง 12 พันธุ์ พบการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของดีเอ็นเอจำนวน 4 นิวคลีโอไทด์ คือ AAGA โดยข้าวไวแสงทั้งหมดมีลำดับเบสนี้แต่ข้าวไม่วิแสงทั้งหมดยกเว้น ชัยนาท 1 ไม่มีลำดับเบสนี้ (รูปภาพที่ 5) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่นำมาเปรียบเทียบทั้ง 7 พันธุ์พบว่าข้าวที่นำมาเปรียบเทียบทุกพันธุ์มีลำดับดีเอ็นเอบริเวณนี้

เมื่อเปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนพบว่าข้าวพันธุ์ที่มีการขาดหายไปของลำดับเบสบริเวณนี้จะมีลำดับกรดอะมิโนที่แตกต่างไปจากพันธุ์ข้าวที่มีลำดับเบสบริเวณนี้อยู่ และเมื่อ

วิเคราะห์หน้าที่ของโปรตีนโดยใช้โปรแกรมจากเว็บไซต์ [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Structure/cdd/wrpsb.cgi)

Structure/cdd/wrpsb.cgi พบบริเวณอนุรักษ์ CCT motif แต่ข้าวที่ไม่มีลำดับเบส AAGA มีส่วน CCT motif ไม่สมบูรณ์ (รูปภาพที่ 6)

```
Neawsunpatong      ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
Loungpratew_123    ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
Nangmol_S-_4       ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
Chainat_1          ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
RD_15              ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
Kaowtaheng_17      ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
RD_6               ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
RD_21              ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
Pitsanulok_2       ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
Pare_1             ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
Sunpatong_1        ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
Surin_1            ATATCTTTCTCATCAATGGAGGCGGGTATAGTACCAGACAGCACGGTGATAGATATGCCA
*****
```

```
Neawsunpatong      AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
Loungpratew_123    AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
Nangmol_S-_4       AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
Chainat_1          AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
RD_15              AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
Kaowtaheng_17      AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
RD_6               AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
RD_21              AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
Pitsanulok_2       AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
Pare_1             AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
Sunpatong_1        AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
Surin_1            AATTCCAGAATCCTGACACCTGCTGGAGCAATCAATCTCTTCTCAGGTCCTCGCTTCAG
*****
```

```
Neawsunpatong      ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
Loungpratew_123    ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
Nangmol_S-_4       ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
Chainat_1          ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
RD_15              ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
Kaowtaheng_17      ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
RD_6               ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
RD_21              ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
Pitsanulok_2       ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
Pare_1             ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
Sunpatong_1        ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
Surin_1            ATGTCCCTTCACTTCAGCTCCATGGACAGGGAGGCCAGGGTGCTCAGGTACAGGGAGAAG
*****
```

```
Neawsunpatong      AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAACAAGAAAGGCGTATGCAGAG
Loungpratew_123    AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAACAAGAAAGGCGTATGCAGAG
Nangmol_S-_4       AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAACAAGAAAGGCGTATGCAGAG
```

|                 |                                                              |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|
| Chainat_1       | AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAACAAGAAAGGCGTATGCAGAG |
| RD_15           | AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAACAAGAAAGGCGTATGCAGAG |
| Kaowtaheng_17   | AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAACAAGAAAGGCGTATGCAGAG |
| RD_6            | AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAACAAGAAAGGCGTATGCAGAG |
| RD_21           | AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAAC----AAGGCGTATGCAGAG |
| Pitsanulok_2    | AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAAC----AAGGCGTATGCAGAG |
| Pare_1          | AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAAC----AAGGCGTATGCAGAG |
| Sunpatong_1     | AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAAC----AAGGCGTATGCAGAG |
| Surin_1         | AAGAAGGCCAGGAAGTTTGAGAAGACAATACGTTATGAAAC----AAGGCGTATGCAGAG |
|                 | *****                                                        |
| Neawsunpatong   | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| Loungpratew_123 | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| Nangmol_S_-4    | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| Chainat_1       | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| RD_15           | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| Kaowtaheng_17   | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| RD_6            | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| RD_21           | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| Pitsanulok_2    | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| Pare_1          | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| Sunpatong_1     | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
| Surin_1         | GCACGACCCCGGATCAAGGGCCGTTTCGCCAAGAGATCAGATGTGCAGATCGAAGTGGAC |
|                 | *****                                                        |
| Neawsunpatong   | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| Loungpratew_123 | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| Nangmol_S_-4    | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| Chainat_1       | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| RD_15           | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| Kaowtaheng_17   | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| RD_6            | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| RD_21           | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| Pitsanulok_2    | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| Pare_1          | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| Sunpatong_1     | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
| Surin_1         | CAGATGTTCTCCACTGCAGCTCTATCTGACGGTAGCTATGGTACTGTTCCATGGTTCTGA |
|                 | *****                                                        |

