บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันโลกได้ประสบกับปัญหามลภาวะในสิ่งแวดล้อมอันสืบเนื่องจากมนุษย์ทำการกำจัดของเสียชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ของเสียจากการกสิกรรมซึ่งมีทั้งปุ๋ย ยากำจัดศัตรูพืช และของเสียจากการเลี้ยงปศุสัตว์ ลงสู่แม่น้ำลำคลอง อีกทั้งยังมีอากาศเป็นพิษเนื่องมาจากควันเสียของรถยนต์ การเผาไหม้ของถ่านหิน ฝุ่นละออง เหล่านี้เป็นต้น เนื่องจากจำนวนประชากรในโลกได้เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ยังผลให้ปัญหานี้ทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นในปัจจุบัน นอกเหนือจากมลพิษที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว มลพิษอีกอย่างหนึ่งที่กำลังมีบทบาทมากขึ้นคือการเปรอะเปื้อนของสารกัมมันตรังสี (radioactive contamination) ในสิ่งแวดล้อม แหล่งที่มาของสารกัมมันตรังสีที่มีอันตรายนั้นส่วนใหญ่มาจากฝุ่นกัมมันตรังสี (radioactive fallout) จากการทดลองระเบิดนิวเคลียร์ นอกจากนี้ยังมีของเสียที่เกิดจากการใช้สารกัมมันตรังสีในทางการแพทย์ งานวิจัยทางด้านอุตสาหกรรมการทำเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ในการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู อุบัติเหตุจากการใช้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ในยานอวกาศ เป็นต้น

จากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์เหนือระดับพื้นดิน (ground level) ยังผลให้เกิดฝุ่นกัมมันตรังสี ในชั้น stratosphere troposphere และ local อนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะตกสู่พื้นดินในบริเวณที่ทำการทดลองระเบิด เรียกว่า local fallout ทำให้มีกัมมันตรังสีสูงในบริเวณนั้น แต่ส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่มีครึ่งชีวิต (half-life) สั้น ซึ่งความแรงรังสีจะลดลงสู่สภาวะปกติภายใน 48 ชั่วโมง อนุภาคที่มีขนาดปานกลางจะกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ และจะใช้เวลาอยู่ในชั้นบรรยากาศนี้ประมาณ 1 เดือนแล้วจึงจะตกลงมาพร้อมกับฝน ซึ่งเรียกว่า tropospheric fallout สำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะถูกส่งไปอยู่ในชั้น stratosphere แล้วจะตกลงสู่ชั้น troposphere เรียกว่า stratospheric fallout

ซึ่งถ้าเป็นการระเบิดของลูกระเบิดไฮโดรเจน (hydrogen bomb) ขนาด 1 เมกกะตัน (1 megaton) อนุภาคที่เกิดจะคงอยู่ที่ชั้นนี้เป็นเวลานาน บางทีเป็นปี ๆ ลมจะพัดพาอนุภาคเหล่านี้แผ่กระจายไปทั่วโลก แล้วจึงจะตกลงมายังพื้นโลกอย่างช้า ๆ ในเวลาหลายปี ฉะนั้นการเปรอะเปื้อนทางกัมมันตรังสีในระยะยาว (long range) จึงมาจากฝุ่นกัมมันตรังสีเหล่านี้เป็นส่วนใหญ่ และเนื่องจากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ส่วนมากจะทำในซีกโลกเหนือ ดังนั้นฝุ่นกัมมันตรังสีในซีกโลกเหนือจึงมีมากกว่าทางซีกโลกใต้ประมาณ 3 เท่า [1,2]

