

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดถั่วเหลือง โดยเทคนิคเชิงนิวเคลียร์

Determination of Total Nitrogen in Soybean Using Nuclear Technique

นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ¹ อารีรัตน์ คอนดวงแก้ว² วราวุธ ขจรฤทธิ์²
และชุตินา กรานรอด

Nualchavee Roongtanakiat, Areerat Kornduangkaeo, Varavuth Kajornrith
and Chutima Kranrod

ABSTRACT

Chiang Mai 60, SJ 5, and Doi Kham soybean varieties were grown in pots and fertilized with 0, 20, 40 kg N/ha. It was found that these 3 soybean varieties gave higher seed yield with increasing of N fertilizer. The harvested seeds then were analyzed for nitrogen content using nuclear technique (neutron activation) and standard chemical analysis.

For neutron activation analysis, seeds were irradiated with fast neutron at the flux of 2.5×10^{11} n.cm⁻².s⁻¹ from Thai Research Reactor, TRIGA Mark 3 type, at the Office of Atomic Energy for Peace. The emitted gamma rays of 0.511 MeV from ¹³N of nuclear reaction ¹⁴N(n,2n)¹³N caused by the annihilation of positron disintegrated were measured by the semiconductor detector (HPGe). Ammonium nitrate was used as standard and the interfering activities induced by phosphorus and potassium and from recoil proton were also corrected.

From qualitative analysis using neutron activation, N, P, K, Mn, Mg, Ar, and Al were found in the soybean seed. The average nitrogen contents in soybean are 7.024% and 6.809% as determined by nuclear technique and by chemical method, respectively. The results from these two methods of analysis were considerably comparable.

Key words : neutron activation, nuclear technique, soybean, nitrogen

¹ ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Applied Radiation and Isotopes, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

² กองฟิสิกส์ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ 10900

Physics Division, Office of Atomic Energy for Peace, Ministry of Science, Technology and Environment, Bangkok 10900, Thailand.

บทคัดย่อ

จากการทดลองในกระถาง โดยปลูกถั่วเหลือง พันธุ์เขียวใหม่ 60, สจ. 5, และดอยคำ และให้ปุ๋ย ไนโตรเจนอัตรา 0, 20, 40 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อ เฮกตาร์ พบว่า ถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์ให้ผลผลิตเมล็ด เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น หลังเก็บเกี่ยว ได้วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดถั่วเหลืองโดย เทคนิคทางนิวเคลียร์ คือ นิวตรอนแอคติเวชัน และ วิธีทางเคมี

วิธีนิวตรอนแอคติเวชัน นำเมล็ดถั่วเหลืองอาบ รังสีฟอสฟอรัสนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยแบบ TRIGA Mark 3 ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อ สันติ ซึ่งให้ฟอสฟอรัสนิวตรอนที่มีค่าพลังเท่ากับ 2.5×10^{11} นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที แล้ววัด รังสีแกมมาพลังงาน 0.511 MeV ที่เกิดจากกระบวนการ แอนนิฮิเลชันของโพซิตรอนจาก ^{13}N ซึ่งเป็นผล ของปฏิกิริยา $^{14}\text{N}(n,2n)^{13}\text{N}$ โดยชุดหัววัดรังสีแบบเจอร์ มาเนียมบริสทาร์ทสูง (HPGe) และใช้แอมโมเนียมไนเตรทเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ พร้อมทั้งปรับแก้ ความคลาดเคลื่อนอันเกิดขึ้นจากการรบกวนของ ไอโซโทปกำมะถันตรังสีโพแทสเซียม และฟอสฟอรัส และจากการกระดอนกลับของโปรตอน

จากผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยนิวตรอนแอคติเวชันพบธาตุที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดถั่วเหลืองคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมงกานีส แมกนีเซียม อาร์กอน และอะลูมิเนียม เมล็ดถั่วเหลือง มีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 7.024 และ 6.809 เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน และวิธีเคมี ตามลำดับ และทั้งสองวิธีให้ผลใกล้เคียงกัน

