

รังสีกับสายเขียว

ดร. สุวิมล เจตตะวัฒนะ

เราได้ยินคำว่ากัญชา กัญญา กันบ่อย ๆ แต่อาจจะไม่ได้ให้ความสนใจมากนัก ใครจะปลูก ปลูกพันธุ์อะไร ใครจะขาย ใครจะซื้อ ดูเหมือนจะเป็นเรื่องไกลตัว ข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวข้องก็มีมากมายให้ค้นหา (และสั่งซื้อ) อ่านแล้วได้ทั้งความรู้ ความเพลิดเพลินหรืออาจชวนให้สับสนก็มี เพราะข้อมูลดูเหมือนจะเยอะเกินไป และบางอันก็อ้างสรรพคุณเกินจริง ส่วนมุมมองของการเป็นพืชเศรษฐกิจ ธุรกิจด้านต่าง ๆ เริ่มเข้ามาเกาะกระแส ภายหลังจากที่กระทรวงสาธารณสุขได้มีประกาศ เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 พ.ศ. 2563 ปลดล็อกให้ทุกส่วนของกัญชาและกัญชงไม่เป็นยาเสพติด ยกเว้นส่วนช่อดอก ใบที่ติดกับช่อดอกและเมล็ดกัญชายังถือเป็นส่วนที่ทำให้เสพติดได้ ทำให้ส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากต้นกัญชงหรือกัญชากลายเป็นของมีค่าและมีราคาสูง (มาก) หากมีไว้ใช้งานหรือผลิตได้ในปริมาณมาก คงต้องพิจารณาด้วยว่าการเก็บรักษาส่วนต่าง ๆ ของกัญชง-กัญชาเพื่อให้คงคุณภาพนานที่สุดก่อนนำไปใช้หรือทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ควรทำอย่างไรจึงเหมาะสม เพื่อไม่ให้สารสำคัญในส่วนต่าง ๆ เหล่านั้นเสื่อมสลายหรือถูกทำลายไป

เนื่องจากต้นกัญชงและกัญชามีลักษณะคล้ายกันมาก ถ้าไม่ใช่สายเขียวที่แท้จริงคงแยกลำบาก แต่สามารถใช้หลักทางวิชาการแยกออกจากกันได้จากลักษณะต้นและปริมาณสารประกอบหลักในกลุ่มแคนนาบินอยด์ (cannabinoid) ที่พืชสร้างขึ้นตามธรรมชาติ คือ เตตราไฮโดรแคนนาบินอล (tetrahydrocannabinol) เรียกสั้น ๆ ว่า ทีเอชซี (THC) และแคนนาบิไดโอล (cannabidiol) เรียกสั้น ๆ ว่า ซีบีดี สาร THC เป็นสารที่ทำให้เมาหรือเคลิบเคลิ้ม ในทางการแพทย์มีประโยชน์ช่วยลดอาการปวด เพิ่มความอยากอาหาร รักษาผลข้างเคียงจากการทำเคมีบำบัด แต่ผลข้างเคียงจากการใช้สารชนิดนี้ในการรักษาอาจจะไปกีดการทำงานของสมอง ทำให้ผู้ป่วยมีอาการตอบสนองช้าลง หรือปากแห้ง กระหายน้ำ ส่วนสาร CBD เมื่อได้รับจะไม่มีอาการเมาหรือเคลิบเคลิ้ม ในทางการแพทย์ช่วยลดอาการปวด แก้อาการนอนไม่หลับ แก้อาการโรคลมชัก ไม่มีผลข้างเคียงแม้จะใช้ในปริมาณมาก และนิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางหรือผลิตภัณฑ์บำรุงผิวต่าง ๆ

