การอภิปรายผลการวิจัย

การเจริญของชิ้นเนื้อเยื่อ Dendrobium Pompadour ที่ตัดแบ่งมากจาก callus ซึ่งเลี้ยงไว้ใน flask ขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นเนื้อเยื่อด้วย โดยเฉพาะสีของเนื้อเยื่อ พวกที่มีสีขาวและซีดจะเจริญช้า (Curtis and Nichol, 1948) ชิ้นเนื้อเยื่อที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารในการศึกษานี้มีลักษณะเกาะกันแน่นมีสีเขียวสด และมีขนเล็กๆ กระจายอยู่ที่ผิวนอกของ callus จะเจริญอย่างรวดเร็วเมื่อย้ายไปเลี้ยงบนวุ้นอาหารในหลอดทดลอง callus ที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญของ Dendrobium Pompadour นี้มีลักษณะเช่นเดียวกันกับ callus จากเมล็ดกล้วยไม้ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเมล็ด (Rao, 1963; Burgeff, 1963; Curtis and Nichol, 1948) มีการศึกษาลำดับการเจริญจากเมล็ดไปเป็นต้นออนของ Cattleya, Laelia, Arundina, Bromheadia, Dendrobium และ Spathoglottis (Knudson, 1922; Rao, 1964, 1967) embryo ของกล้วยไม้โดยปกติไม่มี differentiation และมีลักษณะเป็นรูปไข่ (Knudson, 1922; Curtis and Nichol, 1948; Withner, 1959) เซลล์ทางด้านฐานหรือ micropyle มีขนาดใหญ่กว่าและมี suspensor อยู่ทางด้านนี้ ทางด้านยอดหรือด้าน chalaza ของ embryo ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กกว่าและเป็นบริเวณเยื่อเจริญ ระยะแรกของการงอกเริ่มด้วยการขยายตัวทางด้านขวาง ทำให้มีรูปร่างกลมพองโตขึ้น แล้วดันเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาในเวลาประมาณ 10 วัน เช่นของ Arundina, Dendrobium, Spathoglottis ส่วน Bromheadia ใช้เวลาประมาณ 60 วัน (Rao, 1967) การแบ่งเซลล์จะสังเกตได้เป็นครั้งแรกทางด้านบนของ embryo ซึ่งเป็นบริเวณที่มีเยื่อเจริญอยู่ เซลล์ที่เหลือส่วนใหญ่ส่วนใหญ่ราว 4 ใน 5 ส่วนจะขยายตัวมีขนาดใหญ่ และมีช่องว่างภายในเซลล์ เซลล์เหล่านี้แบ่งตัวน้อยกว่าบริเวณตอนบน การแบ่งตัวของเซลล์เหล่านี้รวมทั้งการที่เซลล์ขยายตัวเป็นผลให้เกิดโครงสร้างซึ่งมีลักษณะพิเศษของพืชจำพวกกล้วยไม้ คือมีรูปกลมแป้น และต่อมามียอดแหลม โครงสร้างนี้เรียก protocorm (Knudson, 1922; Rao, 1964) เซลล์ในชั้น epidermis บางเซลล์เจริญไปเป็น rhizoid หรือ absorbing hair ซึ่งอาจมีเฉพาะที่บริเวณฐานของ protocorm หรือมีทั่วไปยกเว้นบริเวณที่เป็นเยื่อเจริญ (Burgeff, 1959;

Rao, 1964; Knudson, 1950) การเกิด rhizoidบน protocorm นี้เป็นลักษณะพิเศษของพืชในตระกูล Orchidaceae พืชมีดอกอื่นๆ จะไม่มี rhizoidเลย หรืออาจมีrhizoid อยู่บนต้นออนที่กำลังเจริญบางเล็กน้อย (Esau, 1965) จาก protocorm จะมีการเจริญและเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็น shoot apex และมี leaf primordium ซึ่งเจริญต่อไปเป็นหน่อและใบตามลำดับ ต่อมาจะเกิด root primordium แล้วเจริญไปเป็นราก

