3. ผลการทดลอง

1. การขยายพันธุ์ *Anubias barteri* var. *nana* โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

1.1 การเตรียมยอดที่ปลอดเชื้อ

จากการฟอกฆ่าเชื้อส่วนปลายยอดของพืช พบว่าจากปลายยอดทั้งหมด 106 ชิ้น มีปลายยอดที่ปลอดจากเชื้อราและแบคทีเรีย 12 ชิ้น หรือประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปลายยอดที่ปนเปื้อนนั้นพบว่าเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย โดยสังเกตเห็นเชื้อแบคทีเรียได้หลังจากเพาะเลี้ยงเพียง 1 วัน หลังจากเพาะเลี้ยงประมาณ 2 สัปดาห์ ปลายยอดมีการเจริญเติบโตและมีจำนวนเพิ่มขึ้น เมื่อย้ายเลี้ยงไปหลาย ๆ ครั้ง ได้จำนวนยอดเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยยอดที่ได้จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ยอดขนาดใหญ่ (รูปที่ 5) ได้จากยอดที่ย้ายเลี้ยงโดยการแยกยอดที่เกิดจากตาข้าง การย้ายเลี้ยงแบบนี้แต่ละยอดจะให้ยอดใหม่เพิ่มขึ้นอีก 2 – 4 ยอด และสามารถย้ายเลี้ยงทุก 6 สัปดาห์ โดยที่ยอดไม่ตายและมีดอกเกิดขึ้นในขวดทดลอง (รูปที่ 6) ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ยอดแบบที่สองคือยอดขนาดเล็ก ได้จากการย้ายเลี้ยงโดยการตัดปลายยอดออกให้เหลือเพียงส่วนฐานหรือโคน (shoot base) ซึ่งพบว่าจะมียอดเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากประมาณ 10 – 15 ยอด จากบริเวณรอบ ๆ ที่เป็นข้อของฐานที่ตัดปลายยอดออกไป (รูปที่ 7) และใช้เวลานานคือใช้เวลาประมาณ 12 สัปดาห์ จึงจะสามารถย้ายเลี้ยงโดยที่ยอดไม่ตาย นอกจากนี้การตัดปลายยอดออกให้เหลือเพียงส่วนฐานหรือโคนทำให้เกิดแคลลัสขึ้นจากบริเวณผิวหน้าของฐานนั้น อีกทั้งยังมียอดเกิดขึ้นจากบริเวณที่เกิดแคลลัส (รูปที่ 8)

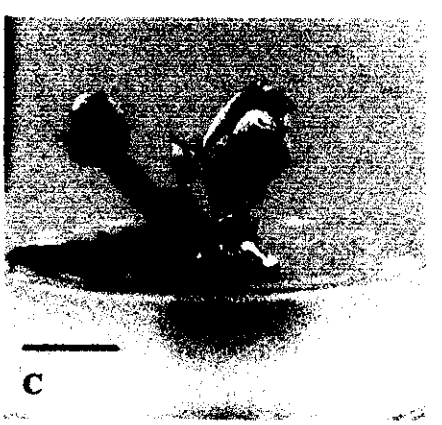
1.2 การศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นของไซโทไคนินที่เหมาะสมในการชักนำยอด

จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนปลายยอดบนอาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มีไซโทไคนินชนิด BA หรือ 2iP หรือ KN ที่ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ TDZ ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.1 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าอาหารชุดควบคุม และอาหารที่มีไซโทไคนินชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลต่อการเกิดยอดและการเกิดราก รวมทั้งลักษณะอื่น ๆ ดังนี้

อาหารชุดควบคุมและอาหารแข็งสูตร MS ที่มีไซโทไคนินชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ ทุกระดับสามารถเพิ่มจำนวนยอดได้ โดยยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี 2iP หรือ KN จะมีลักษณะสมบูรณ์กว่า ที่มี BA กล่าวคือ แผ่นใบมีขนาดใหญ่และแผ่แบน ในขณะที่ยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี BA แผ่นใบแคบและเล็ก ส่วนยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี TDZ ทุกระดับความเข้มข้น มีลักษณะของยอดไม่สมบูรณ์คือไม่มีแผ่นใบ บริเวณโคนยอดจะบวมอย่างเห็นได้ชัด และมียอดรวมเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก แต่อยู่เป็นกระจุกและติดกันแน่น ลำต้นสั้นมาก จึงไม่สามารถเก็บข้อมูลจำนวนยอดและจำนวนใบ อาหารที่มี BA 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือที่มี TDZ ทุกระดับความเข้มข้น ไม่เกิดราก (ตารางที่ 1 และ รูปที่ 9)

รูปที่ 5 ยอดขนาดใหญ่หลังจากเพาะเลี้ยงประมาณ 1 เดือน (bar = 1ซม.)

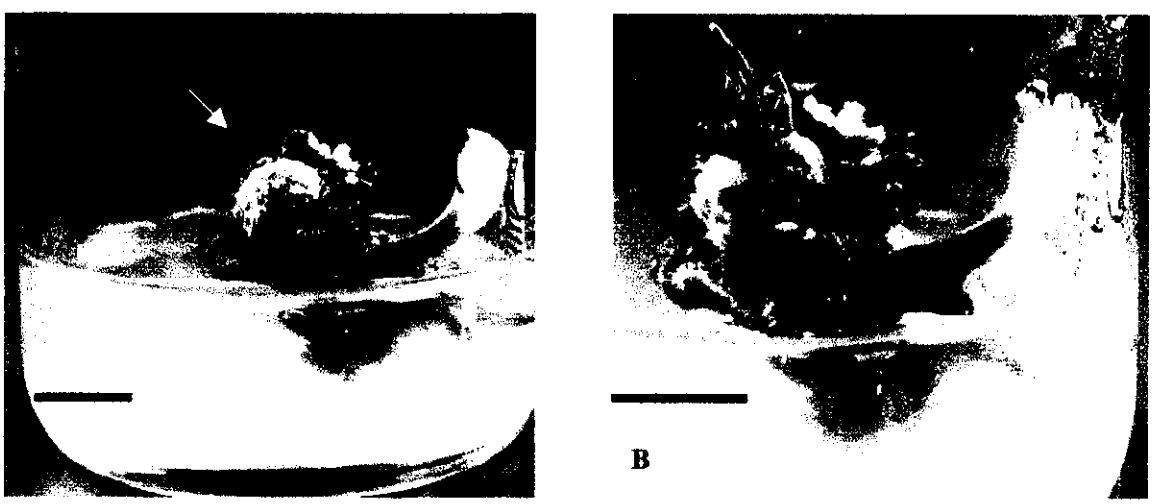
A



C

รูปที่ 6 ดอกที่เกิดในหลอดทดลอง หลังจากเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ (A), 8 สัปดาห์ (B) และ 12 สัปดาห์ (C) (bar = 1 ซม.)