คำนำ

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการใน

ปริมาณมาก (macro nutrient) เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ กรดอะมิโนซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างโปรตีน ดังนั้น การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนซึ่งโดยทั่วไป ในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืชใช้วิธี Kjeldahl ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ทางเคมีที่ใช้เวลาก่อนข้างมาก โดยการย่อยสลายเปลี่ยนไนโตรเจนในตัวอย่างให้อยู่ในรูปแอมโมเนียม แล้วทำการกลั่นให้แอมโมเนียม เปลี่ยนเป็นแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งจะเก็บไว้ในรูปของ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นทำการไทเทรตด้วย กรดกำมะถันเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

ปัจจุบัน เทคนิคทางนิวเคลียร์ได้ถูกนำมาใช้ ในการศึกษาวิจัยในสาขาต่าง ๆ มากมาย ในการ วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนก็อาจจะใช้วิธี particle induced X-ray emission (PIXE), photoelectron spectroscopy (ESCA), neutron magnetic resonance (NMR) หรือนิวตรอนแอคติเวชัน (neutron activation) ซึ่งเป็นเทคนิคทางนิวเคลียร์ที่สามารถปฏิบัติได้ รวดเร็วและให้ผลถูกต้อง ดำเนินการได้โดยการให้ นิวตรอนที่มีพลังงานสูง หรือฟอสฟอรัสนิวตรอน (fast neutron) จากแหล่งกำเนิดนิวตรอน (neutron generator) ในรายงานของ Wood, 1972; Ridwan and Smith, 1976 หรือจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เข้าทำปฏิกิริยา นิวเคลียร์กับไนโตรเจนในตัวอย่าง ฟอสฟอรัสนิวตรอนจะ เปลี่ยน ^{14}N ให้เป็น ^{13}N ซึ่งเป็นไอโซโทปกำมะถัน-ตรังสีที่สลายตัวให้อนุภาคโพซิตรอนด้วยค่าครึ่งชีวิต 9.97 นาที เรียกว่าเกิดปฏิกิริยา $^{14}\text{N}(n,2n)^{13}\text{N}$ จากนั้นทำการ วัดรังสีแกมมาที่มีพลังงาน 0.511 MeV ที่เกิดขึ้นจาก กระบวนการแอนนิฮิเลชัน (annihilation) ของอนุภาค โพซิตรอน (Niemann, 1980) ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ วิเคราะห์ได้รวดเร็ว ให้ผลถูกต้อง และไม่ต้องทำลาย ตัวอย่าง สามารถนำเมล็ดพืชที่ผ่านการวิเคราะห์ แล้วไปศึกษารายละเอียดอื่น ๆ ได้ หรืออาจนำไป

ปลูกขยายพันธุ์ต่อไปได้ (Kosta *et al.*, 1969)

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์ ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่วซึ่งให้เมล็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อีกทั้งยังเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยใช้เทคนิคนิวตรอนแอคติเวชัน เพื่อพัฒนาเทคนิคนี้ให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืช พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลกับการวิเคราะห์ทางเคมี

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกถั่วเหลือง

ทำการทดลองในกระถางโดยใช้แผนการทดลองแบบ 3×3 factorial experiment in CRD มี 3 ซ้ำ โดยปลูกถั่วเหลือง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่ 60, สจ. 5, และคอยคำ กระถางละ 2 ต้น แต่ละกระถางใส่ดินหนัก 8 กิโลกรัม ให้น้ำไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 0, 0.41, 0.82 กรัมต่อกระถาง เทียบเท่า 0, 20, 40 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ หรือ 0, 0.087,

0.174 กรัมไนโตรเจนต่อกระถาง ดูแลให้น้ำสม่ำเสมอ เก็บเกี่ยวเมล็ดถั่วเหลืองเมื่ออายุ 90 วัน ซึ่งน้ำหนักเมล็ดที่ได้จากแต่ละกระถาง เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ แล้วนำเมล็ดไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพเพื่อต้องการทราบธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดถั่วเหลือง ได้นำเมล็ดถั่วเหลืองไปอบรังสีฟอสฟอรัสนิวตรอนที่ท่อ CA-3 ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1 ปรับปรุงครั้งที่ 1 (ปปว.-1/1) ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ซึ่งมีความเข้มของนิวตรอนเท่ากับ 2.5×10^{11} นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที นาน 10 นาที แล้วนำมาวัดรังสีทันที ตรวจวัดสเปกตรัมรังสีแกมมาด้วยหัววัดเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ที่ต่อกับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (multichannel analyzer) และคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เก็บข้อมูลและวิเคราะห์สัญญาณ (Figure 1) โดยทำการวัดนาน 5