## รูปภาพที่ 5 เปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณเอกซอน 2

|                 |                                                           |                       |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------|
|                 |                                                           | CCT motif             |
| Kaowtaheng_17   | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| Loungpratew_123 | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| RD_6            | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| Neawsunpatong   | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| Nangmol_S_-4    | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| RD_15           | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| Chainat_1       | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| Pare_1          | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| Pitsanulok_2    | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| RD_21           | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| Sunpatong_1     | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
| Surin_1         | ISFSSMEAGIVPDSTVIDMPNSRILTPAGAINLFSGPSLQMSLHFSSMD         | REARVLRREK            |
|                 | *****                                                     |                       |
| Kaowtaheng_17   | KKARKFEKTIRYETRKAYAEARPR----IKGRFAKRSD                    | VQIEVDQMFSTAALSDGSYGT |
| Loungpratew_123 | KKARKFEKTIRYETRKAYAEARPR----IKGRFAKRSD                    | VQIEVDQMFSTAALSDGSYGT |
| RD_6            | KKARKFEKTIRYETRKAYAEARPR----IKGRFAKRSD                    | VQIEVDQMFSTAALSDGSYGT |
| Neawsunpatong   | KKARKFEKTIRYETRKAYAEARPR----IKGRFAKRSD                    | VQIEVDQMFSTAALSDGSYGT |
| Nangmol_S_-4    | KKARKFEKTIRYETRKAYAEARPR----IKGRFAKRSD                    | VQIEVDQMFSTAALSDGSYGT |
| RD_15           | KKARKFEKTIRYETRKAYAEARPR----IKGRFAKRSD                    | VQIEVDQMFSTAALSDGSYGT |
| Chainat_1       | KKARKFEKTIRYETRKAYAEARPR----IKGRFAKRSD                    | VQIEVDQMFSTAALSDGSYGT |
| Pare_1          | KKARKFEKTIRYETRMQRHDPGSRVSPRDQMCRSKWTRCSPLQLYLTVMVLFHGS-- |                       |
| Pitsanulok_2    | KKARKFEKTIRYETRMQRHDPGSRVSPRDQMCRSKWTRCSPLQLYLTVMVLFHGS-- |                       |
| RD_21           | KKARKFEKTIRYETRMQRHDPGSRVSPRDQMCRSKWTRCSPLQLYLTVMVLFHGS-- |                       |
| Sunpatong_1     | KKARKFEKTIRYETRMQRHDPGSRVSPRDQMCRSKWTRCSPLQLYLTVMVLFHGS-- |                       |
| Surin_1         | KKARKFEKTIRYETRMQRHDPGSRVSPRDQMCRSKWTRCSPLQLYLTVMVLFHGS-- |                       |
|                 | *****                                                     |                       |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| Kaowtaheng_17   | PWF |
| Loungpratew_123 | PWF |
| RD_6            | PWF |
| Neawsunpatong   | PWF |
| Nangmol_S-_4    | PWF |
| RD_15           | PWF |
| Chainat_1       | PWF |
| Pare_1          | --- |
| Pitsanulok_2    | --- |
| RD_21           | --- |
| Sunpatong_1     | --- |
| Surin_1         | --- |