การเจริญและ proliferation ของชิ้นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วบนวุ้นอาหารที่มีน้ำมะพร้าวและ 2,4-D สนับสนุนผลการทดลองที่นักวิจัยค้นคว้าจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องทำนองเดียวกันนี้ (Overbeek et al., 1941; Caplin and Steward, 1948; Steward, 1963b; Ernst, 1967; Fox, 1969; Intuwong, 1972) นอกจากน้ำมะพร้าวซึ่งมีพลังกระตุ้นให้เซลล์เจริญมีการแบ่งตัวเกิด proliferation อย่างมากแล้ว การที่มี 2,4-D อยู่ด้วยยิ่งทำให้เกิดผลเสริมกันกระตุ้นให้มีการเจริญของ callus มากขึ้น การทำงานที่มีผลเสริมกันระหว่าง cytokinin กับ auxin นั้นมีรายงานเป็นจำนวนมาก อาทิ Steward (1963b) ใช้ 2,4-D รวมกับน้ำมะพร้าวในการกระตุ้นการเจริญของเนื้อเยื่อ Steward เน้นว่าน้ำมะพร้าวต้องการสารอื่นที่เป็น synergist ที่เหมาะสม ช่วยให้มีการเจริญแม้ในเซลล์ที่ปกติไม่มีการแบ่งตัวแล้ว synergist ที่ช่วยให้น้ำมะพร้าวกระตุ้นการแบ่งเซลล์ที่มีความสำคัญตัวหนึ่งคือ 2,4-D; Sastri (1963) ก็พบทำนองเดียวกันว่าผลการทำงานที่เสริมกันระหว่าง kinetin ซึ่งใช้แทนน้ำมะพร้าวได้ (Ranganathan et al., 1963; Fox, 1969) กับ 2,4-D ในช่วง 2 ถึง4 ppm (kinetin) กับ0.02 ถึง0.08 ppm (2,4-D) เป็นผลให้มีการเจริญได้ callus ที่ดี การเจริญของเนื้อเยื่อฝืน มะเขือเทศ ยาสูบ หน่อไม้ฝรั่ง เหล่านี้ล้วนเป็นผลที่เกิดจากการทำงานที่เสริมกันระหว่างน้ำมะพร้าวหรือ cytokinin อื่นๆ กับ auxin(Ranganathan et al., 1963; Steward and Caplin, 1951; Skoog and Miller, 1957; Steward and Mapes, 1971) เนื้อเยื่อจากลำหลังของ Cattleya ที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารที่มีน้ำมะพร้าว 10 เปอร์เซนต์กับ 2,4-D 1ppm จะส่งเสริมให้เนื้อเยื่อเกิด proliferation เจริญเป็น callus และสามารถเปลี่ยนไปเป็นต้นในที่สุด (ถาวร วัชรากัย, 2510) cytokinin เมื่อใช้รวมกับ auxin จะชักนำให้เกิด cytokinesis หลังจากที่นิวเคลียสเกิด mitosis แล้ว (Das et al., 1956)

หลักฐานเหล่านี้เป็นสิ่งสนับสนุนให้เห็นอย่างชัดแจ้งว่าน้ำมะพร้าวช่วยให้เนื้อเยื่อมีการเจริญและ proliferation โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้รวมกับ 2,4-D ความเข้มที่ส่งเสริมการเจริญแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของเนื้อเยื่อ ชนิดของพืช ตลอดจนองค์ประกอบและสัดส่วนอื่นๆ ของอาหาร ฮอร์โมนของพืชประเภท cytokinin มีบทบาทใน nucleic acid metabolism Fox (1969) อ้างถึงรายงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของ cytokinin เช่น Guttman(1957) พบว่า kinetin มีผลทำให้ปริมาณของ RNA ในนิวเคลียสในเซลล์ของรากหอมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมีผลการทดลองแสดงว่า Kinetin ทำให้ RNA ในเซลล์ปลายรากหอมเพิ่มขึ้นเป็น2 เท่าในเวลา30 นาที (Osborne, 1962; Jensen et al., 1964) cytokinin จะทำให้ P^{32} เข้ารวมตัวใน nucleic acid เพิ่มขึ้น (Gunning and Barkeley, 1963) กระตุ้นให้มีการสังเคราะห์ heavy RNA ในใบข้าวบาร์เล่ย์ (Srivastava, 1965) และทำให้ adenine รวมตัวเข้าใน RNA เพิ่มมากขึ้น (Möthes, 1964) นอกจากนี้ยังมีรายงานบ่งถึง cytokinin มีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน (Richmond and Lang, 1957; Wollgiehn, 1961; Gunning and Barkeley, 1963) และทำให้มีการย้าย amino acid เพื่อไปใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน (Osborne, 1962) แสดงว่า cytokinin มีอิทธิพลต่อ RNA metabolism และกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้นเป็นผลให้เซลล์แบ่งตัว

