วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลของการทดลองพบว่าพวงนาค ๑๖ สามารถออกดอกได้ในช่วงแสง ๑๐ ชม. ส่วนในช่วงแสง ๑๒ และ ๑๔ ชม. ไม่ออกดอก แสดงว่าพวงนาคเป็นพวกไวแสง ซึ่งมี critical day length อยู่ระหว่าง ๑๐ - ๑๒ ชม. จัดได้ว่าเป็นต้นไม้ประเภทวันสั้น (short day plant) ส่วนเหลืองทองและเหลืองขมิ้นออกดอกได้ในช่วงแสง ๑๐, ๑๒ และ ๑๔ ชม. ถือได้ว่าเป็นพวกมีความไวแสงต่ำ หรืออาจเป็นพวกที่มี critical day length ยาวเกินกว่า ๑๔ ชม. จึงสามารถออกดอกได้ตลอดปี

F_1 ทั้ง ๒ คู่ ผสมคือพวงนาค X เหลืองทอง และพวงนาค X เหลืองขมิ้น กับ reciprocal cross ของทั้ง ๒ คู่ผสม ออกดอกได้ในช่วงแสง ๑๐ และ ๑๒ ชม. เท่านั้น ส่วนในช่วงแสง ๑๔ ชม. ไม่ออกดอก (ตารางที่ ๑, ๒, ๓) แสดงว่า F_1 มีลักษณะอยู่กึ่งกลาง ระหว่างพ่อและแม่

สำหรับปฏิกิริยาต่อช่วงแสงต่าง ๆ กันของ F_2 (พวงนาค X เหลืองทอง) F_2 (พวงนาค X เหลืองขมิ้น) และ reciprocal cross ของทั้ง ๒ คู่ผสม พบว่าในช่วงแสง ๑๐ ชม. F_2 บางต้นไม่ออกดอกและจำนวนต้นที่ไม่ออกดอกจะเพิ่มขึ้นในช่วงแสง ๑๒ ชม. (ตารางที่ ๘, ๑๑) F_2 ในช่วงแสง ๑๔ ชม. ซึ่งได้ทำการทดลองในปี พ.ศ. ๒๕๐๔ - ๒๕๐๕ ไม่ออกดอกเลย แต่เมื่อได้ทำการทดลองซ้ำอีกในปี พ.ศ. ๒๕๐๗ พบว่าในจำนวน F_2 (พวงนาค X เหลืองขมิ้น) ๑๖๐ ต้นมี ๘ ต้นที่ออกดอกได้

ถ้าสมมติมี gene control ลักษณะนี้เพียงคู่เดียวและกำหนดให้ลักษณะ sensitive เป็น dominant และลักษณะ insensitive เป็น recessive พวงนาคควรมี genotype AA เหลืองทองและเหลืองขมิ้นควรมี genotype เป็น aa F_1 genotype Aa จะมีการกระจายตัวของ F_2 เป็น AA : 2Aa : aa F_2 ซึ่งมี genotype AA, Aa, aa หากให้ได้รับช่วงแสง ๑๐ ชม. ควรออกดอกหมดทุกต้น เนื่องจากพวงนาคเหลืองทองและเหลืองขมิ้น ออกดอกได้ทุกต้นในช่วงแสง ๑๐ ชม. แต่จากการทดลองครั้งนี้พบว่า F_2 ในช่วงแสง ๑๐ ชม. มีทั้งต้นออกดอกและไม่ออกดอก ในช่วงแสง ๑๒ ชม. และต้น F_1

F_2 ที่มี genotype AA เหมือนพวงนากจะไม่ออกดอกส่วนพวกที่ออกดอกควรมี genotype เหมือน F_1 เหลืองทองและเหลืองขมิ้น คือ 2Aa, aa ซึ่งมีประมาณ ๓ ใน ๔ ของทั้งหมด แต่จากการทดลองพบว่าในช่วงแสง ๑๒ ชม. อัตราส่วนของ F_2 (พวงนาก X เหลืองทอง) ที่ออกดอก : ไม่ออกดอกเพิ่มขึ้น จากการทดลองใน ๒ ปี เป็น ๒๗ ต่อ ๔๑ และ ๓๕ ต่อ ๔๐ ตามลำดับ และ F_2 (พวงนาก X เหลืองขมิ้น) เป็น ๓๓ ต่อ ๔๕ และ ๓๔ ต่อ ๔๓ ตามลำดับ (ตารางที่ ๘, ๑๑) ส่วนในช่วงแสง ๑๔ ชม. genotype ของ F_2 พวกที่ควรออกดอก คือพวกที่มี genotype เหมือนเหลืองทองและเหลืองขมิ้น คือ aa ซึ่งมีประมาณ ๑ ใน ๔ ของทั้งหมด แต่ตามทดลองปรากฏว่าต้น F_2 (พวงนาก X เหลืองขมิ้น) ในการทดลองครั้งแรกในจำนวน ๖๐ ต้นไม่ออกดอก แต่ในปี พ.ศ. ๒๕๐๗ ได้ทำการทดลองซ้ำอีก ปรากฏว่า F_2 ๑๖๐ ต้นออกดอก ๘ ต้น จากผลของการทดลองทั้ง ๒ ครั้งแสดงว่า ไม่ควรจะเป็น gene คู่เดียวกวบคุมลักษณะไวแสงซึ่งจากผลการทดลองของ Chandraratana (2) ได้อัตราส่วนลักษณะ sensitive ต่อลักษณะ insensitive ๓ ต่อ ๑ เฉพาะฤดูปลูกในระหว่างมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เท่านั้น หากปลูกในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะไม่ได้อัตราส่วน ๓ ต่อ ๑ ดังกล่าว ซึ่งเป็นการแสดงว่าถ้าปลูกผิดฤดูไป ratio ที่ได้จะไม่คงที่