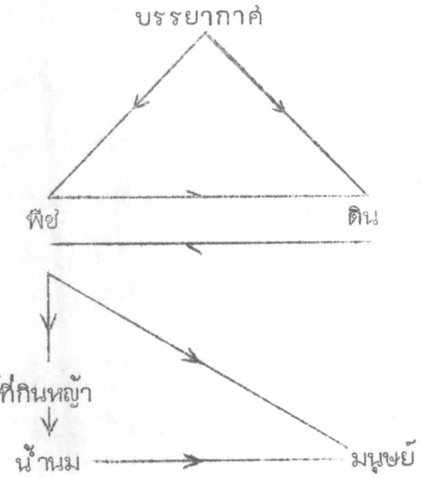
สารรังสีส่วนใหญ่ที่ปลดปล่อยออกมาจากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์จะมาจากขบวนการฟิสชัน (fission) ของยูเรเนียม-235 และพลูโทเนียม-239 ตารางที่ 1 แสดงจำนวนผลผลิตฟิสชัน (fission-product radioisotopes) ซึ่งมีทั้งหมด 189 ไอโซโทปโดยจำแนกตามครึ่งชีวิต [3] จะเห็นว่าไอโซโทปที่มีครึ่งชีวิตอยู่ในช่วง 1 เดือนถึง 100 ปี ซึ่งมีอยู่ 22 ไอโซโทปนั้น ไอโซโทปที่มีอันตรายที่สุดคือสทรอนเซียม-90 และซีเซียม-137 เนื่องจากสทรอนเซียม-90 เป็นไอโซโทปรังสีที่มีครึ่งชีวิตค่อนข้างยาวคือ 28.82 ปี [4] และมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายธาตุแคลเซียม ถ้าเข้าสู่ร่างกายจะสามารถเข้าแทนที่ธาตุแคลเซียมในกระดูก ยังผลทำให้เกิดการสะสมในกระดูก อาจทำให้เกิดเนื้องอกในกระดูก (bone sarcoma) ได้ สำหรับซีเซียม-137 นั้น เนื่องจากมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายธาตุโพแทสเซียม จึงสามารถสะสมในเนื้อเยื่ออ่อน (soft tissue) โดยเฉพาะในกล้ามเนื้อได้

ตารางที่ 1.1 แสดงจำนวนผลผลิตฟิสชันโดยจำแนกตามครึ่งชีวิต (3)

ครึ่งชีวิต	จำนวนไอโซโทป
น้อยกว่า 1 วัน	131
> 1 วัน < 10 วัน	17
> 10 วัน < 30 วัน	9
> 30 วัน < 1 ปี	12
> 1 ปี < 10 ปี	7
> 10 ปี < 100 ปี	3
> 10^2 ปี < 10^4 ปี	0
> 10^4 ปี	10
รวมทั้งหมด	189

สทรอนเซียม-90 เมื่อตกลงมายังพื้นโลกจะกระจัดกระจายอยู่บนใบหรือส่วนต่าง ๆ ของลำต้น และบนดิน แล้วมีการแลกเปลี่ยนกันคือสทรอนเซียม-90 ที่ตกลงบนต้นพืชจะถูกน้ำฝนชะลงไปในดิน หรือพืชอาจจะดูดจับ (uptake) สทรอนเซียม-90 จากดินโดยรากแล้วส่งไปยังลำต้นและใบ มนุษย์อาจจะได้รับสทรอนเซียม-90 โดยตรงจากการรับประทานพืชนั้นเข้าไปในลักษณะของห่วงโซ่อาหาร (food chain) หรืออีกทางหนึ่งคือวัวกินหญ้าที่เปรอะเปื้อนสทรอนเซียม-90 เข้าไป แล้วสทรอนเซียม-90 จะผ่านทางสายเลือด (blood stream) เข้าไปในต่อมน้ำนม (mammary gland) สทรอนเซียม-90 จะเข้าไปอยู่ในนม สำหรับทางผ่านของสทรอนเซียม-90 เข้าสู่พืชมายังมนุษย์ แสดงไว้ในรูปที่ 1.1 (5) นอกจากห่วงโซ่อาหารดังแสดงในรูปที่ 1.1 แล้ว สทรอนเซียม-90 สามารถผ่านมาทางน้ำดื่มหรือทางปลาที่