กัญชา		กัญชง
ชื่ออื่น ๆ ที่แพร่หลาย	Marijuana (มาริฮวนา), dope	Hemp (เ็มพ์)
วงศ์	Cannabidaceae	Cannabidaceae
ชื่อวิทยาศาสตร์	Cannabis sativa L. subsp. indica	Cannabis sativa L. subsp. sativa
ลักษณะต้น	เป็นพืชล้มลุก ต้นสูงไม่เกิน 2 เมตร ลักษณะเป็นพุ่มแตกกิ่งก้านสาขาค่อนข้างมาก ลำต้นเป็นปล้องหรือข้อสั้น ใบสีเขียวจัด มี 5-7 แฉก โดยจะเรียงชิดกัน (ต้นเตี้ยและใบอ้วน)	เป็นพืชล้มลุก ต้นสูงมากกว่า 2 เมตร (สูงกว่ากัญชา) มีลักษณะสูงเรียว แตกกิ่งก้าน สาขาน้อย ปล้องหรือข้อยาว ใบสีเขียวอ่อน มี 7-11 แฉก ใบมีการเรียงสลับค่อนข้างห่างอย่างชัดเจน (ต้นสูงและใบเรียว)
การออกดอก	ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 3 เดือน ช่อดอกมีขนาดเล็ก	ออกดอกเมื่ออายุมากกว่า 4 เดือน ช่อดอกมีขนาดใหญ่
สารสกัด THC	พบประมาณ 1-20%	มีน้อยกว่า 1%
สารสกัด CBD	มีน้อยมาก	พบประมาณ 2%
การใช้ประโยชน์	ใช้เป็นยารักษาโรคและการสันทนาการ	ใช้เส้นใยสำหรับการทอผ้า ให้เส้นใยยาว มีความงามและเหนียวทนทาน เส้นใยมีความละเอียดใกล้เคียงกับลินิน
ส่วนที่ไม่จัดเป็นยาเสพติดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 (ฉบับที่ 2) วันที่ 14 ธันวาคม 2563	เปลือก ลำต้น เส้นใย กิ่งก้าน ราก ใบ ซึ่งไม่มียอดหรือช่อดอกติดมาด้วย สารสกัด CBD ที่มี THC ไม่เกินร้อยละ 0.2% และกากที่เหลือจากการสกัดกัญชา ต้องมี THC ไม่เกิน 0.2%	เปลือก ลำต้น เส้นใย กิ่งก้าน ราก ใบ ซึ่งไม่มียอดหรือช่อดอกติดมาด้วย สารสกัด CBD ที่มี THC ไม่เกิน 0.2% เบล็ด น้ำมัน หรือสารสกัดจากเมล็ด และกากที่เหลือจากการสกัดกัญชง ต้องมี THC ไม่เกิน 0.2%

ประชาชนสามารถใช้ประโยชน์จากส่วนของกัญชง-กัญชาได้ตามเงื่อนไขที่กฎหมายกำหนด แต่ส่วนต่าง ๆ ที่ได้มาจะเก็บไว้ได้นานเท่าไรนั้น จะขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ความชื้น อุณหภูมิ แสง และสภาพบรรยากาศ หากไม่ได้ปลูกในระบบปิดในห้องที่มีการควบคุมการได้รับแสง มีระบบการกรองอากาศ มีการป้องกันโรคและแมลง หรือดูแลเรื่องความสะอาดกันเต็มที่แล้ว ส่วนของกัญชง-กัญชาที่เก็บมาเหล่านั้นย่อมมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ รา หรือไข่แมลง เหมือนกับสมุนไพรและเครื่องเทศอื่นทั่ว ๆ ไป เมื่อมีการปนเปื้อนมาตั้งแต่แรกแล้ว ไม่ว่าส่วนต่าง ๆ ของกัญชาแห่งของเราจะถูกเก็บไว้อย่างดีในถุงซีลสุญญากาศ หรือโหลแก้วมีฝาปิด รวมไปถึงกล่องพลาสติกและกล่องไม้ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะให้ป้องกันแสงยูวีได้ แคมเก็บไว้ในที่มีดและใส่ซองควบคุมความชื้นให้อีก จุลินทรีย์ปนเปื้อนก็ไม่ได้หายไปไหน โอกาสที่ไข่แมลงจะฟักเป็นตัวออกมากัดกินส่วนต่าง ๆ ของกัญชง-กัญชาที่เราเก็บไว้ให้เจี๊ยบใจเล่นก็มี