ในกรณีที่ชิ้นเนื้อเยื่อบนวุ้นอาหารที่มี 2,4-D 0.1 ppm ไม่มีน้ำมะพร้าวมีการเจริญได้ดี (ปริมาตรเพิ่มขึ้น 5.92 เท่าในเวลา 75 วัน) แม้จะไม่เทียบเท่าชิ้นเนื้อเยื่อที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารที่มีทั้งน้ำมะพร้าว 10 เปอร์เซนต์กับ 2,4-D 0.1 ppm (ปริมาตรเพิ่มขึ้น12 .42 เท่าใน 75 วัน) ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อเยื่อที่นำมาเลี้ยงบนวุ้นอาหารในหลอดทดลองอยู่ในสภาวะที่กำลังมีพลังแบ่งเซลล์ และมีความสามารถในการสังเคราะห์สารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเป็นอย่างดีอีกทั้งในอาหารที่ไม่มีน้ำมะพร้าวนี้ก็มี macronutrient element และ micronutrient element ที่จำเป็นอยู่ครบมี sucrose ซึ่งเป็น energy-source และ carbon-source ที่ดี ประกอบทั้งมี 2,4 - D อยู่ด้วย

Chinoy, Grover and Nanda (1957) รายงานถึงผลของ sucrose ที่มีต่อการเจริญของ coleoptile ของข้าวโพดว่า sucrose ไม่เพียงทำหน้าที่เป็นปัจจัยของอาหารโดยตรงเท่านั้น ยังมีผลให้เจริญเติบโตทางออมด้วย จากหลักฐานการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีการสังเคราะห์ ascorbic acid ในชิ้นส่วนของพืชที่เลี้ยงไว้ ascorbic acid ที่เกิดขึ้นจะทำงานร่วมกับ auxin กระตุ้นการเจริญของชิ้นส่วน coleoptile ของข้าวโพด Skoog (1954) รายงานถึงการทำงานของ auxin ว่ามีอิทธิพลต่อRNA metabolism auxin ที่ความเข้มที่ส่งเสริมให้มีการเจริญ จะกระตุ้นให้ C^{14}-nucleotide เข้ารวมกับ RNA ของเซลล์ที่กำลังขยายตัวของชิ้น hypocotyl ของถั่วเหลือง ความเข้มที่มีผลระงับการเจริญจะทำให้ลดการรวมตัวของ C^{14}-nucleotide เข้ากับ RNA ในเซลล์ที่ยืดตัวเต็มที่ auxin จะชักนำให้มีการสังเคราะห์ RNA 2,4 - D ที่ความเข้ม 5ug /ml. ให้ผลดีที่สุดสำหรับการเจริญของเนื้อเยื่อ hypocotyl ของถั่วเหลือง (Key and Shannon, 1964) รายงานนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Nitsch (1963) ซึ่งแบ่งเนื้อเยื่อของพืชที่เลี้ยงในหลอดทดลองได้สำเร็จเป็น 3 พวกคือ ก) เนื้อเยื่อที่ต้องการทั้ง auxin และ cell division factor ข) เนื้อเยื่อที่ต้องการแต่ auxin หรือ cell division factor อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น และ ค) เนื้อเยื่อที่ไม่ต้องการทั้ง auxin และ cell division factor ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการสังเคราะห์สารประเภทฮอร์โมนของเนื้อเยื่อแตกต่างกันไป โดยปกติแล้วการแบ่งเซลล์ซึ่งเกิดขึ้นในเนื้อเยื่อต้องการปัจจัยอย่างน้อยที่สุด 2 อย่างคือ auxin และ cell division factor เนื้อเยื่อที่ไม่ต้องการปัจจัยดังกล่าวอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างก็เนื่องจากมันสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เอง Nitsch อ้างข้อความที่ Nitsch and Nitsch (1960) ที่กล่าวว่าถ้าไม่มี cell division cofactor จะไม่มีการแบ่งเซลล์ Mitra (1967) ก็ได้ย้ำถึงการที่มีสารเหล่านี้อยู่ในเซลล์ และมีอยู่ในระดับเพียงพอที่จะชักนำให้มีการเจริญโดยไม่ต้องเติมลงไปในอาหารที่เลี้ยง นอกจากนี้สารพวก auxin cytokinin และ gibberellin ตัวใดตัวหนึ่งนี้ภายใต้สถานการณ์หนึ่งอาจมีการทำงานเหมือน auxin และอีกสถานการณ์หนึ่งอาจดูคล้าย cytokinin (Steward, 1963b)