รูปที่ 7 ยอดขนาดเล็กที่เกิดขึ้นจำนวนมากรอบ ๆ โคน หลังจากเพาะเลี้ยง 12 สัปดาห์ (bar = 1ซม.)

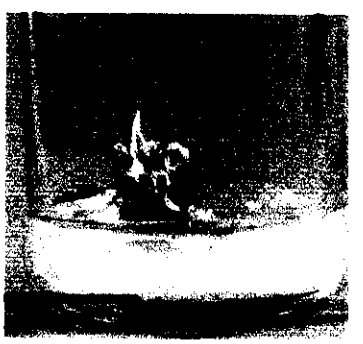


รูปที่ 8 แคลลัสที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของโคนที่ตัดปลายยอดออก (ลูกศรชี้) หลังจากเพาะเลี้ยง 11 สัปดาห์ (A) หลังจากนั้นอีก 4 สัปดาห์ มียอดเกิดขึ้นจากบริเวณที่มีแคลลัส (B) (bar = 1 ซม.)

MS

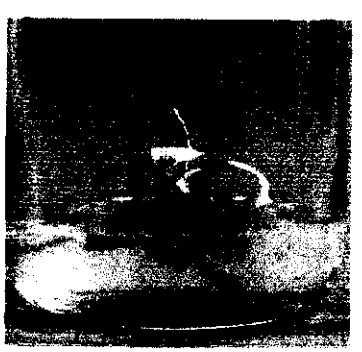
MS + 1 BA

MS + 3 BA



MS + 5 BA

MS + 1 2iP



MS + 3 2iP

MS + 5 2iP

รูปที่ 9 ยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่มีไซโทไคนิน ชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ

(bar = 1 ซม.)

MS + 1 KN

MS + 3 KN

MS + 5 KN

MS + 0.01 TDZ

MS + 0.1 TDZ

MS + 1 TDZ

รูปที่ 9 ยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่มีไซโทไคนิน ชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ (ต่อ)

(bar = 1 ซม.)

ตารางที่ 1 การเกิดยอด ราก และลักษณะอื่น ๆ ของยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มีไซโทไคนินชนิด และความเข้มข้นต่าง ๆ

อาหาร	เกิดยอด	เกิดราก	มีการบวมของโคนยอด	มียอดรวมเกิดขึ้นที่โคนยอด
MS	✓	✓	-	-
MS + BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	✓	✓	✓
MS + BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	-	✓	✓
MS + BA 5 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	-	✓	✓
MS + 2iP 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	✓	-	-
MS + 2iP 3 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	✓	-	-
MS + 2iP 5 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	✓	-	-
MS + KN 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	✓	-	-
MS + KN 3 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	✓	-	-
MS + KN 5 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	✓	-	-
MS + TDZ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	-	✓	✓
MS + TDZ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	-	✓	✓
MS + TDZ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	✓	-	✓	✓

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนยอดเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอด เปอร์เซ็นต์การเกิดราก และจำนวนรากเฉลี่ย จากปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุมและอาหารแข็งสูตร MS ที่มี BA หรือ 2iP หรือ KN ที่ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลดังนี้

1.2.1 จำนวนยอดเฉลี่ย

ปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุมและอาหารที่มีไซโทไคนินชนิดและความเข้มข้นต่างๆ มีจำนวนยอดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 2) โดยปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี 2iP 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดยอดเฉลี่ยมากที่สุดคือ 3.4 ± 0.8 ยอด และอาหารชุดควบคุมมีจำนวนยอดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 1.7 ± 0.8 ยอด ชนิดของไซโทไคนินที่ใช้ไม่มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับระดับความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือเมื่อความเข้มข้นของไซโทไคนิน ทุกชนิดเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนยอดเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2 และ รูปที่ 10)

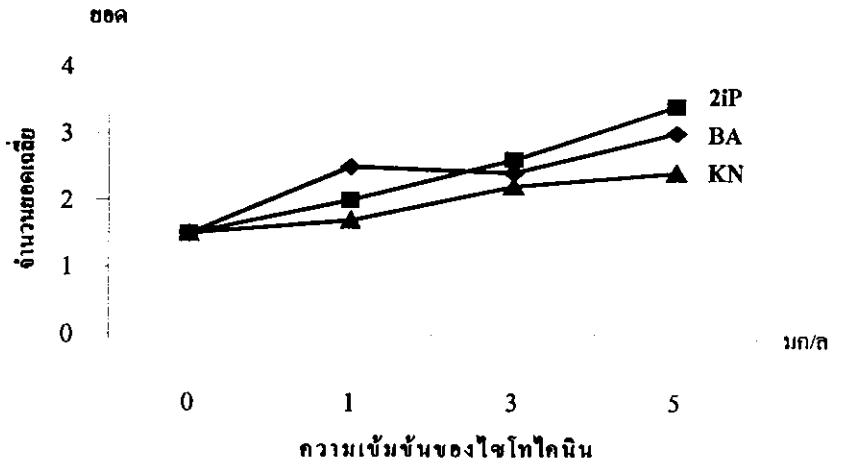
เมื่อเปรียบเทียบจำนวนยอดเฉลี่ยจากปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่มีไซโทไคนินชนิดต่าง ๆ พบว่า อาหารที่มี BA และ 2iP ให้จำนวนยอดเฉลี่ย 2.4 ± 0.9 และ 2.4 ± 1.0 ยอด ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกับอาหารที่มี KN อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี KN มีจำนวนยอดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.0 ± 1.0 ยอด (ตารางที่ 2 และ รูปที่ 10)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนยอดเฉลี่ยจากปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุม และอาหารที่มีไซโทไคนินระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า อาหารที่มีไซโทไคนินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดเฉลี่ยมากที่สุดคือ 2.9 ± 1.0 ยอด แตกต่างจากจำนวนยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มีไซโทไคนินที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และอาหารชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ อย่างไรก็ตาม อาหารที่มี ไซโทไคนินที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และอาหารชุดควบคุม ให้จำนวนยอดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุมมีจำนวนยอดเฉลี่ยน้อยที่สุด (ตารางที่ 2 และ รูปที่ 10)

ตารางที่ 2 จำนวนยอด (ค่าเฉลี่ย ± SD) บนอาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มี BA หรือ 2iP หรือ KN ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 9 สัปดาห์