ถ้าลักษณะไวแสงนี้ควบคุมด้วย gene ๒ คู่ โดยกำหนดให้เป็น gene AA และ gene BB ซึ่ง A, B ควบคุมลักษณะไวแสง (Photoperiod sensitivity) gene a และ gene b เป็นลักษณะ recessive (Photoperiod insensitivity) พวงนากควรมี genotype AABB เหลืองทองและเหลืองขมิ้น มี genotype aabb F_1 genotype AaBa genotype ของ F_2 จะมี ๙ แบบ และมีอัตราส่วนของแต่ละแบบคือ

อัตราส่วน F_2 genotype	อัตราส่วนของการออกดอกใน ช่วงแสง ๑๐ ชั่วโมง	ช่วงแสง ๑๒ ชั่วโมง	ช่วงแสง ๑๔ ชม.
1 AABB	1	-	-
2 AABb	2	-	-
1 AAbb	1	1	-
2 AaBB	2	-	-

อัตราส่วน F_2 genotype	อัตราส่วนการออกดอกใน ช่วงแสง ๑๐ ชั่วโมง	ช่วงแสง ๑๒ ชั่วโมง	ช่วงแสง ๑๔ ชั่วโมง
4 AaBb	4	4	-
2 Aabb	2	2	-
1 aaBB	1	1	-
2 aaBb	2	2	-
1 aabb	1	1	1

สมมติว่า effect ของ gene A และ B มีเท่ากัน พวงนากซึ่งมี genotype AABB มี dominant ๔ ตัว ออกดอกได้ในช่วงแสง ๑๐ ชั่วโมง F_1 ซึ่งมี dominant ๒ ตัว คือ AaBb ออกดอกได้ในช่วงแสง ๑๐ และ ๑๒ ชั่วโมง ฉะนั้น F_2 จะสามารถออกดอกในช่วงแสง ๑๐ ชั่วโมง ได้ทุกต้น และ F_2 ที่มี dominant ๒ ตัว หรือน้อยกว่าจะออกดอกได้ในช่วงแสง ๑๒ ชั่วโมง ซึ่งมีประมาณ ๑๑ ใน ๑๖ ส่วน คือพวกที่มี genotype AAbb, AaBb, Aabb, aaBB, aaBb, aabb - ส่วนพวก F_2ในช่วงแสง ๑๔ ชั่วโมง ต้นที่ออกดอกกวรมี genotype aabb ซึ่งเหมือนเหลืองทองและเหลืองขมิ้นซึ่งจะมีอยู่ ๑ ใน ๑๖ ส่วน จากผลการทดลองที่ได้ไม่เป็นไปตามที่สมมติให้มี gene ๒ คู่ จากการทดลอง F_2ในช่วงแสง ๑๐ ชั่วโมง ไม่ออกดอกทุกต้น และในช่วงแสง ๑๒, ๑๔ ชั่วโมง จำนวนของต้นที่ไม่ออกดอกเพิ่มขึ้น

การทดลองของ Sampath และ Seshu ในปี ๑๙๖๑ (๓) ได้ใช้วิธีการทดลองเหมือนของ Chandraratana คือการทดลองส่วนใหญ่ทำในนาทดลองใช้พันธุ์ข้าว Japonica-indica ได้ลักษณะเด่นคือลักษณะไวแสง ต่อลักษณะด้อยไม่ไวแสงของ F_2 ในอัตราส่วน ๑๕ ต่อ ๑, ๑ ต่อ ๑๕, ๓ ต่อ ๑ และ ๑ ต่อ ๓ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนที่ได้ ไม่เหมือนกันทั้ง ๆ ที่ทำการทดลอง ในพันธุ์ข้าว indica ด้วยกัน และจากผลการทดลอง Yu และ Yao (๔) ได้ทำการทดลองเรื่อง photoperiod sensitivity และสันนิษฐานว่าควรเป็น gene ๒ คู่ ที่มีผลและเป็นตัวสำคัญในการควบคุมลักษณะไวแสง ซึ่งตำแหน่งหนึ่งอาจเป็น Se factor ตามสมมติฐานของ Chandraratana จากผลของการทดลองพันธุ์ข้าวเกี่ยวกับ photoperiod sensitivity ของนักวิทยาศาสตร์ทั้ง ๕ ท่านได้ผลไม่เหมือนกัน