โดยทั่วไปจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในพืชจะไม่สามารถติดคนได้ แต่แบคทีเรียและเชื้อราที่ปนเปื้อนอาจเป็นสาเหตุของการติดเชื้อในผู้บริโภคที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง แม้กระทั่งเชื้อที่ตายแล้วยังอาจกระตุ้นให้เกิดภูมิแพ้หรือหอบหืดได้ เช่น มีรายงานการติดเชื้อราในปอดของผู้ป่วยมะเร็งเม็ดเลือดขาวที่สัมพันธ์กับการสูบกัญชาที่ปนเปื้อนเชื้อรา ในบางประเทศจึงมีข้อกำหนดเรื่องความปลอดภัยเพื่อให้แน่ใจว่ากัญชาและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง ปราศจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์ โลหะหนัก และสารฆ่าแมลง เช่น ประเทศแคนาดา ที่ได้เปิดกว้างเรื่องการใช้กัญชาทางการแพทย์หรือเพื่อการสันทนาการแล้วนั้น พบว่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของผู้ผลิตที่ได้รับใบอนุญาต เลือกฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์กัญชาด้วยการฉายรังสี ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่าประเทศแคนาดาเองนั้นกำหนดให้จำหน่ายอาหารฉายรังสีได้เพียงไม่กี่ชนิดและกัญชาก็เป็นหนึ่งในนั้น คำถามที่ตามมาว่า คือ แล้วรังสีมีผลต่อคุณภาพของกัญชากัญชา และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องอย่างไรบ้าง บางส่วนก็บอกว่าได้ยินคำว่ารังสีก็รู้สึกไม่ดีแล้ว ทำไมต้องเอารังสีมาใช้ แล้วการใช้ปลอดภัยหรือเปล่า

สำหรับท่านที่ยังไม่เข้าใจหรือยังกลัวคำว่ารังสีอยู่ ก็ขออธิบายสั้น ๆ ไว้ ณ ที่นี้ว่า รังสีก็คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทเดียวกับเตาไมโครเวฟหรือคลื่นวิทยุที่อยู่ในบ้านเรานั้นเอง เพียงแต่รังสีที่นำมาใช้ฆ่าเชื้อโรคจะมีความถี่สูงมากกว่าแต่ความยาวคลื่นสั้นกว่าคลื่นไมโครเวฟ ดังนั้นเราจึงนำมาถ่ายภาพเอกซเรย์หรือใช้ปลอดภัยเครื่องมือแพทย์ต่าง ๆ ได้ ส่วนการฉายรังสีอาหารและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรนั้น เป็นที่ยอมรับและใช้กันทั่วโลกมานานกว่า 60 ปี มีด้วยกันหลายวิธีการ ได้แก่ การฉายรังสีอาหารหรือผลิตผลการเกษตรด้วยปริมาณรังสีไม่เกิน 1 กิโลเกรย์ เพื่อยับยั้งการแพร่พันธุ์ของแมลงด้วยรังสี เรียกว่า เรดิเอชัน ดิสอินเฟสเทชัน (radiation disinfestation) การฉายรังสีอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารด้วยปริมาณรังสีค่อนข้างต่ำ 2.5-10 กิโลเกรย์ ด้วยวัตถุประสงค์เพื่อฆ่าเชื้อก่อโรคชนิดที่ไม่สร้างสปอร์ เรียกว่า เรดิซิเดชัน (radicidation) ในขณะที่การฉายรังสีปริมาณต่ำกว่า 10 กิโลเกรย์ที่มีวัตถุประสงค์ในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียหรือเสื่อมสภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษา เรียกว่า ราดูไรเซชัน (radurization) สำหรับการทำให้อาหารปลอดภัยจากจุลินทรีย์เทียบเท่ากับการใช้ความร้อน ต้องใช้ปริมาณรังสีสูงกว่า 10 กิโลเกรย์ขึ้นไป เรียกว่า เรดแอปเพอร์ไทเซชัน (radappertization) เช่น อาหารที่เตรียมให้นักบินอวกาศ ในเรื่องของความปลอดภัย องค์การอนามัยโลกและองค์กรทางการแพทย์ต่าง ๆ ในหลายประเทศทั่วโลกยืนยันว่า การฉายรังสีอาหารมีความปลอดภัยแน่นอน และเมื่อเทียบกับความร้อนที่เกิดจากเตาไมโครเวฟแล้ว การฉายรังสีจัดเป็น cold process หรือกระบวนการที่ไม่ทำให้อุณหภูมิของอาหารสูงขึ้นจนเสียหาย โดยรังสีที่นำมาใช้กับอาหารได้ คือ รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ และการฉายด้วยลำอิเล็กตรอน

การฉายรังสีลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในกัญชามีมานานแล้ว โดยใช้ปริมาณรังสีแตกต่างกันไป เช่น การใช้รังสีแกมมาปริมาณ 10-20 กิโลเกรย์ แต่หากกัญชานั้นมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์และจุลินทรีย์นั้นสร้างท็อกซินหรือสารพิษ ออกมาแล้ว การฉายรังสีไม่สามารถทำลายท็อกซินที่สร้างโดยจุลินทรีย์นั้นได้ ดังนั้นกัญชาที่นำมาฉายรังสีจึงควรมีคุณภาพดี รายงานชิ้นหนึ่งจากประเทศเนเธอร์แลนด์ทำการศึกษาในช่อดอกของกัญชา 4 สายพันธุ์และพบว่า การฉายรังสีแกมมา 10 กิโลเกรย์ไม่มีผลต่อระดับของสาร CBD และ THC เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี แต่มีผลทำให้สารหลายชนิดในกลุ่มเทอร์ปีน (terpene) ในกัญชาลดลงได้

ตั้งแต่ 6-38 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ การลดลงของเทอร์ปีนเนื่องจากการฉายรังสีนี้ คล้ายคลึงกับการเก็บกัญชาแห้งในถุงกระดาษ แม้เพียงระยะสั้น ๆ ก็ทำให้สารระเหยเหล่านี้ลดลงได้เช่นกัน (เทอร์ปีน คือ โมเลกุลของน้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนช่วยในเรื่องกลิ่นและรสชาติ เป็นลักษณะเฉพาะตัวและเฉพาะสายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ซึ่งเชื่อกันว่าเทอร์ปีนในกัญชามีส่วนช่วยในการเสริมฤทธิ์ของ CBD หรือ THC ได้ด้วย) ผู้ผลิตโดยทั่วไปกำหนดระดับความชื้นของกัญชาแห้งไว้ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ และการฉายรังสีไม่ มีผลให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป นอกไปจากนี้ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฉายรังสียังอาจ ขึ้นอยู่กับความแรงของรังสี ระยะเวลาที่ได้รับรังสี อุณหภูมิระหว่างการฉายรังสี หรือปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการฉายรังสีด้วย