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ชนิดไซโทไคนิน			
	BA	2iP	KN	เฉลี่ย
0	1.7 ± 0.8	1.7 ± 0.8	1.7 ± 0.8	1.7 ± 0.8 ^{c}
1	2.5 ± 0.5	2.0 ± 0.7	1.7 ± 0.7	2.1 ± 0.8 ^{bc}
3	2.4 ± 0.5	2.6 ± 0.7	2.2 ± 0.7	2.4 ± 0.7 ^{b}
5	3.0 ± 0.7	3.4 ± 0.8	2.4 ± 1.0	2.9 ± 1.0 ^{a}
เฉลี่ย	2.4 ± 0.9 ^{a}	2.4 ± 1.0 ^{a}	2.0 ± 1.0 ^{b}	

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันและตัวเลขในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ตรวจสอบโดยวิธี Scheffe



รูปที่ 10 กราฟแสดงจำนวนยอดเฉลี่ยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มี BA หรือ 2iP หรือ KN ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 9 สัปดาห์

1.2.2 จำนวนใบเฉลี่ย

จำนวนใบเฉลี่ยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงปลายยอดบนอาหารชุดควบคุมและอาหารแข็งสูตร MS ที่ไซโทไคนินชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 3) โดยยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี 2iP 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ 12.5 $\pm$ 2.7 ใบ และอาหารชุดควบคุมมีจำนวนใบเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 7.5 $\pm$ 2.1 ใบ ชนิดของไซโทไคนินมีปฏิสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ จำนวนใบเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ 2iP หรือ KN เพิ่มขึ้น แต่ในอาหารที่มี BA จำนวนใบเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระดับความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วลดลงที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี 2iP หรือ KN แต่ละชนิดมีใบเฉลี่ยมากที่สุดที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร คือมีจำนวนใบเฉลี่ย 12.5 $\pm$ 2.7 และ 9.5 $\pm$ 3.4 ใบ ตามลำดับ และยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี BA มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด ที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร คือมีจำนวนใบเฉลี่ย 10.0 $\pm$ 1.6 ใบ (ตารางที่ 3 และ รูปที่ 11)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ยจากปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุม และอาหารที่มีไซโทไคนินชนิดต่าง ๆ พบว่า อาหารที่มี BA ให้จำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกับอาหารที่

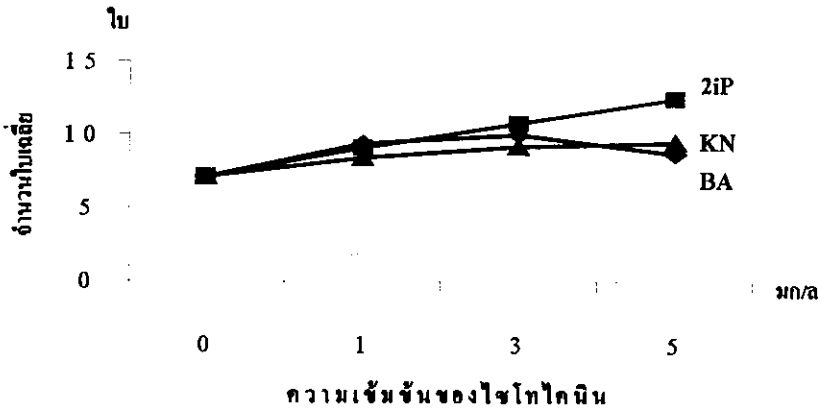
มี 2iP หรือ KN ทางสถิติ แต่อาหารที่มี 2iP ให้จำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกับอาหารที่มี KN อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยอาหารที่มี 2iP ให้จำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด10.0 $\pm$ 3.0 ใบ และอาหารที่มี KN จำนวนใบเฉลี่ยน้อยที่สุด 8.7 $\pm$ 2.5 ใบ (ตารางที่ 3 และ รูปที่ 11)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ยจากปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุมและอาหารที่มีมีไซโทไคนินระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า อาหารชุดควบคุม ให้จำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกับอาหารที่มีไซโทไคนินทุกระดับความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยอาหารที่มีไซโทไคนินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด 10.2 $\pm$ 3.3 ใบ และอาหารชุดควบคุมให้จำนวนใบเฉลี่ยน้อยที่สุด 7.5 $\pm$ 2.1 ใบ (ตารางที่ 3 และ รูปที่ 11)

ตารางที่ 3 จำนวนใบ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD) ของยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มี BA หรือ 2iP หรือ KN ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 9 สัปดาห์

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ชนิดไซโทไคนิน			
	BA	2iP	KN	เฉลี่ย
0	7.5 $\pm$ 2.1	7.5 $\pm$ 2.1	7.5 $\pm$ 2.1	7.5 $\pm$ 2.1 ^{b}
1	9.4 $\pm$ 1.2	9.1 $\pm$ 2.2	8.4 $\pm$ 2.1	9.0 $\pm$ 1.9 ^{a}
3	10.0 $\pm$ 1.6	10.8 $\pm$ 2.2	9.2 $\pm$ 1.7	10.0 $\pm$ 2.0 ^{a}
5	8.7 $\pm$ 2.7	12.5 $\pm$ 2.7	9.5 $\pm$ 3.4	10.2 $\pm$ 3.3 ^{a}
เฉลี่ย	8.9 $\pm$ 2.2 ^{ab}	10.0 $\pm$ 3.0 ^{a}	8.7 $\pm$ 2.5 ^{b}	

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันและตัวเลขในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ตรวจสอบโดยวิธี Scheffe



รูปที่ 11 กราฟแสดงจำนวนใบเฉลี่ยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงปลายยอดบนอาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มี BA หรือ 2iP หรือ KN ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 9 สัปดาห์

1.2.3 จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอด

จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงปลายยอดบนอาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มีไซโทไคนินชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ผนวกที่ 4) โดยยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี KN ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดมากที่สุดคือ 5.3 $\pm$ 1.5 ใบต่อยอด และอาหารที่มี BA 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดน้อยที่สุดคือ 3.0 $\pm$ 0.7 ใบต่อยอด ชนิดของไซโทไคนินที่ใช้ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คืออาหารที่มี KN มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดมากที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น และอาหารที่มี BA มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดน้อยที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น (ตารางที่ 4 และ รูปที่ 12)