ซึ่งจากผลของการวิจัยนี้ ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ ๑๒ เห็นได้ว่าลักษณะ photosensitivity เป็นลักษณะหนึ่งต่างหากที่ไม่ได้ขึ้นกับ ลักษณะของการออกดอกช้าและการออกดอกเร็วของข้าว (earliness และ lateness) ได้ปลูก F_2 (พวงนาค X เหลืองทอง) F_2 (พวงนาก X เหลืองขมิ้น) และ reciprocal cross กับพันธุ์พ่อและแม่คือพวงนาค เหลืองทอง เหลืองขมิ้น ในนาทดลอง ปักดำเมื่อวันที่ ๓๐ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๐๕ เริ่มออกดอกเมื่อวันที่ ๑๗ กันยายน และออกดอกเรื่อยไปจนถึงเดือนพฤศจิกายน ความยาวของช่วงแสงธรรมชาติขณะนั้น จากวันที่ ๑๗ กันยายน ถึง วันที่ ๒๑ พฤศจิกายน ประมาณ ๑๒.๑๙ ถึง ๑๑.๒๖ ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่ของ F_2 Segregate ค่อนข้างมาทางเหลืองทองและเหลืองขมิ้น แสดงว่าลักษณะ earliness เป็น dominant และลักษณะ lateness เป็นลักษณะ recessive จึงเห็นได้ว่า sensitivity to photoperiod กับลักษณะ earliness เป็นคนละ factor กัน

จากตาราง ๑๒ ถ้าสมมติให้ gene ๒ คู่ คือ MM และ NN ซึ่งมี effect เท่ากัน ควบคุมลักษณะอายุของต้นข้าวให้เหลืองทองและเหลืองขมิ้นมี genotype MMNN ทั้งคู่และพวงนาคพันธุ์ข้าวหนัก มี genotype เป็น mmnn สมมติให้พวกที่มี dominant genes ตั้งแต่ ๒ ตัวขึ้นไปเป็นพวกออกดอก พวกที่มี dominant gene ๑ ตัวเป็นพวกที่กำลังตั้งท้อง ส่วนพวกที่ยังไม่ออกดอกก็คือพวกที่มี genotype เหมือนพวงนาคคือ mmnn เราจะได้ค่า expected ratio ออกดอก : ตั้งท้อง : ไม่ออกดอกในอัตราส่วน ๑๑ : ๔ : ๑ ค่า observed ของ F_2 พวงนาคเหลืองทองและ reciprocal cross ของคู่นี้เป็น ๔๔๘ ต่อ ๑๘๗ ต่อ ๓๗ หาค่า chisquare test ได้ว่า $\chi^2 = 3.168$, df=2 ได้ค่า P = 10-25% และหากนับจำนวนต้นที่ออกดอกและตั้งท้องรวมกันเป็น class เดียวแล้ว test กับ expected ratio ๑๕ : ๑ จะได้ค่า $\chi^2 = 0.635$ มี P = 25 - 50 %

สำหรับ F_2 (พวงนาคxเหลืองขมิ้น) และ reciprocal cross ของคู่ผสมนี้ ได้จำนวนต้นออกดอก : ตั้งท้อง : ไม่ออกดอกเป็น ๔๘๔ : ๑๗๐ : ๓๙ เมื่อ test expected ratio ๑๑ : ๔ : ๑ ได้ค่า $\chi^2 = 0.610$ P = 50-75 % และเมื่อ test ratio ๑๕ : ๑ โดยรวมพวกออกดอกและตั้งท้องเข้าด้วยกันจะได้ค่า $\chi^2 = 0.458$

มี P = 50 % แสดงว่าความแตกต่างในเรื่องอายุระหว่างพันธุ์พวงนากเหลืองทอง และเหลืองขมิ้น ถูกควบคุมด้วย gene ๒ คู่ และ dominant gene ทำให้อายุเบา

ในตารางที่ ๔, ๘ และ ๑๕ แสดงให้เห็นว่า F_2 ที่ไม่ออกดอกในช่วงแสง ๑๐ ชั่วโมง หลังจากพวงนาก เหลืองทองและเหลืองขมิ้นออกดอกแล้ว และตั้งทิ้งไว้ในธรรมชาติ ๑ เดือนต่อมาแล้วก็ตาม แสดงว่าพวกนี้เป็นพวกที่มี critical day length สั้นกว่า ๑๐ ชั่วโมง มีความไวแสง (sensitive) สูงยิ่งกว่าพวกนาก

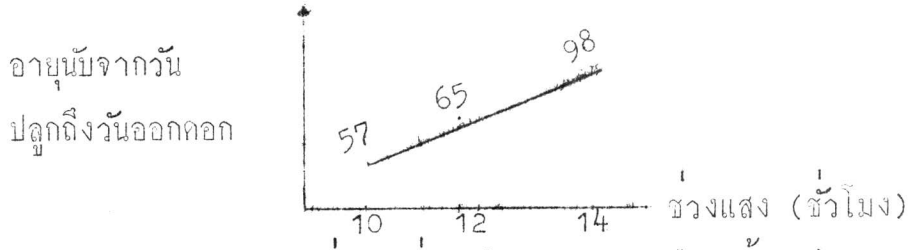
Kadan & Ramiah (๔) ได้ทำการทดลองพบว่า บางครั้งลักษณะเด่นคือ ลักษณะไวแสงต่อลักษณะด้อยในอัตราส่วน ๓ ต่อ ๑ และบางครั้งพบว่าลักษณะเด่น segregate แบบ quantitative factor และเป็น transgressive segregation คือมี F_2 บางต้นออกดอกได้เร็วและช้ากว่าพ่อแม่