ใช้เป็นอาหาร (edible fish) มาสู่มนุษย์ได้อีกทางหนึ่งด้วย



รูปที่ 1.1 แสดงทางผ่านของสทรอนเซียม-90 เข้าสู่พืชมายังมนุษย์ [5]

การแปรอะเบื้อนของสารกัมมันตรังสีในสิ่งแวดล้อมนอกจากจะเกิดจากฝุ่นกัมมันตรังสีแล้ว ยังอาจเกิดขึ้นได้จากของเสียกัมมันตรังสีที่ปลดปล่อยลงสู่ท้องน้ำ ภายหลังจากผ่านโรงงานขจัดกากกัมมันตรังสี หรือจากอุบัติเหตุ หรือการจงใจจากผู้ใช้สารกัมมันตรังสีแล้วปลดปล่อยของเสียกัมมันตรังสีลงสู่สิ่งแวดล้อมโดยมิได้ผ่านกรรมวิธีจัดสารรังสีออกเสียก่อน โดยที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พปส.) เป็นสถานที่แห่งเดียวในประเทศที่มีโรงงานขจัดกากกัมมันตรังสี และให้บริการการขจัดกากกัมมันตรังสีแก่ผู้ใช้สารไอโซโทปรังสีทั่วประเทศ เนื่องจากการขจัดกากกัมมันตรังสีในทางปฏิบัติไม่อาจกระทำได้อย่างสมบูรณ์ แต่ชนิดของสารรังสีและความแรงรังสีที่ตกค้างอยู่จะต้องมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่อนุญาตไว้โดยคณะกรรมาธิการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ (International Commission of Radiological Protection: ICRP)

ในปัจจุบันแนวโน้มของการใช้สารกัมมันตรังสีมีมากขึ้นทั้งชนิดของสารกัมมันตรังสีและความแรงรังสี ยังผลทำให้เกิดกากกัมมันตรังสีเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว ประกอบทั้งสำนักงาน พปส. มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและปฏิบัติงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานปรมาณู

ในทางสันติอย่างกว้างขวาง ซึ่งสมควรอย่างยิ่งที่จะศึกษาถึงทางผ่านของสทรอนเชียม-90 ในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณรอบสำนักงาน พปส. ทั้งนี้เพื่อประกันความปลอดภัยและให้ความมั่นใจแก่ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณโดยรอบด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสทรอนเชียม-90 และปริมาณแคลเซียมในสารตัวอย่างหลายประเภท อาทิเช่น น้ำ อาหาร พืช/ผัก ปลา/หอย ดิน/โคลน เป็นต้น ที่เก็บจากบริเวณโดยรอบสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

1.2.2 เพื่อศึกษาทางผ่านของสทรอนเชียม-90 ในสารตัวอย่างดังกล่าว

1.2.3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบการเปรอะเปื้อนทางรังสีในสิ่งแวดล้อมถ้ามีการรั่วของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูในอนาคต

1.2.4 เพื่อประเมินค่าระดับมูลฐานของสทรอนเชียม-90 ในน้ำ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 วัดความแรงรังสีรวมเบตา (gross beta activity) และวิเคราะห์ปริมาณสทรอนเชียม-90 ในตัวอย่างน้ำ จำนวนไม่น้อยกว่า 180 ตัวอย่างซึ่งเก็บจากสถานีต่าง ๆ 15 สถานีในรัศมี 10 กิโลเมตรโดยรอบสำนักงานฯ เป็นประจำทุกเดือน ๆ ละครั้งตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2523 จนถึงเดือนกรกฎาคม 2524

1.3.2 วัดความแรงรังสีรวมเบตา วิเคราะห์ปริมาณสทรอนเชียม-90 และปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างอื่น ๆ จากสิ่งแวดล้อมจำนวนไม่น้อยกว่า 180 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บจากสถานีที่เก็บตัวอย่างน้ำเท่าที่สามารถจะเก็บได้

1.3.3 วิเคราะห์ปริมาณสทรอนเชียม-90 ในดิน ของสถานีที่ 1, 2 และบริเวณคลองบางเขนด้านที่ติดกับบ้านพักของสำนักงานฯ