ชิ้นเนื้อเยื่อจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อของกล้วยไม้สกุลหวายที่ใช้ในการศึกษานี้ มีการเจริญและเปลี่ยนแปลงเกิด callus lobe ทำให้ callus มีลักษณะเป็นลอนหรือพู ต่อมาจะเกิดเป็น protocorm-like body และในที่สุดกลายไปเป็นต้นที่สมบูรณ์ เป็นไปในทำนองเดียวกับที่ Curtis and Nichol (1948) ศึกษาใน Vanda tricolor และRao (1963) ศึกษาพบในแวนด้าลูกผสมที่เกิดจาก Vanda merrilli var. Tan Chay Yan X Vanda luzonica ต่างก็พบว่าเมล็ดบางส่วนเจริญไปเป็น callus มีลักษณะเป็นก้อนกลม ต่อมาพองขยายออก มีการเจริญต่อมา บางส่วนของcallus จะเกิดเป็น callus lobe แล้วเกิด protocorm-like body และกลายไปเป็นต้น callus ที่เกิดจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญของกล้วยไม้สกุลอื่นก็พบว่าเป็นไปในลักษณะเดียวกันนี้ เช่น Cattleya (ถาวร วัชราภัย,2510) และในกล้วยไม้ประเภท monopodial ที่มีขนาดเล็กบางชนิด (Intuwong, 1972) อาจกล่าวได้ว่าก่อนที่เนื้อเยื่อจะมีการเปลี่ยนแปลงเจริญไปเป็นต้นจะเกิดโครงสร้างที่มีลักษณะคล้าย embryo(embryoid) ขึ้นก่อน จากนั้นจึงเจริญต่อไปเป็นต้น Sunderland and Wicks (1971) ศึกษาการเกิด embryoid จากpollen grain ของยาสูบที่เลี้ยงบนวุ้นอาหาร ก็พบว่ามี embryoid เกิดขึ้นก่อน ต่อจากนั้นจึงกลายไปเป็นต้น และเป็นที่น่าสังเกตว่าการเกิด embryoid จะต้องมีปริมาณของเหล็กอยู่ในอาหารมากพอ เช่น Nitsch and Nitsch (1970) พบว่าต้องมีเหล็กอยู่ 0.1 mM และ Sunderland and Wicks (1971) พบว่าต้องมีเหล็กถึง 1mM จึงมีการสร้าง embryoid