ในการสร้างดอกของต้นไม้ต้องได้รับการกระตุ้นจาก flowering hormone เสียก่อน เพื่อให้เกิดดอก สิ่งที่กระตุ้นนั้นคือ ความยาวของช่วงแสงที่พอเหมาะสำหรับพืชชนิดนั้น ๆ (๑๑) ความสั้นยาวของวัน มีผลต่อการออกและการเกิดดอกของต้นไม้ มี factor ที่สำคัญ ๒ ประการคือ factor หนึ่งทำให้เกิดดอก (promotion) อีก factor หนึ่งทำไม่ให้เกิดหรือห้ามการเกิดดอก (inhibition) inhibitor ควรเป็นสารเคมีชนิดหนึ่งซึ่งต้นไม้สร้างขึ้นและเป็นที่ทราบกันดีว่ามี factors ทั้ง ๒ อย่างนี้อยู่ในต้นไม้ และ factors ทั้ง ๒ อย่างนี้มี interaction ซึ่งกันและกัน ต้นไม้จะเกิดดอกได้ต้องมีการสะสม flowering hormone จนเพียงพอ และมีปริมาณสูงกว่า inhibitor หรือเป็นสัดส่วนกับปริมาณของ inhibitor ที่พอเหมาะอันหนึ่ง หรืออาจ มีการสะสม (accumulation) flowering hormone ขณะเดียวกันก็มีการ destruction of inhibitor ด้วย และการทำลาย inhibitor นี้จะเกิดขึ้นในระยะ dark period

เหตุผลที่แสดงว่า inhibitor gene ข้ามาเกี่ยวข้องในเรื่องนี้ คือ

๑. เหลืองทองและเหลืองขมิ้นสามารถออกดอกได้ทั้งในช่วงแสง ๑๐, ๑๒, และ ๑๔ ชั่วโมง พวกที่ได้รับช่วงแสง ๑๐ ชั่วโมง ออกดอกเร็วกว่า ๑๒ ชั่วโมง และพวก ๑๒ ชั่วโมง ออกดอกเร็วกว่าพวก ๑๔ ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่ายิ่งเพิ่มความยาวของช่วงแสง

จะทำให้ยืดเวลาการออกดอกออกไปในช่วงแสง ๑๐ ชั่วโมง จะมี inhibitor ถูกทำลายไปมากกว่าในช่วงแสง ๑๔ ชั่วโมง ส่วนพวงนาคออกดอกในเฉพาะช่วงแสง ๑๐ ชั่วโมงเท่านั้น ที่ ๑๒ และ ๑๔ ชั่วโมงไม่ออกดอก แสดงให้เห็นว่าเหลืองทอง และ เหลืองขมิ้นมี inhibitor อยู่น้อยกว่าพวงนาค

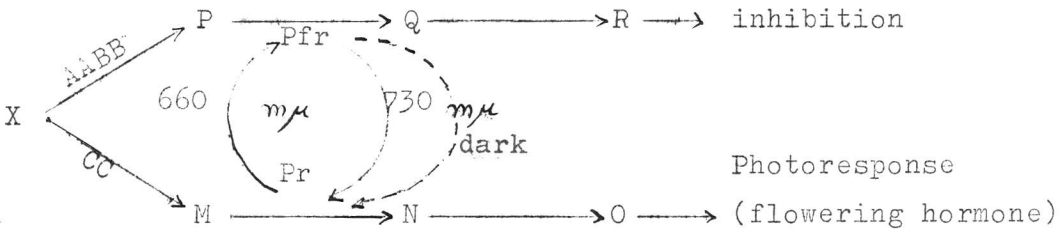


๒. พวงนาคควรมี inhibitor อยู่มากกว่าเหลืองทองและเหลืองขมิ้น จึงทำให้ออกดอกในช่วงแสงที่สั้นกว่าเหลืองทองและเหลืองขมิ้น ถ้าได้รับช่วงแสงยาวเกินไปหรือช่วงมืดสั้นเกินไป จะไม่ออกดอกเลย คือต้องการระยะ dark period ที่นานพอเพื่อไปทำลาย inhibitor ให้มีปริมาณลดน้อยลง จนถึงระดับที่มันจะออกดอกได้