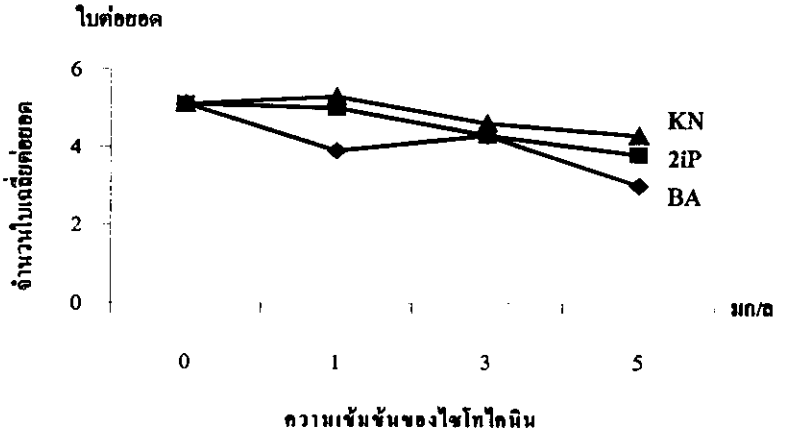
เมื่อเปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดที่ได้จากปลายยอดที่เพาะลี้ยงบนอาหารชุดควบคุม และอาหารที่มีไซโทไคนินชนิดต่าง ๆ พบว่า อาหารที่มี BA ให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอด ไม่แตกต่างกับอาหารที่มี 2iP ทางสถิติ แต่ให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดแตกต่างกับอาหารที่มี KN อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยอาหารที่มี KN ให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดมากที่สุด 4.7 $\pm$ 1.3 ใบต่อยอด และอาหารที่มีBA ให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดน้อยที่สุด 4.0 $\pm$ 1.2 ใบต่อยอด (ตารางที่ 4 และ รูปที่ 12)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดที่ได้จากปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุม และอาหารที่มีไซโทไคนินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า อาหารชุดควบคุม และอาหารที่มีไซโทไคนินที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดเท่ากันและมากที่สุดคือ 4.7 ± 1.4 ใบต่อยอด และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับอาหารที่มีไซโทไคนินที่ระดับความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับอาหารที่มีไซโตไคนินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดน้อยที่สุดคือ 3.7 ± 1.0 ใบต่อยอด (ตารางที่ 4 และ รูปที่ 12)

ตารางที่ 4 จำนวนใบต่อยอด (ค่าเฉลี่ย ± SD) ของยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มี BA หรือ 2iP หรือ KN ความ เข้มข้น 1,3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 9 สัปดาห์

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ชนิดไซโทไคนิน			
	BA	2iP	KN	เฉลี่ย
0	4.7 ± 1.4	4.7 ± 1.4	4.7 ± 1.4	4.7 ± 1.4 [a]
1	3.9 ± 0.8	5.0 ± 1.3	5.3 ± 1.5	4.7 ± 1.4 [a]
3	4.3 ± 0.9	4.3 ± 0.7	4.6 ± 1.2	4.4 ± 1.0 [ab]
5	3.0 ± 0.7	3.8 ± 0.5	4.3 ± 1.0	3.7 ± 1.0 [b]
เฉลี่ย	4.0 ± 1.2 [b]	4.4 ± 1.1 [ab]	4.7 ± 1.3 [a]	

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันและตัวเลขในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ตรวจสอบโดยวิธี Scheffe



รูปที่ 12 กราฟแสดงจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงปลายยอดบนอาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มี BA หรือ 2iP หรือ KN ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 มิลลิกรัม ต่อลิตร หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 9 สัปดาห์

1.2.4 เปอร์เซ็นต์การเกิดรากและจำนวนรากเฉลี่ย

อาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มีไซโทไคนินชนิด 2iP หรือ KN สามารถชักนำให้เกิดรากได้ทุกระดับความเข้มข้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดราก 100 เปอร์เซ็นต์ อาหารที่มี BA สามารถชักนำให้เกิดรากได้เฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเพียง 52.63 เปอร์เซ็นต์ และอาหารที่มี TDZ ไม่เกิดรากทุกระดับความเข้มข้น (ตารางที่ 5)

จำนวนรากเฉลี่ยในอาหารชุดควบคุม และอาหารที่มีไซโทไคนินชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ชักนำให้เกิดรากได้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติคือ อาหารที่มี 2iP ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนรากเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับอาหารที่มี BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ KN ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยอาหารที่มี 2iP 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุดคือ 13.1 $\pm$ 8.8 ราก อาหารที่มี BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนรากเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 4.3 $\pm$ 3.3 ราก (ตารางที่ 5)

นอกจากนี้จากการสังเกตพบว่ารากที่เกิดขึ้นจากยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารชุดควบคุม จะมีลักษณะแข็งกว่ารากที่ได้จากปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่มีไซโทไคนิน ทั้งนี้จะเห็นได้จากการที่ยอดส่วนใหญ่ จะถูกยกหรือดันขึ้นเหนืออาหาร มีเพียงส่วนของปลายรากที่

สัมผัสกับอาหาร ในขณะที่ยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี 2iP และ KN จะสัมผัสกับอาหารไม่ถูกดันขึ้นไป โดยรากที่ยาวขึ้นจะขดวนไปตามขวดอาหาร

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์การเกิดราก และจำนวนรากเฉลี่ย ในอาหารชุดควบคุม และอาหารแข็งสูตร MS ที่มี BA หรือ 2iP หรือ KN ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ TDZ ความเข้มข้น 0.01, 0.1 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเพาะเลี้ยงเป็น เวลา 9 สัปดาห์

อาหาร	เปอร์เซ็นต์การเกิดราก	จำนวนราก (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD)
MS	100	9.6 ± 3.2^{ab}
MS + BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	52.63	4.3 ± 3.3^{b}
MS + BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตร	0	-
MS + BA 5 มิลลิกรัมต่อลิตร	0	-
MS + 2iP 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	100	8.9 ± 2.7^{ab}
MS + 2iP 3 มิลลิกรัมต่อลิตร	100	9.6 ± 4.5^{ab}
MS + 2 iP 5 มิลลิกรัมต่อลิตร	100	13.1 ± 8.8^{a}
MS + KN 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	100	6.9 ± 1.5^{b}
MS + KN 3 มิลลิกรัมต่อลิตร	100	5.9 ± 1.9^{b}
MS + KN 5 มิลลิกรัมต่อลิตร	100	6.2 ± 2.6^{b}
MS + TDZ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร	0	-
MS + TDZ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร	0	-
MS + TDZ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	0	-
F – test	-	**
C.V.%	-	58.55

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ตรวจสอบโดยวิธี Scheffe

2. ผลของรังสีแกมมาต่อปลายยอดของ *Anubias barteri* var. *nana*

จากการนำยอดไปฉายรังสี พบว่าหลังจากฉายรังสีและเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทุกระดับรังสี ไม่มีผลทำให้พืชตาย แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (รูปที่ 13) และเมื่อนำค่าของน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นของยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นของยอดที่ไม่ได้รับรังสี โดยให้ยอดที่ไม่ได้รับรังสีมีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า GR_{50} มีค่าประมาณ 18 เกรย์ และที่ระดับรังสีแกมมาสูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นของยอดลดลง (ตารางที่ 6 และ รูปที่ 14)