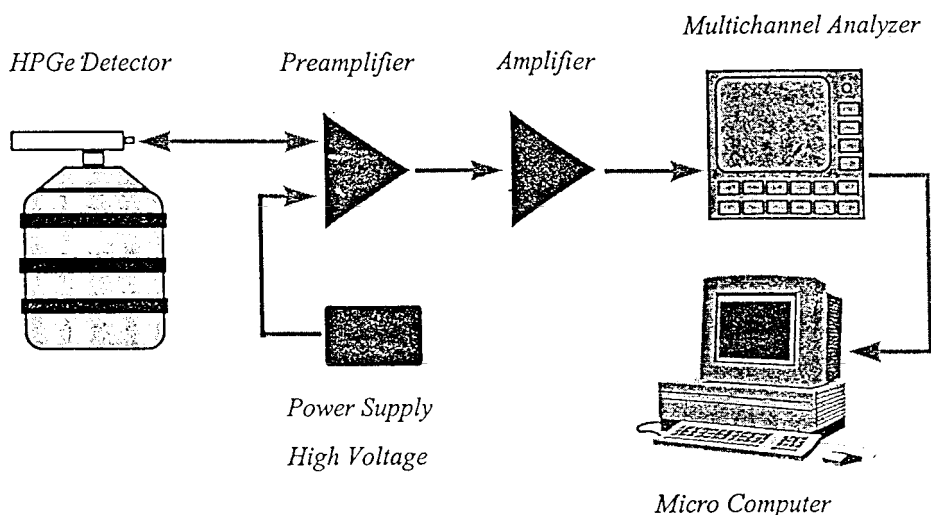


Figure 1 Gamma spectrometer for neutron activation analysis.

นาที่ จากสเปกตรัมพิจารณาค่าแห่งสูงสุดของแต่ละพีค (peak) บันทึกค่าพลังงานรังสีแกมมา เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าพลังงานของไอโซโทปกัมมันตรังสีเพื่อวิเคราะห์ว่าเป็นพีคที่เกิดจากการสลายตัวของธาตุใด

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่อต้องการทราบปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง ได้นำเมล็ดถั่วเหลืองและแอมโมเนียมไนเตรท (NH_4NO_3) ซึ่งใช้เป็นสารมาตรฐาน เข้าอบรังสีนาน 10 นาที่ และปล่อยทิ้งไว้ 10 นาที่เพื่อให้ไอโซโทปกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตสั้น ๆ สลายตัวไปบ้าง เช่น ^{30}P จากปฏิกิริยา $^{31}\text{P}(n, 2n)^{30}\text{P}$ แล้วนำตัวอย่างไปวัดรังสีนาน 5 นาที่ จำนวนพื้นที่ใต้พีคที่พลังงาน 0.511 MeV ตามวิธีของโคเวลล์ (Covell's formular of total peak area) ปรับแก้ค่าเนื่องจากการรบกวนของ ^{38}K จากปฏิกิริยา $^{39}\text{K}(n, 2n)^{38}\text{K}$ และโปรตอนกระดอนกลับ (recoil proton) จากถั่วเหลืองและไวอัล (vial) ซึ่งใช้บรรจุตัวอย่างเข้าอบรังสี จำนวนปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดถั่วเหลืองโดยเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคสุทธิที่พลังงาน 0.511 MeV จากเมล็ดถั่วเหลืองและจากสารมาตรฐาน (NH_4NO_3) ดังนี้

$$\frac{\text{ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดถั่วเหลือง}}{\text{ปริมาณไนโตรเจนในสารมาตรฐาน}} = \frac{\text{พื้นที่สุทธิที่พลังงาน 0.511 MeV จากเมล็ดถั่วเหลือง}}{\text{พื้นที่สุทธิที่พลังงาน 0.511 MeV จากสารมาตรฐาน}}$$

การวิเคราะห์ทางเคมี

นำตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 27 ตัวอย่าง ไปวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อวัดปริมาณไนโตรเจน โดยวิธี Kjeldahl นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน

นำปริมาณไนโตรเจนของเมล็ดถั่วเหลืองจากการวิเคราะห์ทางนิวเคลียร์และทางเคมีไปใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ถั่วเหลืองดูดขึ้นไปไว้ในเมล็ด โดยคูณกับน้ำหนักเมล็ดที่เก็บเกี่ยวได้ แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพร้อมกับเปรียบเทียบ

ความแตกต่างของแต่ละตำรับทดลองโดยใช้ Duncan multiple range test

ผลและวิจารณ์

ผลผลิตถั่วเหลือง

ผลผลิตถั่วเหลืองซึ่งวัดจากน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง 3 พันธุ์ แสดงให้เห็นว่า โดยทั่วไปถั่วเหลืองตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน โดยให้ผลผลิตรวมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน (Figure 2)

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดถั่วเหลือง

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เมื่อนำเมล็ดถั่วเหลืองที่อบรังสีนิวตรอนแล้วไปวัดรังสีด้วยหัววัด HPGe ได้ผลการวิเคราะห์สัญญาณรังสีแกมมาดังสเปกตรัมใน Figure 3 จากค่าพลังงานของแต่ละพีคในสเปกตรัมเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานของไอโซโทปกัมมันตรังสีจากคู่มือรังสีแกมมาแล้วพบว่า เป็นรังสีแกมมาที่ปลดปล่อยจาก ^{13}N , ^{38}Cl , ^{28}Al , ^{27}Mg , ^{56}Mn , ^{41}Ar , ^{42}K และ ^{38}K โดยมีพลังงานต่าง ๆ ดังราย

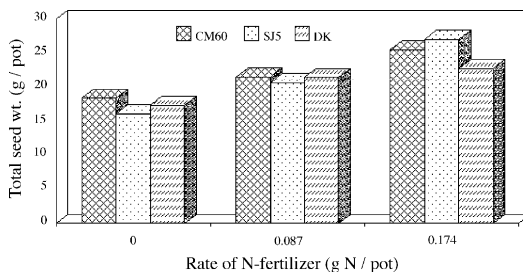


Figure 2 Seed weights of Chiang Mai 60 (CM 60), SJ 5, and Doi Kham (DK) soybean varieties fertilized with N-fertilizer at 0, 0.087, 0.174 g/pot.

ละเอียดใน Table 1 ที่ตำแหน่งพลังงาน 0.511 MeV ได้ติดตามการสลายตัวและวัดค่าครึ่งชีวิตพบว่ามีความถี่ 9.4 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับครึ่งชีวิตของ ^{13}N แสดงว่า รังสีแกมมาพลังงาน 0.511 MeV ที่ตรวจวัดได้นี้มาจากกระบวนการแอนนิลเลชันของอนุภาคโพซิตรอนจาก ^{13}N

การวิเคราะห์เชิงปริมาณเมื่อคำนวณพื้นที่ใต้พีค

ของรังสีแกมมาพลังงาน 0.511 MeV จากตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 27 ตัวอย่าง ที่ผ่านการอบรังสีฟอสฟอรัสนิวตรอน และได้แก้ไขการรบกวนเนื่องจากรังสีแกมมาพลังงาน 0.511 MeV ที่เกิดขึ้นจาก ^{38}K โปรตอนกระดอนกลับ และกัมมันตรังสีอื่น ๆ เช่น ^{30}P แล้วพบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5 และคอยคำให้เปอร์เซ็นต์ในโตรเจนในเมล็ดไม่แตกต่างกัน แต่สูง