๓. ในด้านการสร้างและสะสมflowering hormoneพวงนาคสร้าง flowering hormone ได้น้อยกว่าเหลืองทองและเหลืองขมิ้นในช่วงเวลาที่มีแสงเท่ากัน ดังนั้นพวงนาคจึงต้องการ short day or long dark night period เพื่อสร้าง flowering hormone ให้มีปริมาณมากพอที่จะไปกระตุ้นให้เกิดดอกได้ ถ้าได้รับ long day or short dark night period พวงนาคสามารถสร้าง flowering hormone ได้น้อยลง ส่วนเหลืองทองและเหลืองขมิ้นนั้น มีประสิทธิภาพในการสร้าง flowering hormone ได้ดีกว่าพวงนาคในระยะเวลาที่เท่ากัน แม้ว่าจะได้รับ short dark night period สั้นกว่าพวงนาคก็สามารถสร้าง flowering hormone ได้พอที่จะไปกระตุ้นให้เกิดดอก แต่ถ้าใน long dark night period เหลืองทองและเหลืองขมิ้นจะยิ่งออกดอกเร็วขึ้น หรือมีการสร้าง flowering hormone ได้มากขึ้น

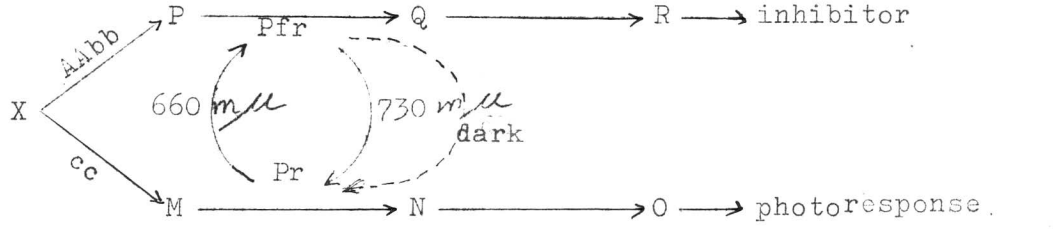
หากการเกิดดอกของต้นข้าวขึ้นอยู่กับ interaction ระหว่างปริมาณของ inhibitor กับ flowering hormone และอาจเป็นไปได้ว่า factors ทั้ง ๒ ชนิดนี้มี common precursor ร่วมกัน สมมติให้ AABB ควบคุมการสร้าง inhibitor

และ CC ควบคุมการสร้าง flowering hormone โดยมี X เป็น common precursor อาจแสดงเป็น diagram ได้ดังนี้ โดยมี P,Q. R.เป็น intermediate compounds ของ inhibitor และมี M, N, O.เป็นintermediate compounds offlowering hormone หรือ photoresponse



ถ้า Pfr เป็น pigment ที่จะเป็นตัว catalyze specific reaction ทำให้เกิด inhibitor ซึ่งเป็นสารที่ห้ามการเกิดดอก ในระยะ dark period Pfr ที่ถูกสร้างขึ้น จะถูกเปลี่ยนเป็น Pr ยิ่งมีช่วงมืดนานปริมาณของ Pr จะยิ่งมากขึ้น และถ้า Pr จะ catalyze specific reaction ซึ่งนำไปสู่การสร้าง flowering hormone ทำให้เกิดดอกและในการสร้าง flowering hormone นี้ เป็นแบบสะสมค่อยเพิ่มทีละน้อย ดังนั้นต้นไม้ต้องการความมืดเพียงพอที่จะสร้างและสะสม flowering hormone ไปกระตุ้นทำให้เกิดดอก phytochrome อาจเข้าไปเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาดังกล่าวข้างต้นดังในแผนผังที่แสดงไว้ข้างบนนี้

<u>พันธุ์พวงนาค</u>

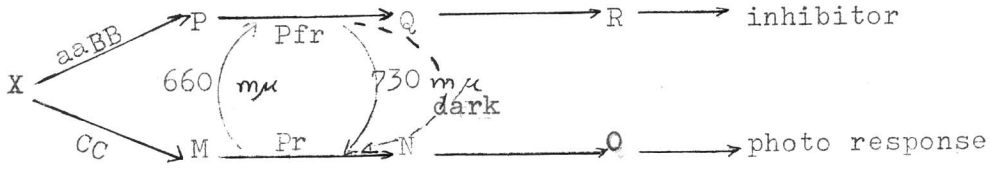


สมมติให้ gene effect ของ A = 2, B = 1, C = 1, gene A และ B เป็นตัวควบคุมการสร้างสาร ที่จะเป็น substrate ตัวต่อไปที่จะสร้าง inhibitor C เป็น gene ที่ควบคุมการสร้างสารที่จะเป็น substrate ของการสร้าง flowering hormone หรือ photo-response

สมมติให้ genotype ของพวงนาคเป็น AAbbcc มีค่า gene effect = +4 - 0 = + 4 genotype ของเหลืองทองและเหลืองขมิ้น aaBBCC มีค่า gene effect = 0 เพราะว่า BB และ CC compete ซึ่งกันและกันในการใช้ substrate X คือ +2, -2 และ F_1 genotype AaBbCc ค่า gene effect = +3 -1 = +2 ซึ่งอยู่ระหว่างกลางของพวงนากและเหลืองทอง เหลืองขมิ้น ดังนั้น F_2 ที่ได้ Segregrate ได้ gene effect หลายแบบซึ่งทำให้การออกดอกของ F_2 ในช่วงแสง ๑๐, ๑๒ และ ๑๔ ชั่วโมง มีจำนวนไม่เท่ากัน