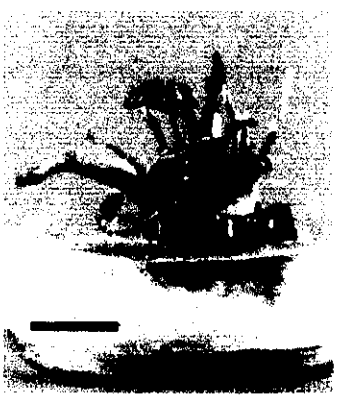
ตารางที่ 6 ผลของรังสีแกมมาที่ระดับต่าง ๆ ต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ระดับรังสี (เกรย์)	น้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (มิลลิกรัม)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม
0	1.4614 ± 0.3448	100.00
4.5	1.3366 ± 0.3631	91.46
9	1.4937 ± 0.3473	102.21
18	0.7355 ± 0.2507	50.33
27	0.4051 ± 0.1632	27.72
36	0.3505 ± 0.1032	23.98
45	0.4270 ± 0.2249	29.22

0 เกรย์

4.5 เกรย์

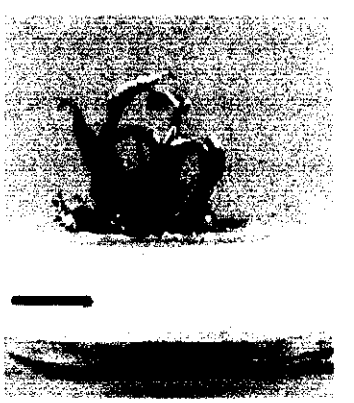
9 เกรย์



18 เกรย์

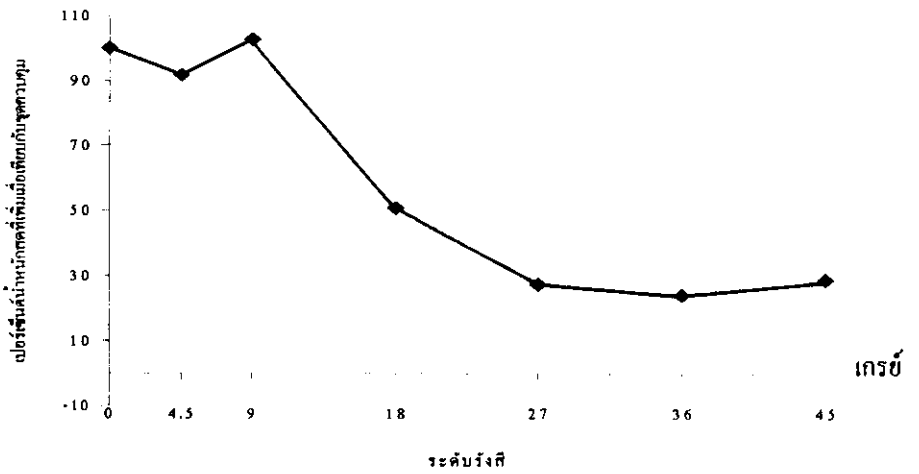
27 เกรย์

36 เกรย์



45 เกรย์

รูปที่ 13 ยอดของพืชที่ไม่ได้ฉายรังสี และยอดของพืชที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับต่าง ๆ หลังจากเพาะเลี้ยง 8 สัปดาห์ (bar = 1 ซม.)



รูปที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับรังสีแกมมากับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย จำนวนยอดเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอด เปอร์เซ็นต์การเกิดรากและจำนวนรากเฉลี่ยหลังจากฉายรังสีระดับต่าง ๆ และเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ได้ผลดังนี้

2.1 น้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย

ยอดที่ไม่ได้รับรังสีและยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 4.5 และ 9 เกรย์ มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 18, 27, 36 และ 45 เกรย์ (ตารางผนวกที่ 5) โดยยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 9 เกรย์ มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเฉลี่ยมากที่สุดคือ 1.4937 $\pm$ 0.3473 มิลลิกรัม ยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 36 เกรย์ มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.3505 $\pm$ 0.1032 มิลลิกรัม (ตารางที่ 7)

2.2 จำนวนยอดเฉลี่ย

จำนวนยอดทั้งหมดของยอดที่ไม่ได้รับรังสีแกมมาและยอดที่ได้รับรังสีแกมมาในทุกระดับมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ จำนวนยอดที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 1 – 4 ยอด โดยยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 18 เกรย์ มีจำนวนยอดเฉลี่ยมากที่สุดคือ 3.2 $\pm$ 0.6 ยอด และยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 36 เกรย์ มีจำนวนยอดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.5 $\pm$ 0.9 ยอด (ตารางที่ 7 และ รูปที่ 15)

2.3 จำนวนใบเฉลี่ย

จำนวนใบเฉลี่ยของยอดที่ไม่ได้รับรังสีแกมมาไม่มีความแตกต่างกับยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 4.5, 9 และ 18 เกรย์ ทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 27, 36 และ 45 เกรย์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 9 เกรย์ มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดมากที่สุดคือ 14.0 $\pm$ 3.6 ใบ ยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 36 เกรย์ มีจำนวนใบเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 7.9 $\pm$ 3.3 ใบ (ตารางที่ 7 และ รูปที่ 15)

2.4 จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอด

ยอดที่ไม่ได้รับรังสีแกมมามีจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดไม่แตกต่างกับยอดที่ได้รับรังสี 4.5, 9, 18, 36 และ 45 เกรย์ ทางสถิติ แต่มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดแตกต่างกับยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 27 เกรย์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดของยอดที่ไม่ได้รับรังสีมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดมากที่สุดคือ 5.0 $\pm$ 1.6 ใบ จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดของยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 27 เกรย์ มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอดน้อยที่สุดคือ 2.9 $\pm$ 0.8 ใบ (ตารางที่ 7 และ รูปที่ 15)