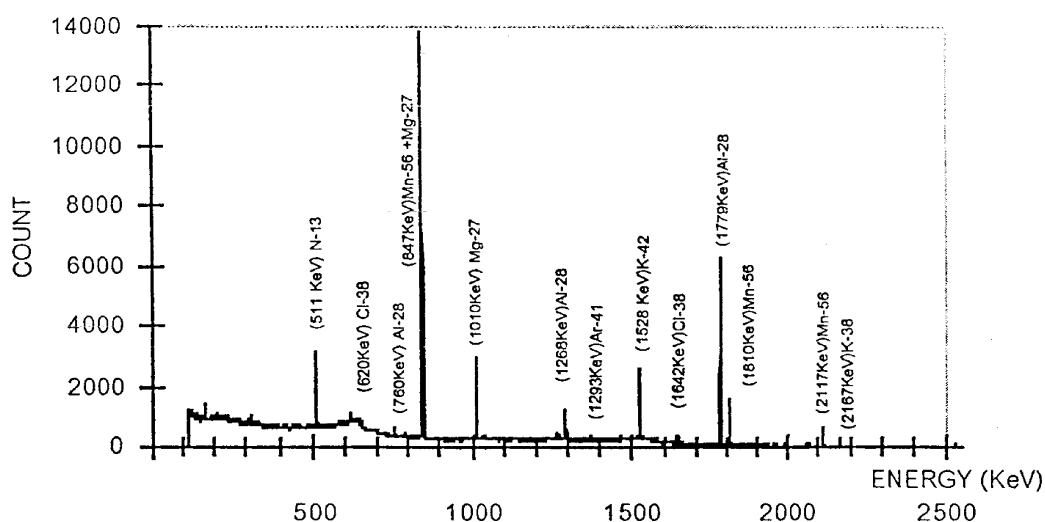


Figure 3 Gamma ray spectrum of soybean seed activated by fast neutron for 10 minutes.

Table 1 Gamma energy of the radioactive isotopes detected from soybean seed activated by fast neutron for 10 minutes.

Gamma energy (MeV)	Radioactive isotopes
0.511	^{13}N
0.620, 1.642	^{38}Cl
0.760, 1.268, 1.779	^{28}Al
0.847, 1.010	^{27}Mg
0.847, 1.810, 2.117	^{56}Mn
1.293	^{41}Ar
1.528	^{42}K
2.167	^{38}K

กว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 อย่างมีนัยสำคัญ และอัตราปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ด (Figure 4 a) สำหรับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของเมล็ดถั่วเหลือง 3 พันธุ์นั้น ไม่แตกต่างกัน แต่อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 4 b)

สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ดอยคำมีปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดสูงกว่า สจ. 5 และเชียงใหม่ 60 อย่างมีนัยสำคัญตามลำดับ และอัตราปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในเมล็ด (Figure 5 a) ตรงกันข้ามกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดที่ถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์ ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นทำให้ถั่วเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดเพิ่มขึ้น

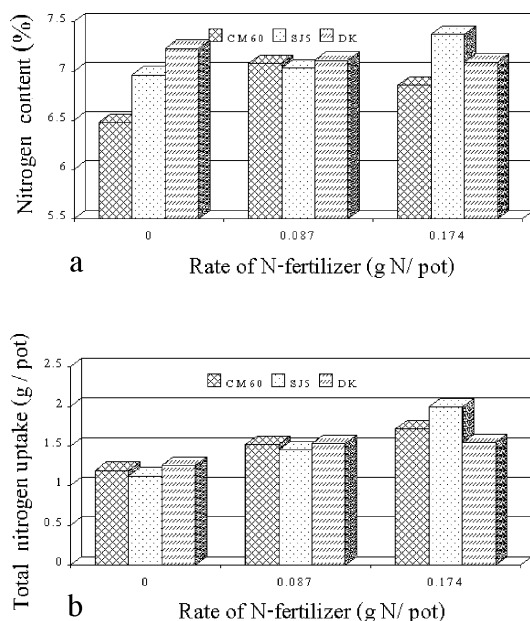


Figure 4 Nitrogen content (%) determined by neutron activation analysis (a) and total nitrogen uptake (b) in seed of 3 soybean varieties fertilized with 3 different rate of nitrogen fertilizer.

อย่างมีนัยสำคัญ (Figure 5 b)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนในแต่ละตัวอย่างจากการวิเคราะห์โดยนิวตรอนแอคทีเวชันและวิธี Kjeldahl พบว่า เมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนโดยเฉลี่ยร้อยละ 7.024 และ 6.809 ตามลำดับ และทั้งสองวิธีให้ค่าที่แตกต่างกันในช่วงร้อยละ 0.02-0.76 (Table 2)

สรุป

ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 สจ. 5 และดอยคำให้ผลผลิตเมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โดยพันธุ์ดอยคำให้ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุด และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ให้ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ด