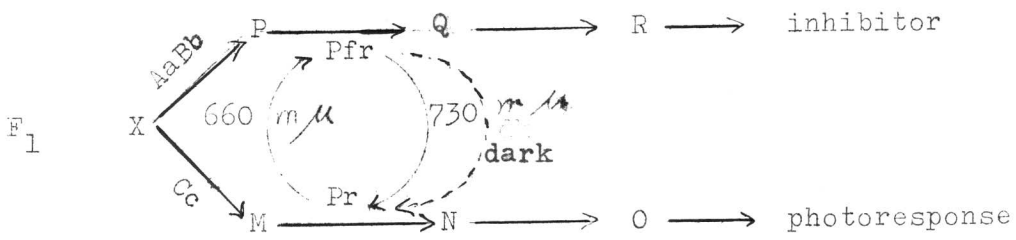
จะเห็นได้ว่าทั้งในการสร้าง inhibitor และการสร้าง flowering hormone นี้ขึ้นอยู่กับการควบคุมของ genes โดยตรง และการควบคุมของ phytochrome system inhibitor จะถูกสร้างในเวลากลางวัน ส่วน flowering hormone จะถูกสร้างในเวลากลางคืน ดังนั้นพวงนากซึ่งมี gene AA ควบคุมการสร้าง precursor ของ inhibitor ได้อย่างรวดเร็ว แต่มี recessive cc ซึ่ง less effective ในการสร้าง precursor ของ flowering hormone จึงต้องการความมืดที่ยาวกว่า เพื่อให้เพียงพอสำหรับการสร้าง และการสะสมของ flowering hormone หรือเกิด reaction ทางด้าน photo response มากกว่า จึงออกดอก ส่วนในช่วงแสง ๑๒ และ ๑๔ ชั่วโมงนั้นมีความมืดเพียง ๑๒ และ ๑๐ ชั่วโมงตามลำดับ ซึ่งไม่พอสำหรับการสะสม flowering hormone ของพวงนาก จึงทำให้ไม่สามารถออกดอกได้

พันธุ์เหลืองทองและเหลืองขมิ้น



สมมติให้ genotype ของเหลืองทองและเหลืองขมิ้นเป็น aaBBCC มี gene effect = +2 -2 = 0 มี effect ของ gene BB ในการสร้าง inhibitor น้อยกว่า gene AA ของพวงนาค แต่ในขณะเดียวกันเหลืองทองและเหลืองขมิ้นมี dominant gene CC ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสร้าง precursor ของ flowering hormone ได้มากกว่า recessive cc ฉะนั้น ในระยะช่วงแสงที่เท่ากัน เหลืองทองและเหลืองขมิ้น จะสร้าง inhibitor ได้น้อยกว่าพวงนาค แต่สร้าง flowering hormone ได้มากกว่า ฉะนั้น เหลืองทองและเหลืองขมิ้นจึงสามารถออกดอกได้ ในช่วงแสง ๑๔ ชั่วโมง ซึ่งมีความมืด ๑๐ ชั่วโมง

genotype ของ F_1 จะเป็น AaBbCc มี gene effect = +2+1-1 = +2



F_1 มีลักษณะกึ่งกลางระหว่างพ่อแม่สามารถออกดอกได้ทั้งในช่วงแสง ๑๐ และ ๑๒ ชั่วโมง ส่วนที่ ๑๔ ชั่วโมงไม่ออก จากตารางที่ ๑, ๒, ๓ แสดงให้เห็นว่า F_1 ต้องการช่วงมืด (dark period) อย่างน้อยที่สุด ๑๒ ชั่วโมง ถ้าช่วงมืดน้อยกว่านี้จะมีการสะสมของ flowering hormone ไม่พอที่จะทำให้ออกดอกได้ เนื่องจาก reaction ทางด้าน inhibitor เกิดขึ้นมากกว่าของด้าน photoresponse เมื่อให้ช่วงแสงนานถึง ๑๔ ชั่วโมง แต่ถ้าให้ช่วงแสงเพียง ๑๐, ๑๒ ชั่วโมง F_1 ออกดอกได้ซึ่งมีความมืดเพียงพอ ที่จะทำให้เกิด pigment Pr และ catalyze สาร M ให้เป็นสาร N จนเกิดการสะสม hormone เพียงพอไปกระตุ้นให้ออกดอก