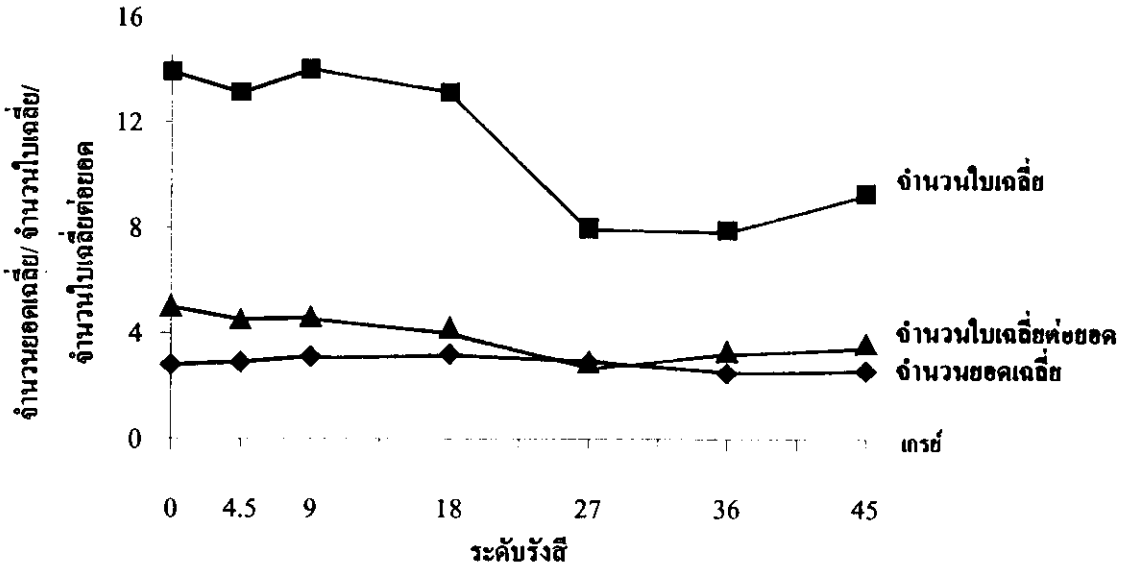
ตารางที่ 7 ผลของรังสีแกมมาที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นของยอด จำนวนยอด จำนวนใบ และ จำนวนใบต่อยอด (ค่าเฉลี่ย ±SD) หลังจากฉายรังสีและเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์

ระดับรังสี (เกรย์)	น้ำหนักสดที่เพิ่ม (มิลลิกรัม)	จำนวนยอด	จำนวนใบ	จำนวนใบต่อยอด
0	1.4614 ± 0.3448 [a]	2.8 ± 0.6	13.9 ± 4.4 [a]	5.0 ± 1.6 [a]
4.5	1.3366 ± 0.3631 [a]	2.9 ± 0.5	13.1 ± 2.5 [ab]	4.5 ±0.6 [ab]
9	1.4937 ± 0.3473 [a]	3.1 ± 0.7	14 .0 ± 3.6 [a]	4.6 ±0.9 [ab]
18	0.7355 ± 0.2507 [b]	3.2 ± 0.6	13.1 ± 4.3 [ab]	4.2 ±1.5 [ab]
27	0.4051 ± 0.1632 [b]	2.9 ± 0.4	8.0 ± 1.1 [bc]	2.9 ± 0.8 [b]
36	0.3505 ± 0.1032 [b]	2.5 ± 0.9	7.9 ± 3.3 [c]	3.3 ± 1.1 [ab]
45	0.4270 ± 0.2249 [b]	2.6 ± 0.5	9.3 ± 2.5 [bc]	3.6 ±0.9 [ab]
F - test	**	ns	**	**
C.V.%	86.84	63.71	23.08	32.26

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ตรวจสอบโดยวิธี Scheffe



รูปที่ 15 กราฟแสดงจำนวนยอดเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ย และจำนวนใบเฉลี่ยต่อยอด ของยอดที่ไม่ได้รับรังสี และได้รับรังสีที่ระดับ 4.5, 9, 18, 27, 36 และ 45 เกรย์

2.5 เปอร์เซ็นต์การเกิดรากและจำนวนรากเฉลี่ย

ยอดที่ไม่ได้รับรังสีแกมมาและยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 4.5 และ 9 เกรย์ มีจำนวนรากเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีจำนวนรากเฉลี่ย 7.1 $\pm$ 3.8 ราก, 5.9 $\pm$ 5.1 ราก และ 6.9 $\pm$ 3.4 ราก ตามลำดับ และยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 4.5 เกรย์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด คือ 85.71 เปอร์เซ็นต์ และยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 9 เกรย์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากน้อยที่สุด คือ 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนยอดที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับ 18, 27, 36 และ 45 เกรย์ ไม่มีรากเกิดขึ้น (ตารางที่ 8)

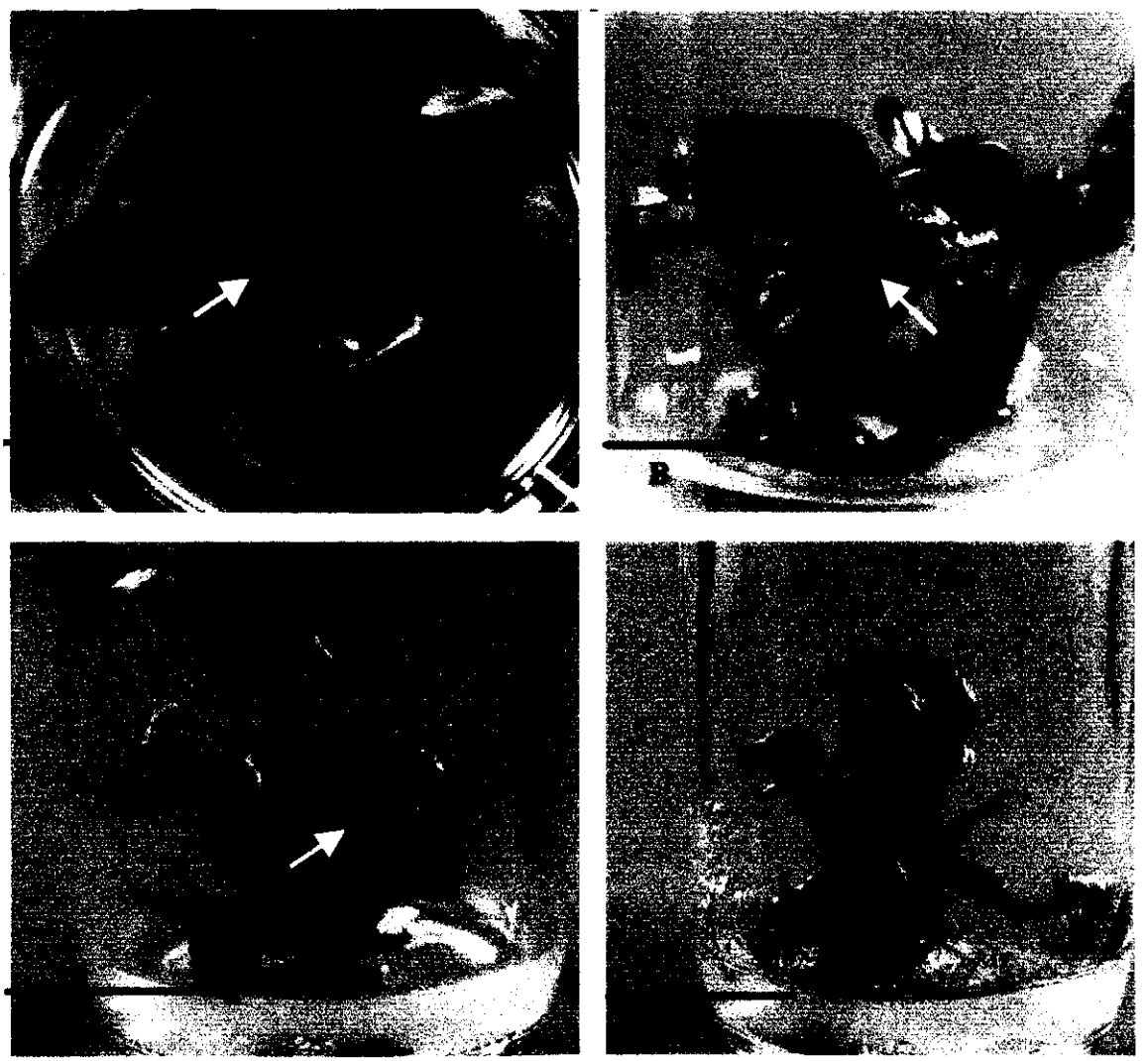
ตารางที่ 8 ผลของรังสีแกมมาระดับต่าง ๆ ต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดราก และจำนวนรากเฉลี่ย หลังจากฉายรังสีและเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์