ข้อมูลที่น่าสนใจชิ้นหนึ่งโดยกลุ่มนักวิจัยจากแคนาดาได้รายงานถึงการปลูกกัญชา 4 สายพันธุ์ในระบบปิดและ เก็บช่อดอกมาทำให้แห้งก่อนฉายรังสีเล็กรอนปริมาณ 5 กิโลกรัม พบว่าการฉายรังสีเล็กรอนช่วยให้ ระดับของสารแคนนาบินอยด์ที่สกัดได้เพิ่มมากขึ้น และระดับของเทอร์ปีนที่สกัดได้เพิ่มขึ้นในบางสายพันธุ์ เมื่อนำสารสกัดนี้ไปทดสอบกับเซลล์ผิวหนังปกติและเซลล์มะเร็งเฉพาะเลี้ยง 3 ชนิด พบว่ามีสารสกัดถึง 3 สายพันธุ์ ที่ทำให้สมบัติในการยับยั้งการแบ่งเซลล์เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กลุ่มนักวิจัยจากอิสราเอลรายงานว่า การฉายรังสีแกมมา การฉายรังสีเล็กรอน และการใช้พลาสมาเย็น (cold plasma) สามารถลดปริมาณ เชื้อราในช่อดอกของกัญชาที่ใช้ทางการแพทย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนคำถามที่ว่า ถ้าไม่ใช้รังสี จะมีวิธีอื่นที่ลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ได้หรือไม่ ผู้ผลิตรายหนึ่งในแคนาดาให้ ข้อมูลว่า ได้เลือกใช้ระบบการปลูกที่ควบคุมความสะอาดทุกขั้นตอนทั้งสภาพแวดล้อมก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวและสายพันธุ์ เพื่อให้ได้กัญชาที่มีมาตรฐานหรือดีกว่ามาตรฐานความปลอดภัยที่กฎหมายระบุไว้ วิธีนี้อาจจะทำได้ยากแต่ขายได้ราคาดี และการทดสอบเพื่อลดปริมาณเชื้อด้วย การอบก๊าซเอทิลีนออกไซด์ การนึ่งฆ่า เชื้อภายใต้ความดัน และการใช้แก๊สพลาสมา ก็สามารถลดจุลินทรีย์ปนเปื้อนในกัญชาได้ แต่พบว่าทำให้ ปริมาณ THC ลดลงมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ การอบที่ 300 เซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที พบว่าทำลายสปอร์ของ เชื้อราบางชนิดได้เช่นกัน

กลับมาดูทางกัญชงซึ่งเป็นพืชที่ให้เส้นใยกันบ้าง โดยทั่วไปพืชเส้นใยหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นพืชพลังงาน เพื่อการผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่กำลังจะขาดแคลนในอนาคตอันใกล้ นักวิจัยจากเกาหลีใต้กลุ่มหนึ่งได้แสดงให้เห็นว่า การนำ hemp biomass (ส่วนของพืชที่ไม่ใช่เป็นอาหาร) มาพรีทรีตเมนต์ด้วยการฉายรังสีเล็กรอนที่ปริมาณสูงมาก (150-450 กิโล แกรย์) ก่อนนำไปผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (enzymatic hydrolysis) จะช่วยให้ได้ผลผลิตจาก การสกัดมากขึ้น แต่พบว่าพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดไซแลน (xylan) ที่สกัดได้มีปริมาณลดลงเมื่อใช้ปริมาณรังสีเพิ่ม มากขึ้น

สายสัมพันธ์ของรังสีกับสายเขียวอีกอย่างหนึ่งที่ต้องกล่าวถึง คือ การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในกัญช- กัญชาโดยใช้รังสีมาช้านานหลายทศวรรษ ซึ่งมีผู้ศึกษาไว้แล้วทั้งรังสีเอกซ์ รังสีนิวตรอน และรังสีแกมมา ส่วน ของพืชที่นำมาฉายรังสีมีทั้งละอองเกสรตัวผู้และเมล็ด ผลลัพธ์ที่ได้ก็มีหลากหลาย เช่น กลุ่มวิจัยจากอินเดียได้