genotype ของ F_2 มีทั้งหมด ๒๗ genotypes ซึ่งมี gene effect แตกต่างกันไปดังนี้

Gene effect	อัตราส่วน F_2 genotype	การออกดอกในช่วงแสง 10 ชั่.ม.	12 ช.ม.	14 ช.ม.
6-2 = 4	1 AABBCC	F	NF	NF
6-1 = 5	2 AABBCc	NF	NF	NF
6-0 = 6	1 AABBcc	NF	NF	NF
5-2 = 3	2 AABbCC	F	NF	NF
5-1 = 4	4 AABbCc	F	NF	NF
5-0 = 5	2 AABbcc	NF	NF	NF
4-2 = 2	1 AAbbCC	F	NF	NF
4-1 = 3	2 AAbbCc	F	NF	NF
4-0 = 4	1 AAbbcc	F	NF	NF
4-2 = 2	2 AaBBCC	F	NF	NF
4-1 = 3	4 AaBBCc	F	NF	NF
4-0 = 4	2 AaBBcc	F	NF	NF
3-2 = 1	4 AaBbCC	F	F	NF
3-1 = 2	8 AaBbCc	F	F	NF
3-0 = 3	4 AaBbcc	F	NF	NF
2-2 = 0	2 AabbCC	F	F	NF
2-1 = 0	4 AabbCc	F	F	NF
2-0 = 2	2 Aabbcc	F	NF	NF
2-2 = 0	1 aaBBCC	F	F	F
2-1 = 1	2 aaBBCc	F	F	NF
2-0 = 2	1 aaBBcc	F	NF	NF
1-2 = -1	2 aaBbCC	F	F	F
1-1 = 0	4 aaBbCc	F	F	NF
1-0 = 1	2 aaBbcc	F	NF	NF
0-2 = -2	1 aabbCC	F	F	F
0-1 = -1	2 aabbCc	F	F	F
0-0 = 0	1 aabbcc	F	F	NF

ในช่วงแสง ๑๐ ชั่วโมง จำนวนต้นที่ออกดอก (F) ไม่ออกดอก (NF) = 59: 5

ในช่วงแสง ๑๒ ชั่วโมง จำนวนต้นที่ออกดอก (F) ไม่ออกดอก (NF) = 31: 33

ในช่วงแสง ๑๔ ชั่วโมง จำนวนต้นที่ออกดอก (F) ไม่ออกดอก (NF) = 6 : 58

genotype ที่มี gene effect ตั้งแต่ +4 ลงมาจะออกดอกได้ ซึ่ง expected ratio ของต้นออกดอก : ต้นไม่ออกจะเป็น ๕๙ : ๕ พวกที่มี gene effect ตั้งแต่ + 2 ลงมาจะออกดอกได้ในช่วงแสง ๑๒ ชั่วโมง F_2 ยกเว้นพวกที่มี genotype AAbbCC, AaBBCC, Aabbcc, aaBBcc, aaBbcc ซึ่งความจริงควรจะออกดอก ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่า ใน genotype AAbbCC และ AaBBCC นั้น แม้ว่าจะมี Gene effect=+2 ซึ่งเท่ากันกับ F_1 genotype คือ aBaCc ก็ตาม แต่เนื่องด้วย effect ของ gene A และ B ใน ๒ genotype แรกมีค่า +๔ และมี CC เป็น -๒ ส่วน genotype ของ F_1 gene effect ของ A, B เป็น +๓ และ Cc เป็น - ๑ ใน AaBBCC และ AAbbCC แม้ว่าจะมี CC ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสร้าง flowering hormone ก็ตาม แต่ CC จะต้อง compete กับ AAbb และ AaBB ซึ่งใช้ substrate X ร่วมกันและในระยะช่วงกลางวัน ๑๒ ชั่วโมงนี้จะมี Pfr ของ Phytochrome system ที่จะ catalyst ให้เกิด inhibitor ได้เป็นสัดส่วนกับ precursor ที่ถูกสร้างขึ้นโดย AAbb และ AaBB ในทางตรงกันข้าม แม้ว่า CC มีประสิทธิภาพในการสร้าง precursor ของ flowering hormone ก็มีแต่ Pr ของ Phytochrome system อาจเป็น limiting factor เพราะช่วงมืดเพียง ๑๒ ชั่วโมงอาจมี Pr ไป catalyst การสร้าง flowering hormone ได้ไม่เป็นปริมาณมากพอใน F_1 genotypeนั้นอาจมีการสร้าง Intermediate compounds และ inhibitor ได้น้อยกว่าใน AAbb และ AaBB แม้ว่าจะมี Pfr ที่จะ catalyst อยู่อย่างเพียงพอก็ตาม เพราะมีค่าของ gene effect AaBb = 3 เท่านั้น ปริมาณ flowering hormoneที่ถูกสร้างขึ้นโดย AAbbCC, AaBBCC และ AaBbCc อาจมีปริมาณเท่ากัน แม้ว่าจะต่างกันใน CC กับ Cc ก็ตาม ทั้งนี้เพราะว่า Pr เป็นตัว control การสร้าง hormone อยู่อีกทีได้กล่าวไว้แล้ว ฉะนั้นสัดส่วนของ inhibitor และ flowering hormone ใน AaBbCc จึงอยู่ในอัตราส่วนที่สามารถออกดอกได้ ตรงข้ามกับใน AAbbCC และ AaBBCC ซึ่งมี inhibitorอยู่มากกว่า