ระดับรังสี (เกรย์)	เปอร์เซ็นต์การเกิดราก	จำนวนราก (ค่าเฉลี่ย ± SD)
0	66.67	7.1 ± 3.8
4.5	85.71	5.9 ± 5.1
9	60.00	6.9 ± 3.4
18	0	-
27	0	-
36	0	-
45	0	-
F – test	-	ns
C.V.%	-	70.40

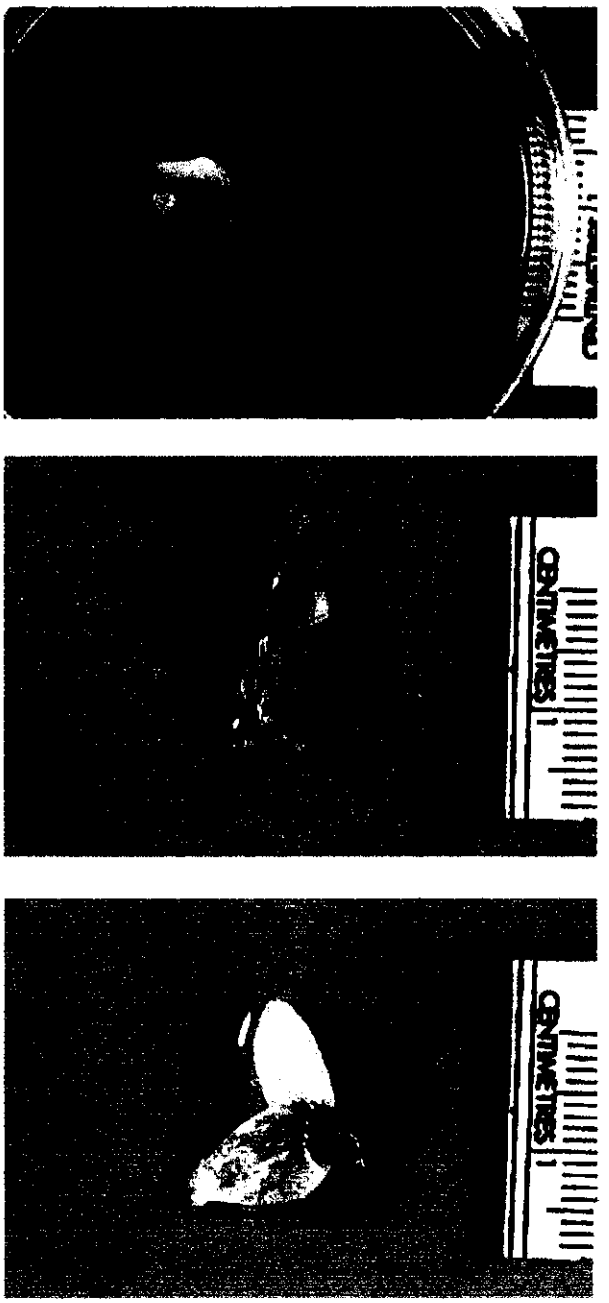
ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