1.4 <u>วิธีดำเนินการวิจัย</u>

1.4.1 การเตรียมงานขั้นต้น ประกอบด้วย

1.4.1.1 การค้นคว้าเอกสารประกอบการวิจัย

1.4.1.2 การเตรียมอุปกรณ์เครื่องแก้วและสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย

1.4.2 การจัดหาและเตรียมตัวอย่าง (sample collection and preparation)

สำหรับน้ำนำมากรองและระเหยเพื่อทำให้เข้มข้น

สำหรับตัวอย่างอื่น ๆ นำส่วนที่รับประทานได้มาล้าง ชั่งน้ำหนักสด ทำให้แห้งและนำไปเผาจนเป็นเถ้า แล้วเก็บไว้เพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป

1.4.3 การวิเคราะห์

1.4.3.1 สำหรับน้ำ วิเคราะห์ปริมาณสทรอนเชียม-90 โดยวิธีสกัดด้วยไตรบิวทิลฟอสเฟต (tri-butyl phosphate extraction) เพื่อแยกสทรอนเชียม-90 ออกให้บริสุทธิ์ แล้วนำไปตกตะกอนในรูปของอิตเทรียมอ็อกซาเลต (Yttrium oxalate) ในขั้นสุดท้าย แล้วจึงนำไปวัดรังสีเบตา

1.4.3.2 สำหรับตัวอย่างอื่น ๆ นำมาย่อยสลาย (digest) ก่อนแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ปริมาณสทรอนเชียม-90 เช่นเดียวตัวอย่างน้ำ ตัวอย่างที่ย่อยละลาย

แล้วส่วนหนึ่งจะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมโดยวิธีตกตะกอนในรูปของแคลเซียมอ๊อกซาเลตโมโนไฮเดรท (calcium oxalate monohydrate)

1.4.4 คำนวณและรวบรวมข้อมูลที่ได้ทั้งหมด

1.4.5 สรุปผลการวิจัยและเขียนรายงาน

1.5 <u>ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้</u>

1.5.1 ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปเป็นประโยชน์ในการประเมินปริมาณรังสีที่ร่างกายจะได้รับ

1.5.2 ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อประเมินค่าระดับมูลฐานของสทรอนเซียม-90 ในน้ำและตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ

1.5.3 เป็นการสำรวจการเปรอะเปื้อนรังสีในสิ่งแวดล้อมโดยรอบสำนักงานฯ และใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการปรับปรุงวิธีการขจัดกากกัมมันตรังสีให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

1.6 <u>การสำรวจงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องที่ได้กระทำมาแล้ว</u>

1.6.1 <u>การสำรวจการกระจัดกระจายของสทรอนเซียม-90 บนพื้นโลก</u>

ที่ Environmental Measurements Laboratory (EML) รัฐนิวยอร์ค สหรัฐอเมริกา ได้รายงานผลการสำรวจการกระจัดกระจายของสทรอนเซียม-90 บนพื้นโลกตลอดปี ค.ศ. 1980 ไว้ว่า มีค่าทั้งหมดเท่ากับ 41 กิโลคูรี โดยกระจายอยู่ส่วนซีกโลกเหนือ 30 กิโลคูรี และส่วนซีกโลกใต้ 11 กิโลคูรี [6] ถึงแม้ว่าประเทศจีนได้ทำการทดลองระเบิดนิวเคลียร์เมื่อวันที่ 16 ตุลาคม ค.ศ. 1980 แต่ไม่มีผลทำให้ค่าปริมาณสทรอนเซียม-90 สูงขึ้นในปีดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ปริมาณสทรอนเซียม-90 ในปี ค.ศ. 1981