#### รูปที่ 6 เปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนบริเวณเอกซอน 2

เนื่องจากโปรตีนที่สังเคราะห์จากลำดับดีเอ็นเอบริเวณเอกซอน 1 ทำหน้าที่เป็นทรานสคริปชัน แฟกเตอร์ ส่วนโปรตีนที่สังเคราะห์จากลำดับดีเอ็นเอบริเวณเอกซอน 2 ทำหน้าที่พาทรานสคริปชัน แฟกเตอร์กลับเข้าสู่นิวเคลียส (Yano และคณะ, 2000) ดังนั้นโปรตีนที่มี CCT motif ไม่สมบูรณ์อาจไม่สามารถพาทรานสคริปชัน แฟกเตอร์กลับเข้าสู่นิวเคลียสได้ จึงทำให้เกิดการตอบสนองต่อช่วงแสง จึงเป็นพืชไม่ไวแสง ซึ่งได้แก่ ข้าวพันธุ์แพรว 1, พืชพันธุ์โลก 2, สันป่าตอง 1, สุรินทร์ 1 และ กข 21 ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นข้าวไม่ไวแสงแต่สามารถสังเคราะห์โปรตีนที่มี CCT motif ได้สมบูรณ์อาจมีกลไกการตอบสนองต่อช่วงแสงแบบอื่น

## เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร . 2546 . ข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ดี 30 ปี กรมวิชาการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 87-88 หน้า.
- ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติและสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2544. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับข้าวไทย. 153 หน้า.
- Agrawal, V. P., K. A. Genesh and R. N. Pandey. 1992. Isolation of DNA from *Choerospondias axillaris* leaves. Biotech. Biodiv. Lett. 2: 19-24.
- Doi, K., T. Izawa, T. Fuse, U. Yamanouchi. T. Kubo, Z. Shimatani, M. Yano and A. Yoshimura. 2004. *Ehd1*, a B-type response regulator in rice, confer short-day promotion of flowering and controls *FT-like* gene expression independently of *Hd1*. GENES & DEVELOPMENT 18: 926-936.
- Hayama, R. and G. Coupland. 2004. The molecular basis of diversity in the photoperiodic flowering responses of *Arabidopsis* and rice. Plant Physiology 135:677-684.
- Hamaya, R., S. Yokoi, S. Tamaki and K. Shimamoto. 2003. Adaptation of photoperiodic control pathways produces short-day flowering in rice. Nature 422:719-722.
- Hayama, R., T. Izawa and K. Shimamoto. 2002. Isolation of rice genes possibly involved in the photoperiodic control of flowering by fluorescent differential display method. Plant Cell Physiol 43: 495-504.
- Kojima, S., Y. Takahashi, Y. Kobayashi, L. Monna, T. Sasaki, T. Araki and M. Yano. 2002. *Hd3a*, a rice ortholog of the *Arabidopsis FT* gene, promotes transition to flowering downstream of *Hd1* under short-day conditions. Plant Cell Physiol 43: 1096-1105.
- Lin, S., T. Sasaki and M. Yano. 1998. Mapping quantitative trait loci controlling seed dormancy and heading date in rice (*Oryza sativa* L.) using backcross inbred lines. Theor Appl Genet 96: 997-1003.
- Mei, H., W. L. J. Luo, C. S. Ying, Y. P. Wang, X. Q. Yu, L. B. Guo, A. H. Paterson and Z. K. Li. 2003. Gene actions of QTLs affecting several agronomic traits resolved in a recombinant inbred rice population and two testcross populations. Theor Appl Genet 85: 536-540.