ต้นพันธุ์ที่เมล็ดมีขนาดเล็กลง หรือต้นที่ดอกมีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกันแต่เป็นหมัน และกลุ่มนักวิจัยชาวอิตาลีรายงานว่าต้นกัญชาพันธุ์ที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา (300-350 เกรย์) มีสีของก้านใบและสีของใบย่อยต่างไปจากเดิม และยังมีพืชที่พันธุ์กลายนั้นสร้าง THC ในปริมาณที่ต่ำมาก ซึ่งการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยรังสีนั้น สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้หลายอย่างในนิวเคลียส เช่น การหลุดหายไปหรือเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของโครโมโซม สายพันธุ์ไทยที่มีอยู่ น่าจะเอามาทดลองบ้าง เพื่อจะได้สายพันธุ์ที่สร้าง CBD ได้มากกว่าเดิมหรือได้พันธุ์ที่ออกดอกเร็วกว่าเดิม ผู้ที่สนใจสามารถขอรับบริการฉายรังสีได้ทั้งแกมมา อิเล็กตรอนและเอกซเรย์ ที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

เล่าสู่กันฟังเพื่อสร้างไอเดียให้เห็นว่า ไม่ว่าจะใช้ทางการแพทย์หรือใช้ประโยชน์จากเส้นใยก็ได้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการฉายรังสีเช่นเดียวกัน ส่วนใครจะปลูกใครจะรับซื้อก็ว่ากันไป เพื่อนสายเขียวและไม่เขียวทั้งหลายโปรดทราบ

เอกสารอ้างอิง

1. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 290 ง (14 ธันวาคม 2563) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 พ.ศ. 2563.
2. Szyper-Kravitz M, Lang R, Manor Y, Lahav M (2001) Early invasive pulmonary aspergillosis in a leukemia patient linked to aspergillus contaminated marijuana smoking. *Leukemia & Lymphoma* 42:1433–1437.
3. Ungerleider JT, Andrysiak T, Tashkin DP, Gale RP (1982) Contamination of marijuana cigarettes with pathogenic bacteria. *Cancer Treat Rep* 66(3):589–590.
4. Hazekamp A. (2016) Evaluating the effects of gamma-irradiation for decontamination of medicinal cannabis. *Frontiers in Pharmacology*. 7: 1-12. doi: 10.3389/fphar.2016.00108.
5. Kovalchuk O, et al. (2020) The effect of cannabis dry flower irradiation on the level of cannabinoids, terpenes and anti-cancer properties of the extracts. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 29: 1-12. doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101736.
6. Jerushalmi S. et al. (2020) Effects of cold plasma, gamma and e-beam irradiations on reduction of fungal colony forming unit levels in medical cannabis inflorescences. *Journal of Cannabis Research*. 2: 1-12. doi.org/10.1186/s42238-020-00020-6.
7. Shin SJ and Sung YJ. (2008) Improving enzymatic hydrolysis of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by electron beam irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*. 77: 1034– 1038. doi:10.1016/j.radphyschem.2008.05.047.

8. Sung YJ and Shin SJ. (2011) Compositional changes in industrial hemp biomass (*Cannabis sativa* L.) induced by electron beam irradiation pretreatment. *Biomass and Bioenergy*. 35: 3267-3270. doi:10.1016/j.biombioe.2011.04.011.
9. Imai Y. (1937) Sex-linked mutant characters in the hemp, *Cannabis sativa*.
<https://www.ias.ac.in/article/fulltext/jgen/035/03/0431-0432>
10. Nigam RK, Varkey M, Reuben DE. (1981). Irradiation induced changes in flower formation in *Cannabis sativa* L. *Biologia Plantarum*. 23:389–391. Doi:10.1007/BF02877422
11. Fuochi P, Lavalle M, Di Candilo M, Ranalli P. (2002) Induction of mutants in *Cannabis Sativa* L. by gamma radiation, *Proceedings of International Nuclear Conference 2002: Global Trends and Perspectives*; Kuala Lumpur (Malaysia); 15-18 Oct 2002, p. 42-48.
<https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=34030228>