คาดว่าจะสูงขึ้นกว่าปี ค.ศ. 1980

1.6.2 การศึกษาทางผ่านของสทรอนเซียม-90 ในสิ่งแวดล้อม

Magno ได้ศึกษาถึงทางผ่านของสทรอนเซียม-90 และซีเซียม-137 ในสิ่งแวดล้อมโดยรอบโรงงานคืนสภาพเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (Nuclear Fuel Reprocessing Plant) ตั้งอยู่ทางตะวันตกของรัฐนิวยอร์ค ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยศึกษาถึงปริมาณของสทรอนเซียม-90 และซีเซียม-137 ในปลาและเนื้อกวาง ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1.2 และ 1.3 [7]

ตารางที่ 1.2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสทรอนเซียม-90 และซีเซียม-137 ในปลา

ชนิดของปลา	ปริมาณสทรอนเซียม-90 ไมโครคูรี/กิโลกรัม	ปริมาณซีเซียม-137 ไมโครคูรี/กิโลกรัม
Trout	6.5×10^{-5}	1.05×10^{-3}
Sucker	3.6×10^{-4}	1.14×10^{-3}

ตารางที่ 1.3 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสทรอนเซียม-90 และซีเซียม-137 ในเนื้อกวาง

สถานีที่เก็บ	ปริมาณสทรอนเซียม-90 ไมโครคูรี/กิโลกรัม	ปริมาณซีเซียม-137 ไมโครคูรี/กิโลกรัม
บริเวณที่ตั้งโรงงานเนื้อที่ 13 ตารางกิโลเมตร	6.0×10^{-6}	1.2×10^{-3}
นอกบริเวณโรงงานภายในรัศมี 16 กิโลเมตร	1.0×10^{-5}	2.8×10^{-4}
เมืองนิวยอร์ค	$<2.0\times10^{-6}$	8.8×10^{-5}

นอกจากนี้ Magno ยังได้วิเคราะห์ความเข้มข้นของสทรอนเซียม-90 และซีเซียม-137 ในลำธาร Cattaraugus ซึ่งเป็นทางผ่านของน้ำทิ้งจากโรงงานคืนสภาพเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1967-1970 ด้วย โดยประมาณว่าปริมาณของสทรอนเซียม-90 และซีเซียม-137 ที่ปลดปล่อยออกมามีค่าเท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 1.4 จะเห็นว่าส่วนใหญ่แล้วสทรอนเซียม-90 จะละลายอยู่ในส่วนของน้ำ แล้วไหลผ่านลำธารนี้โดยการเคลื่อนที่ไปกับน้ำ ส่วนซีเซียม-137 จะรวมอยู่กับสารแขวนลอย (suspended solid) ในน้ำ ดังนั้นจึงไหลผ่านลำธารนี้โดยการเคลื่อนที่ของดินตะกอน (sediment)

ตารางที่ 1.4 ค่าความเข้มข้นของสทรอนเซียม-90 และซีเซียม-137 ในลำธาร Cattaraugus ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1967-1970

ค.ศ.	ปริมาณที่ปล่อยทิ้ง (คูรี)	น้ำ (พิโคคูรีต่อลิตร)		ดินตะกอน (พิโคคูรีต่อกรัม)	
		สทรอนเซียม-90	ซีเซียม-137	สทรอนเซียม-90	ซีเซียม-137
1967	4	24	< 20	2	37
1968	5	25	20	1	12
1969	10	47	< 20	10	35
1970	14	69	25	2	38

Dr. Yung Ho Kang ได้รายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณสทรอนเซียม-90 ที่เปรอะเปื้อนในตัวอย่างอาหารต่าง ๆ ซึ่งมีทั้ง wild edible vegetable, cultivate vegetable และ manufactured food จากตำบล Youngnam Honam และ central district ประเทศเกาหลี ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 1974 ถึงมิถุนายน 1975 พบว่า ปริมาณสทรอนเซียม-90 ที่พบใน wild edible vegetable สูงกว่า manufactured food และ cultivated vegetable ประมาณ 3 เท่า โดยมีค่าเฉลี่ยของสทรอนเซียม-90 ใน

แต่ละส่วนที่กินได้ดังนี้คือ ใบ ราก และผล มีค่าเท่ากับ 294.6 328.6 และ 103.5 พิโคคูรีสทรอนเซียม-90 ต่อกรัมแคลเซียม [8] ตามลำดับ