- Nemoto, Y., M. Kisaka, T. Fuse, M. Yano and Y. Ogihara. 2003. Characterization and functional analysis of three wheat genes with homology to the *CONSTANS* flowering time gene in transgenic rice. *The Plant Journal* 36: 82-93.
- Roongsatthom, P. 2005. Detection of DNA methylation in *Hd1*, *Hd3a* and *Hd6* genes in rice KDML 105 (*Oryza sativa* L.). M.S. thesis, Kasetsart University.
- Sarma, R. N., B. S. Gill, T. Sasaki, G. Galiba, J. Sutka, D. A. Laurie and J. W. Snape. 1998. Comparative mapping of the wheat chromosome 5 A *Vrn-A1* region with rice and its relationship to QTL for flowering time. *Theor Appl Genet* 97: 103-109.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin/ cummings Publishing Company, Inc., California.
- Thomas, B. 1993a. Internal and external controls on flowering , pp. 1-20. *In* B.R. Jordan, ed. *The molecular biology of flowering*. CAB International, Wallingford, UK.
- \_\_\_\_\_. 1993b. Internal and external controls on flowering , pp. 1-20. *In* B.R. Jodan, ed. *The molecular biology of flowering*. CAB International, Wallingford, UK. Cited G.
- Bernier, J. M. Kinet and R. M. Sacha. 1981. *The physiology of flowering*, vol1: The initial of flowers. CRC Press Inc., Boca Raton.
- \_\_\_\_\_. 1993b. Internal and external controls on flowering , pp. 1-20. *In* B.R. Jodan, ed. *The molecular biology of flowering*. CAB International, Wallingford, UK. Cited B.
- Sotta. 1978. Interaction du photoperiodisme et des effects de la zeatine, du saccharose et de l'eau dans la floraison du *Chenopodium polyspermum*. *Physio. Plant* 43: 337-342.
- Xiao, J., J. Li, L. Yuan and S. D. Tanksley. 1995. Dominance is the major genetic basic of heterosis in rice as revealed by QTL analysis using molecular markers. *Genetics* 140: 745-754.
- Xion, L. Z., K. D. Liu, X. K. Dai, C. G. Xu and Q. Zhang. 1999. Identification of genetics factors controlling domestication-related traits of rice using an F2 population of a cross between *Oryza sativa* and *O. rufipogon*. *Theor Appl Genet* 98: 243-251.
- Yamamoto, T., Y. Kuboki, S. Y. Lin, T. Sasaki and M. Yano. 1998. Fine mapping of quantitative traits loci Hd-1, Hd-2 and Hd-3 controlling heading time of rice, as single mendelian factors. *Theor Appl Genet* 97: 37-44.

- Yamamoto, T., H. Lin, T. Sasaki and M. Yano. 2000. Identification of heading date quantitative trait locus Hd6 and characterization of its epistatic interactions with Hd2 in rice using advanced backcross progeny. *Genetics* 154: 885-891.
- Yano, M., Y. Harushima, Y. Nagamura, N. Kurata, Y. Minobe and T. Sasaki. 1997. Identification of quantitative traits loci controlling heading time of rice using a high-density linkage map. *Theor Appl Genet* 95: 1025-1032.
- Yano, M., Y. Katayose, M. Ashikari, U. Yamanouchi, L. Monna, T. Fuse, T. Baba, K. Yamamoto, Y. Umehara, Y. Nagamura and T. Sasaki. 2000. *Hd1*, a major photoperiod sensitivity quantitative trait locus in rice, is closely related to the *Arabidopsis* flowering time gene *CONSTANS*. *Plant Cell* 12: 2473-2484.
- Yu, S. B., J. X. Li, C. G. Xu, Y. F. Tan, X. H. Li and Q. Zhang. 2002. Identification of quantitative traits loci and epistatic interactions for plant height and heading date in rice. *Theor Appl Genet* 104: 619-625.

## ภาคผนวก

เปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณหน้ายีน *Hd1* ระหว่างข้าวที่ศึกษา 12 พันธุ์กับข้าวที่มี  
รายงานในฐานข้อมูล 7 พันธุ์