ส่วน genotype Aabbcc,aaBBcc ซึ่งมี gene effect =+2 และ genotypes aaBbcc ซึ่งมี gene effect +1 แต่ไม่ออกดอกนั้น อาจอธิบายได้ว่า ใน genotype เหล่านี้มีrecessive cc ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำ การสร้าง precursor ของ inhibitor โดย Aabb และ aaBB จึงเกิดขึ้นได้มากกว่าและ precursor เหล่านี้ถูก catalyze โดย Pfr ในช่วงแสง ๑๒ ชั่วโมง ไปเป็น inhibitor ได้หมด ฉะนั้น สัดส่วนของ inhibitor ต่อ flowering hormoneจึงไม่อยู่ในอัตราส่วนที่จะออกดอกได้ หากการสมมติดังกล่าวข้างต้นเป็นการถูกต้อง เรา expect จะได้ ratio ของต้นที่ออกดอก ต่อ ไม่ออกดอกเป็น ๓๑ : ๓๓ ส่วนพวกได้รับแสง ๑๔ ชั่วโมง พวกที่ออกดอกได้คือพวกที่มี gene effect = 0ลงมา เว้น AabbCC, aaBbCc และ aabbcc ส่วน aaBBCC ซึ่งเป็น genotypeของเหลืองทอง เหลืองขมิ้นจะออกดอกได้ การที่ AabbCC และ aaBbCc ไม่สามารถออกดอกได้ที่ช่วงแสง ๑๔ ชั่วโมง ซึ่งมีความมืด ๑๐ ชั่วโมงนั้น อาจเป็นเพราะว่าในช่วงแสง ๑๔ ชั่วโมง นี้ ส่งเสริมการสร้างและสะสมของ inhibitor ซึ่งสร้างโดย Aabb และ aaBb ได้มากกว่า flowering hormone ทำให้สัดส่วนของ factor ทั้ง ๒ ไม่รักนำให้เกิดการออกดอกได้ หรืออาจเป็นเพราะว่ามี effect ของ minor genes เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ส่วน aabbcc นั้น ไม่ออกดอกอาจเป็นเพราะว่ามีการสะสมflowering hormoneได้ไม่เป็นการเพียงพอ เพราะประสิทธิภาพในการสร้าง precursor ของflowering hormone(cc)ไม่มีพอประกอบกับได้รับช่วงมืดเพียง ๑๐ ชั่วโมง เท่านั้น หากการสมมติข้างต้นเป็นการถูกต้อง ควรจะได้ ratio ของต้นที่ออกดอกต่อไม่ออกดอกเป็น ๖ : ๕๘

หากรวมตัวเลขจากการทดลองทั้ง ๒ ปี เข้าด้วยกันจะพบว่าพวกได้รับแสง ๑๐ ชั่วโมง ต้น F_2 ของพวงนาค X เหลืองทองและ reciprocal crossของคู่นี้จะออกดอก ๑๒๕ ต้นไม่ออกดอก ๑๖ ต้น (ตารางที่ ๘, ๑๑) เมื่อใช้ค่า χ^2test กับ expected ratio ๕๘ : ๕ จะได้ค่า χ^2 = ๒.๔๔๑ มี P = ๑๐ - ๒๕ % ส่วน F_2 ของพวงนาค X เหลืองขมิ้น และ reciprocal crossของคู่นี้ จะมีต้นออกดอก ๑๕๔ ต้น ไม่ออกดอก ๒๗ ต้น (ตารางที่ ๘,๑๑,๑๕)เมื่อ test กับ expected ratio๕๘ : ๕ ได้ค่า χ^2=๔.๑๑๓ มีค่า P ต่ำกว่า ๕ %

ส่วน F_2 ที่ได้รับแสง ๑๒ ชั่วโมง จากคู่ผสมพวงนาค x เหลืองทอง ได้ต้นออกดอก : ต้นไม่ออกดอก ๖๒ : ๘๑ และจากคู่ผสมพวงนาค x เหลืองขมิ้น ได้ต้นออกดอก : ไม่ออกดอกเป็น ๖๘ : ๘๘ เมื่อ test expected ratio ๓๑ : ๓๓ ได้ค่า χ^2 = ๑.๘๗๖ P = ๑๐ - ๒๕ % และค่า χ^2 = ๑.๒๘๖ ซึ่งค่า P = ๒๕ - ๕๐ % ตามลำดับ

สำหรับ F_2 ที่ได้รับแสง ๑๔ ชั่วโมง ในการทดลองปี พ.ศ. ๒๕๐๗ นั้น ปรากฏว่ามีต้นออกดอกและไม่ออกดอกของทั้ง ๒ cross มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ ๑๔) ซึ่งได้รวมตัวเลขทั้งหมดเข้าด้วยกันได้ต้นออกดอก : ไม่ออกดอก = ๘ : ๑๕๒ เมื่อ test expected ratio ๖ : ๕๘ ได้ค่า χ^2 = ๑.๖๐๙ มี P = ๑๐ - ๒๕ %

แม้ว่าค่าของ χ^2 และ P ที่ได้รับข้างต้นจะสนับสนุนสมมติฐานดังกล่าวข้างต้นก็ตาม การทดลองอันนี้ควรจะได้ดำเนินการต่อไป เพื่อหาหลักฐานมาสนับสนุนให้มากยิ่งขึ้นก่อนที่จะกล่าวได้ว่า สมมติฐานอันนี้เป็นการถูกต้อง