Yatim ได้ตรวจหาระดับปริมาณสทรอนเซียม-90 และซีเซียม-137 ในตัวอย่างนมสดของประเทศอินโดนีเซีย พบว่าค่าสทรอนเซียม-90 ซีเซียม-137 และแคลเซียม อยู่ในช่วง 22-30 30-44 พิโคคูรีต่อลิตร และ 1.15-1.30 กรัมต่อลิตร [9] ตามลำดับ

ในปี ค.ศ. 1980 Klusek แห่ง EML ได้ประมาณค่าสทรอนเซียม-90 ในอาหารหลาย ๆ อย่างของเมืองนิวยอร์คและซานฟรานซิสโก ซึ่งเก็บตัวอย่างทุก ๆ 3 เดือน พบว่าปริมาณสทรอนเซียม-90 ในอาหารของเมืองซานฟรานซิสโกมีค่าต่ำกว่าของเมืองนิวยอร์ค ซึ่งมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 2.5 และ 6.0 พิโคคูรีต่อวัน [10] ตามลำดับ

1.6.3 <u>การศึกษาการดูดจับสทรอนเซียม-90 ของต้นพืช</u>

Szabo' ได้ศึกษาการดูดจับสทรอนเซียมและซีเซียมของต้นข้าวโพด ข้าวสาลี และต้นถั่วจากดิน จากต้นที่มีอายุ 6 สัปดาห์ พบว่าสทรอนเซียม-90 ส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วนของลำต้น (stem) ถึงร้อยละ 80 [11] ส่วนซีเซียม-137 จะอยู่ในส่วนของรากมากกว่าในลำต้น ไอโซโทปทั้งสองชนิดนี้รวมทั้งธาตุสทรอนเซียมและซีเซียมจะพบมากในถั่ว

นอกจากนี้ Roushdy และคณะ ได้ศึกษาเปรียบเทียบถึงการดูดจับสทรอนเซียม-90 โดยต้นแตงกวา และ moloukhia plants ซึ่งปลูกภายในเรือนกระจก ต้นแตงกวามีใบกว้างและมีขน รากสั้น และเป็นพวกที่ไม่ชอบแคลเซียม (non-calcium-loving) ขณะที่ต้น moloukhia มีใบเล็กและลื่น รากเป็นรากแก้ว และยังเป็นพวกที่ชอบแคลเซียม (calcium-loving) ด้วย การเติมสทรอนเซียม-90 จะกระทำภายหลังจากที่ปลูกต้นเหล่านี้ไว้ 30 วัน การเก็บตัวอย่างกระทำภายหลังจากที่เติมสทรอนเซียม-90 ไปแล้ว 1 2 4 7 11 17 22 และ 27 วันตามลำดับ ผลที่ได้จะแตกต่างกันระหว่างต้นสองชนิดนี้คือ ถ้าให้สทรอนเซียม-90 โดยตรงแก่ดิน ต้น moloukhia จะดูดจับสทรอนเซียม-90 ได้มากกว่า

แต่ถ้าให้สทรอนเชียม-90 ที่ใบ ต้นแตงกวาจะคงมีสทรอนเชียม-90 สูงกว่า เนื่องจากมีใบกว้างและมีขน แต่โดยทั่วไปแล้วพืชทั้งสองชนิดจะดูดจับสทรอนเชียม-90 ได้ดีที่ใบมากกว่าดูดจากดิน [12] จากการถ่ายรูปทาง Autoradiography ยืนยันว่าการส่งผ่าน (translocation) ของสทรอนเชียม-90 ในต้นที่เปรอะเปื้อนจะผ่าน metabolic paths และกัมมันตภาพรังสี (radioactivity) ทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นโดยการกระจัดกระจายของปริมาณสารรังสีในพืชจะเป็นดังนี้

ใบ >> ลำต้นส่วนล่าง > ลำต้นส่วนบน > ผล > ราก