|                 |                                                               |
|-----------------|---------------------------------------------------------------|
| Sunpatong_1     | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| KDML_105        | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| RD_6            | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Pitsanulok_2    | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| HS110           | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Surin_1         | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| RD_21           | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| _Suphan_Buri_1  | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Loungpratew_123 | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Ginbouzu        | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| RD15            | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Neawsunpatong   | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Nangmol_S-4     | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| HS66            | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Pare_1          | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Kaowtaheng_17   | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Chainat_1       | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Hd1_Kasalath    | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
| Nipponbare      | AACTTTTCTCATGTATCTGCACTGGCTACCTCACACCGGAGGTTTCGTAAGGCGGA      |
|                 | *****                                                         |
| Sunpatong_1     | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| KDML_105        | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| RD_6            | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Pitsanulok_2    | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| HS110           | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Surin_1         | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| RD_21           | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| _Suphan_Buri_1  | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Loungpratew_123 | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Ginbouzu        | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| RD15            | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Neawsunpatong   | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Nangmol_S-4     | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| HS66            | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Pare_1          | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Kaowtaheng_17   | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Chainat_1       | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Hd1_Kasalath    | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
| Nipponbare      | ACGGCTAAGGGGGAGTGCCAATGACTGGCACAAAACCGCATGCTTTGGAATCCCAGAGAA  |
|                 | *****                                                         |
| Sunpatong_1     | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| KDML_105        | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| RD_6            | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| Pitsanulok_2    | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| HS110           | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| Surin_1         | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| RD_21           | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| _Suphan_Buri_1  | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| Loungpratew_123 | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| Ginbouzu        | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| RD15            | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| Neawsunpatong   | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| Nangmol_S-4     | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| HS66            | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| Pare_1          | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| Kaowtaheng_17   | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| Chainat_1       | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
| Hd1_Kasalath    | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATATT |
| Nipponbare      | CCCAACCCCTCCCTTTCTCTTTTGCAAAAGAATGTGCATAAAGAGAGAGAGGCAGCATCTT |
|                 | *****                                                         |
| Sunpatong_1     | TCCTCTGCTCTTTTGTGTTTCCCTTTATTTGTACATCATCACAGTGGCTTCCAATTCT    |

TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGACAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGACAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGACAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG

TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGACAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGATAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGACAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
TTAAATGGAACATGATTACGACAAAAGAGAATCAGTGTACTCATCACTAAAAATGCAAAG  
\*\*\*\*\*

Sunpatong\_1  
KDML\_105  
RD\_6  
Pitsanulok\_2  
HS110  
Surin\_1  
RD\_21  
\_Suphan\_Buri\_1  
Loungratew\_123  
Ginbouzu  
RD15  
Neawsunpatong  
Nangmol\_S-4  
HS66  
Pare\_1  
Kaowtaheng\_17  
Chainat\_1  
Hd1\_Kasalath  
Nipponbare

[illegible]

Sunpatong\_1  
KDML\_105  
RD\_6  
Pitsanulok\_2  
HS110  
Surin\_1  
RD\_21  
\_Suphan\_Buri\_1  
Loungratew\_123  
Ginbouzu  
RD15  
Neawsunpatong  
Nangmol\_S-4  
HS66  
Pare\_1  
Kaowtaheng\_17  
Chainat\_1  
Hd1\_Kasalath  
Nipponbare

[illegible]

Sunpatong\_1  
KDML\_105  
RD\_6  
Pitsanulok\_2  
HS110  
Surin\_1  
RD\_21  
\_Suphan\_Buri\_1  
Loungratew\_123  
Ginbouzu  
RD15  
Neawsunpatong  
Nangmol\_S-4  
HS66  
Pare\_1  
Kaowtaheng\_17  
Chainat\_1  
Hd1\_Kasalath  
Nipponbare

[illegible]

```

Sunpatong_1      CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCGCCC-
KDML_105         CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTTC-----
RD_6             CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCGCCC-
Pitsanulok_2     CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCG----
HS110            CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCG----
Surin_1          CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCG----
RD_21            CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCG----
_Suphan_Buri_1   CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTTC-----
Loungpratew_123 CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCG----
Ginbouzu         CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCG----
RD15             CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCGCCC-
Neawsunpatong    CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCGCCC-
Nangmol_S-4      CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCG----
HS66             CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCG----
Pare_1           CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCG----
Kaowtaheng_17    CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCGCCC-
Chainat_1         CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCG----
Hd1_Kasalath     CTGAAGCAGCAAAACATCCAAAGGCAACCACAAGACAGGCATTGCAGCCGCCGCTCGCCC-
Nipponbare       *****
Sunpatong_1      ---CCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
KDML_105         ---CCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
RD_6             CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Pitsanulok_2     CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGG--ATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
HS110            CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Surin_1          CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGG-ATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
RD_21            -CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
_Suphan_Buri_1   ---CCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Loungpratew_123 CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGG-ATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Ginbouzu         CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
RD15             CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Neawsunpatong    CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Nangmol_S-4      CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
HS66             CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Pare_1           CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGG-ATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Kaowtaheng_17    CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Chainat_1         ---CCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Hd1_Kasalath     ---CCCCCCCCCCCCCCCCGGGATCGCGCCAAGTGTCAATCGCTGGATTTCGACTTGAC
Nipponbare       *****
Sunpatong_1      ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
KDML_105         ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
RD_6             ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
Pitsanulok_2     ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
HS110            ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
Surin_1          ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
RD_21            ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
_Suphan_Buri_1   ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
Loungpratew_123 ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
Ginbouzu         ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
RD15             ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
Neawsunpatong    ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
Nangmol_S-4      ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
HS66             ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
Pare_1           ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
Kaowtaheng_17    ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
Chainat_1         ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACACTCAAACCTCCCAGGACAAAAACACCGTGACTT
Hd1_Kasalath     ACCCCCTTACTATTAGTATACTCTACAGTCAAACCTCCCAGGACAAAAACCTAG-----
Nipponbare       *****
Sunpatong_1      TCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACAAGAGCCATGCGAGGTA
KDML_105         TCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACAAGAGCCATGCGAGGTA
RD_6             TCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACAAGAGCCATGCGAGGTA
Pitsanulok_2     TCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACAAGAGCCATGCGAGGTA
HS110            TCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACAAGAGCCATGCGAGGTA
Surin_1          TCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACAAGAGCCATGCGAGGTA
RD_21            TCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACAAGAGCCATGCGAGGTA
_Suphan_Buri_1   TCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACAAGAGCCATGCGAGGTA
Loungpratew_123 TCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACAAGAGCCATGCGAGGTA
Ginbouzu         TCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACAAGAGCCATGCGAGGTA

```

|                 |                                                              |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|
| RD15            | TCCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACACAGAGCCATGCGAGGTA |
| Neawsunpatong   | TCCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACACAGAGCCATGCGAGGTA |
| Nangmol_S-4     | TCCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACACAGAGCCATGCGAGGTA |
| HS66            | TCCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACACAGAGCCATGCGAGGTA |
| Pare_1          | TCCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACACAGAGCCATGCGAGGTA |
| Kaowtaheng_17   | TCCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACACAGAGCCATGCGAGGTA |
| Chainat_1       | TCCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACACAGAGCCATGCGAGGTA |
| Hd1_Kasalath    | -----CTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACACAGAGCCATGCGAGGTA        |
| Nipponbare      | TCCCCTCCCTAGCTCCTTCCAAAAAACACTCACAAAATTCACACAGAGCCATGCGAGGTA |
|                 | *****                                                        |
| Sunpatong_1     | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| KDML_105        | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| RD_6            | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Pitsanulok_2    | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| HS110           | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Surin_1         | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| RD_21           | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| _Suphan_Buri_1  | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Loungpratew_123 | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Ginbouzu        | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| RD15            | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Neawsunpatong   | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Nangmol_S-4     | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| HS66            | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Pare_1          | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Kaowtaheng_17   | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Chainat_1       | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Hd1_Kasalath    | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
| Nipponbare      | GAGGAACAGGAGAAGACGCATACACACACGACACATAGAGAGAGAGGACAAACACAATAG |
|                 | *****                                                        |
| Sunpatong_1     | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| KDML_105        | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| RD_6            | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Pitsanulok_2    | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| HS110           | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Surin_1         | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| RD_21           | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| _Suphan_Buri_1  | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Loungpratew_123 | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Ginbouzu        | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| RD15            | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Neawsunpatong   | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Nangmol_S-4     | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| HS66            | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Pare_1          | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Kaowtaheng_17   | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Chainat_1       | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Hd1_Kasalath    | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
| Nipponbare      | CTTGGATCGATAGACTTGTCCATGTGGTGCAAGCTAAAGCTACTACTACCACAAGCAAGG |
|                 | *****                                                        |
| Sunpatong_1     | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| KDML_105        | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| RD_6            | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Pitsanulok_2    | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| HS110           | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Surin_1         | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| RD_21           | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| _Suphan_Buri_1  | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Loungpratew_123 | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Ginbouzu        | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| RD15            | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Neawsunpatong   | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Nangmol_S-4     | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| HS66            | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Pare_1          | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Kaowtaheng_17   | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Chainat_1       | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Hd1_Kasalath    | CTACTTCGTTTCATG                                              |
| Nipponbare      | CTACTTCGTTTCATG                                              |
|                 | *****                                                        |