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาการเจริญและเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อกล้วยไม้กับการงอกของเมล็ด พบว่ามีการเจริญตามลำดับขั้นจนกลายเป็นต้นอ่อนคล้ายคลึงกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากระยะ protocorm (เกิดจากเมล็ด) หรือ protocorm-like body (เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ callus) ไปเป็นต้นที่สมบูรณ์ มีใบ ลำต้น และราก (Knudson, 1922; Curtis and Nichol, 1948; Wimber, 1963; Rao, 1964, 1967) ที่แตกต่างกันคือในการเกิด callus ไม่ว่าจะเกิดจากเมล็ดหรือเกิดจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญก็ตาม ทำให้ระยะเวลาในการเจริญไปเป็นต้นล่าช้าไปแต่ก็นับว่ามีประโยชน์-

มากที่สามารถจะใช้ขยายพันธุ์กล้วยไม้ให้ได้จำนวนมากมายในระยะเวลาอันสั้น callus ที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารที่มีน้ำมะพร้าวและ 2,4-D เกิด differentiation ได้ดีกว่า แสดงให้เห็นผลการส่งเสริม **differentiation** ของน้ำมะพร้าว Leopold (1964) กล่าวถึงผลที่น่าสนใจของ cytokinin ที่มีต่อ differentiation อ้างถึงงานของ Skoog and Tsui (1948, 1951) ว่า adenine ซึ่งเป็น Cytokinin ตัวหนึ่งชักนำให้ callus ที่เลี้ยงไว้ในหลอดทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเกิดตาขึ้นได้ Skoog and Miller (1957) ย้ำถึงผลของ cytokinin ที่มีต่อ differentiation ดังกล่าวนี้ Torrey (1958) พบว่าเนื้อเยื่อรากของ Convolvulus จะสร้างตาขึ้นเมื่อมี cytokinin อยู่ภายในการเติมน้ำมะพร้าว10 เปอร์เซนต์และ auxin NAA 5 ppmลงในอาหารที่เลี้ยงเนื้อเยื่อ Cymbidium จะให้ผลในการเจริญดีที่สุดทำให้เกิด protocorm-like body ขึ้น หน้าที่ของ liquid endospermของน้ำมะพร้าวหรือ endosperm ในพืชมีดอกอื่น ๆ จะทำหน้าที่เลี้ยงและให้อาหารแก่ zygote ให้เจริญและมีการเปลี่ยนแปลงเกิดอวัยวะขึ้นน้ำมะพร้าวหรือสิ่งที่สกัดได้จากเมล็ดข้าวโพดอ่อน เมื่อเติมลงในอาหารที่เลี้ยงเนื้อเยื่อ สามารถกระตุ้นให้เซลล์เจริญและกระตุ้นให้เกิด embryo ได้ (Steward and Mapes, 1971) Nag and Johri (1971) ได้ชี้ให้เห็นว่า cytokinin จำเป็นสำหรับการเกิดตาที่จะเจริญไปเป็นหน่อในเนื้อเยื่อ endosperm ของพืชมีดอกที่เป็น parasite บางชนิด และพบว่ามีการทำงานร่วมกันระหว่างauxin IAA กับ cytokinin เพื่อเกิด organogenesis ถ้าcytokinin ความเข้มต่ำลงจะทำให้เกิดตา แต่ถ้ากลับกันจะชักนำให้เกิด callus ในการศึกษาของ Steward and Mapes (1971) พบว่าชิ้นของลำต้นหน่อไม้ฝรั่งที่เลี้ยงในอาหารของ Murashige and Skoog (1962) ที่เติมน้ำมะพร้าวลงไปด้วย 10 เปอร์เซนต์ จะมีรากเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ไม่มีการสร้างหน่อ แต่ถ้าเติมน้ำมะพร้าวและ IAA ลงในอาหารจะมีหน่อและรากเกิดขึ้นมาก ผลดังกล่าวนี้ก็พบในการศึกษาครั้งนี้ด้วย ต้นที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารที่มีน้ำมะพร้าว 10 เปอร์เซนต์กับ 2,4-D 0.1ppm มีรากเกิดขึ้นมากกว่าและรากยาวกว่าต้นที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารที่มีแต่ 2,4-D ไม่มีน้ำมะพร้าว กรณีที่ต้นในหลอดที่ไม่มีน้ำมะพร้าวมีการเจริญเติบโตดี สูงกว่าพวกที่เลี้ยงในหลอดที่ไม่มีน้ำมะพร้าว ก็ตรงกับผลที่ Kotomori and Murashige (1965) ได้ทำไว้ คือน้ำมะพร้าวระงับการเจริญของต้นอ่อน Dendrobium เป็นผลให้ต้นอ่อนเจริญช้า แต่จะกลับกระตุ้นการเจริญในต้นอ่อนอายุ 1 ปี

การศึกษาการเจริญและเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อกล้วยไม้ด้วยการถ่ายภาพแบบ time-lapse นี้ สิ่งที่สำคัญคือแสงสว่างซึ่งจำเป็นสำหรับการถ่ายภาพยนตร์ จึงต้องให้แสงต่อเนื่องกันตลอด 24ชั่วโมง การให้แสงต่อเนื่องกันเช่นนี้ไม่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญและเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อกล้วยไม้ มีผู้ทดลองคนอื่นๆ ที่ให้แสงตลอดเวลาได้แก่ Sagawa et al. (1966), Steward and Mapes (1971), Kim et al. (1970) และ Intuwong (1972) ซึ่งต่างก็ทำ clonal propagation ของกล้วยไม้สกุลต่างๆ คือ Cymbidium, Dendrobium และกล้วยไม้พวก monopodial ที่มีขนาดเล็กบางชนิด การเลือกฟิล์มให้เหมาะกับสภาพของการทดลองก็เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากแสงสว่างน้อย (ใช้ความเข้มของแสงประมาณ 2200 lux) จึงจำเป็นต้องใช้ฟิล์มที่มีความเร็วสูง กรณีเช่นนี้ ฟิล์มที่เหมาะที่สุดคือ ฟิล์มถ่ายภาพยนตร์ Kodak Tri-X Panchromatic Negative หมายเลข 7233 ซึ่งเป็นฟิล์มเนกกาทีฟที่มีความไวสูง มีเนื้อฟิล์มละเอียดปานกลาง เหมาะเป็นพิเศษสำหรับถ่ายภาพในที่มีแสงความเข้มต่ำ มีประโยชน์ในกรณีที่ต้องการระยะความชัดลึกมากๆ โดยไม่ต้องเพิ่มการให้แสง (Lester and Carrol, 1957) ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การเลือกน้ำยาที่ทำให้เกิดภาพ (developer) เนื่องจากเนื้อเยื่อที่ถ่ายภาพยนตร์แบบ time-plase มีสีเดียวเสมอกัน ต้องการน้ำยาที่จะทำให้เกิดภาพที่ดีจึงได้เลือก Kodak D-19 ซึ่งมีความเหมาะสมกับงานนี้มากที่สุดเพราะเป็นน้ำยาสร้างภาพที่ให้ทั้ง continuous tone และ contrast สูง จะช่วยให้ได้ negative ที่ดียิ่งขึ้นสามารถนำไปอัดขยายได้รูปที่มีคุณภาพดี ในการล้างฟิล์มที่ได้จากการถ่ายภาพแบบ time-lapse นี้ใช้ Kodak D-19 ที่อุณหภูมิ 20° ซ. เวลา 8 นาที

เครื่องถ่ายภาพยนตร์แบบ time-lapse แบบที่ใช้นี้มีประโยชน์มาก สามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ทำให้เกิดความร้อนซึ่งจะเป็นอันตรายต่อ solenoid เพราะเมื่อ discharge ไปแล้วไฟหมดทันที สามารถที่จะควบคุมให้จำนวนภาพที่ถ่ายในวันหนึ่งเป็นกี่ภาพก็ได้ตามความประสงค์ โดยทำหยักแหลมของวงแหวนโลหะที่สวมอยู่กับนาฬิกาไฟฟ้าให้มีจำนวนหยักเท่ากับจำนวนภาพที่ต้องการได้ในหนึ่งวัน โดยให้หยักแหลมแต่ละหยักมีระยะห่างเท่าๆ กัน