2.6 ลักษณะผิดปกติ

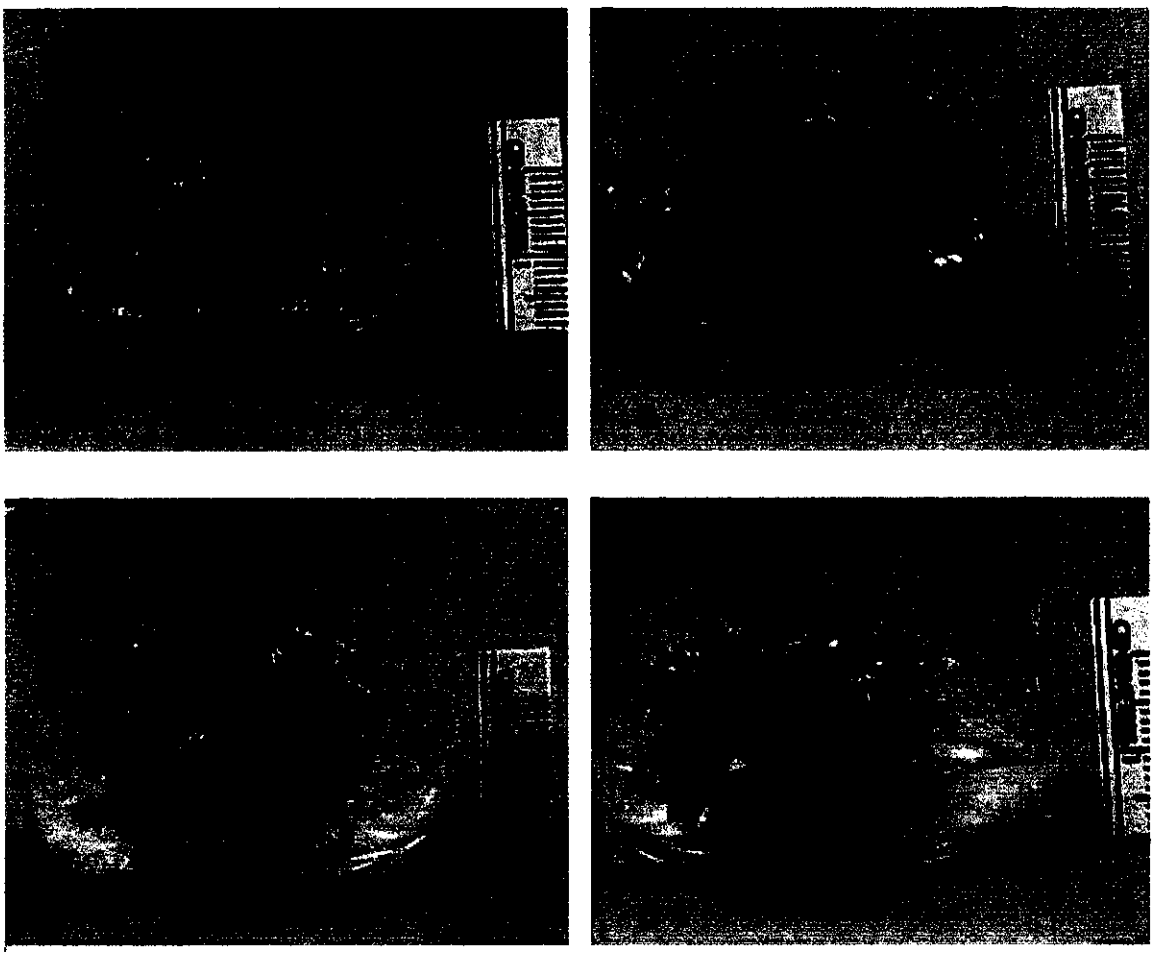
ยอดที่ฉายรังสีมีลักษณะผิดปกติเกิดขึ้นโดยยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 4.5, 9 และ 18 เกรย์ มีลักษณะใบด่างเกิดขึ้นทุกหน่วยการทดลอง โดยลักษณะดังกล่าวจะเริ่มสังเกตเห็นได้หลังจากฉายรังสีและเพาะเลี้ยงเป็นเวลาประมาณ 8 สัปดาห์ แต่จะเห็นได้ชัดเจนที่เวลาประมาณ 10 สัปดาห์ ซึ่งลักษณะใบด่างที่เกิดขึ้นมีลักษณะต่าง ๆ กัน บางใบจะเป็นขีดเล็ก ๆ สีเขียวอ่อนกว่าสีพื้นของแผ่นใบ (รูปที่ 16 A) บางใบจะมีผิวใบขรุขระ (รูปที่ 16 B และ C) เนื่องจากเป็นหลุมคล้ายกับว่าบางส่วนของผิวใบหลุดไปเหมือนตกสะเก็ด และบางใบจะมีผิวใบเป็นเหมือนกำมะหยี่ (รูปที่ 16 D) หลังจากฉายรังสี 12 สัปดาห์ ได้ตัดแยกแต่ละยอดย้ายเลี้ยงลงอาหารขวดใหม่ พบว่า ประมาณ 4 สัปดาห์หลังย้ายเลี้ยง สังเกตเห็นลักษณะใบแยกเป็นสองแฉก (รูปที่ 17 A) ลักษณะเส้นกลางใบนูนขึ้นมา (รูปที่ 17 B) และใบสองใบแต่มีก้านใบร่วมกัน (รูปที่ 17 C) เกิดขึ้นประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และทุกหน่วยการทดลอง มียอดรวมเกิดขึ้นจำนวนมากที่โคนยอด (รูปที่ 18) โดยจะสังเกตเห็นว่าใบของยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 18 เกรย์ จะมีขนาดเล็กกว่ายอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 4.5 และ 9 เกรย์ แต่เมื่อสังเกตลักษณะใบด่าง พบว่าใบใหม่ที่เกิดขึ้นในพืชที่ได้รับรังสีที่ระดับ 4.5, 9 และ 18 เกรย์ ไม่มีลักษณะใบด่างอีก



รูปที่ 16 ใบต่างแบบต่าง ๆ ของยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 9 เกรย์ หลังจากฉายรังสีและเพาะเลี้ยง 12 สัปดาห์ ใบมีลักษณะเป็นขีดเล็ก ๆ สีเขียวอ่อนกว่าสีของพื้น (ลูกศรชี้) (A), ใบมีลักษณะขรุขระ (ลูกศรชี้) (B และ C) และ ใบมีลักษณะผิวเป็นเหมือนกำมะหยี่ (D) (bar = 1 ซม)



รูปที่ 17 ลักษณะผิดปกติของใบที่เกิดขึ้น หลังจากย้ายเลี้ยง 4 สัปดาห์ ใบมีลักษณะปลายมี 2 แฉก (A), ใบมีลักษณะเส้นกลางใบบูนขึ้นมา (B) และ ใบมีลักษณะที่สองใบมีก้านใบร่วมกัน (C)



รูปที่ 18 ยอดรวมที่เกิดบริเวณโคนของยอดที่ไม่ได้รับรังสี (A), ได้รับรังสีที่ระดับ 4.5 เกรย์ (B), 9 เกรย์ (C) และ 18 เกรย์ (D) หลังจากฉายรังสีและเพาะเลี้ยง 16 สัปดาห์

ในขณะที่ยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 27, 36 และ 45 เกรย์ ไม่มีลักษณะใบด่างเกิดขึ้น แต่ยอดจะแคระแกร็น โดยยอดมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับยอดของชุดควบคุมและยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 4.5, 9 และ 18 เกรย์ ซึ่งเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ได้ตัดแยกแต่ละยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 27, 36 และ 45 เกรย์ ย้ายลงอาหารขวดใหม่เช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากยอดมีลักษณะแคระแกร็นดังที่กล่าวมาแล้ว ทำให้ไม่แน่ใจว่าหากตัดแยกและย้ายเลี้ยงแล้วยอดจะรอดหรือไม่ จึงทดลองตัดแยกและย้ายเลี้ยงเพียงระดับละ 3 ขวด พบว่า หลังจากย้ายเลี้ยงประมาณ 1 สัปดาห์ ยอดมีสีซีด ต่อมาเป็นสีน้ำตาล และตาย ดังนั้นขวดที่เหลือจึงย้ายลงอาหารขวดใหม่โดยไม่ตัดแยก พบว่ายอดจะปล่อยสารสีน้ำตาลออกมา แม้ย้ายลงอาหารขวดใหม่หลายครั้ง แต่ในที่สุดโดนเน่าและตายในทุกหน่วยการทดลอง ขณะที่ยอดที่ได้รับรังสีที่ระดับ 27 เกรย์ สามารถรอดได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่ยอดที่แตกออกมาใหม่มีขนาดเล็ก และเจริญเติบโตช้า