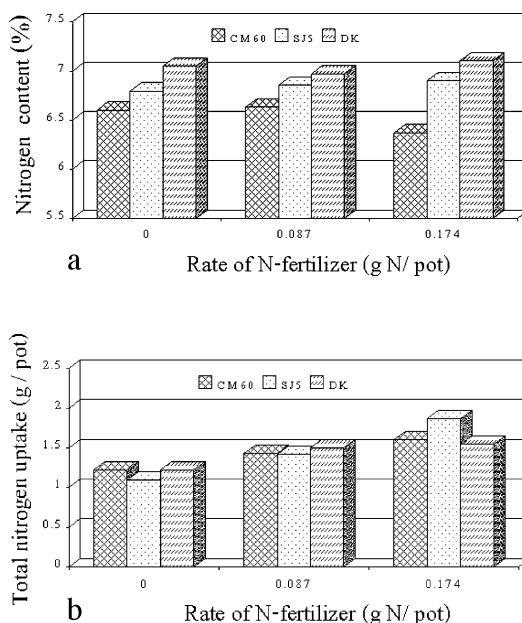


Figure 5 Nitrogen content (%) determined by Kjeldahl method (a) and total nitrogen uptake (b) in seed of 3 soybean varieties fertilized with 3 different rate of nitrogen fertilizer.

ต่ำสุด ซึ่งเมื่อคำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของ 3 พันธุ์แล้วไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของเมล็ดข้าวเหลืองโดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชันพบว่า มีธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเมล็ดข้าวเหลือง คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมงกานีส แมกนีเซียม อารกอน และอะลูมิเนียม ดังนั้น นอกจากวิธีนี้จะสามารถวัดปริมาณไนโตรเจนได้แล้ว ในเวลาเดียวกันก็อาจจะวัดปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ได้จากการอาบรังสีนิวตรอนเพียงครั้งเดียว ซึ่งวิธีทางเคมีจำเป็นต้องใช้วิธีการแตกต่างกันในการวิเคราะห์ธาตุแต่ละธาตุ

เมล็ดข้าวเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนโดยเฉลี่ยร้อยละ 7.024 จากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีนิวตรอน

แอคติเวชัน ซึ่งใกล้เคียงกับการวิธีทางเคมีที่ให้ค่าร้อยละ 6.809 เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีจากเมล็ดข้าวเหลืองจำนวน 27 ตัวอย่างพบว่ามีความแตกต่างกันอยู่ในช่วงร้อยละ 0.02-0.76

จากข้อดีของวิธีนิวตรอนแอคติเวชันก็คือไม่ต้องทำลายตัวอย่าง วิเคราะห์ได้แม่นยำในตัวอย่างจะมีปริมาณไนโตรเจนในระดับน้อยมากถึงไมโครกรัม และเป็นการวิเคราะห์ที่ให้ผลรวดเร็ว คือประมาณ 2 ชั่วโมงต่อตัวอย่าง อีกทั้งสามารถวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณของธาตุอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดข้าวเหลืองได้ในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ ยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมเนื่องจากกรดที่เหลือจากย่อยตัวอย่างตามวิธีทางเคมี จึงสมควรประยุกต์และพัฒนาเทคนิคนี้เพื่อใช้ในหน่วยงานต่าง ๆ ต่อไป

Table 2 Comparison of the nitrogen content (%) determined by nuclear technique (neutron activation analysis, NAA) and chemical method (Kjeldahl method).

Sample				Sample			
% Nitrogen				% Nitrogen			
No.	NAA	Kjeldahl	Difference	No.	NAA	Kjeldahl	Difference
1	6.78	6.42	+0.36	15	7.11	6.77	+0.34
2	6.00	6.76	-0.76	16	6.93	6.86	+0.07
3	6.65	6.62	+0.03	17	7.47	6.87	+0.60
4	7.14	6.45	+0.69	18	7.72	6.98	+0.74
5	7.18	6.80	+0.38	19	7.23	7.12	+0.11
6	6.91	6.65	+0.26	20	7.35	7.03	+0.32
7	7.05	6.36	+0.69	21	7.12	7.00	+0.12
8	7.02	6.34	+0.68	22	7.11	6.81	+0.30
9	6.50	6.41	+0.09	23	6.96	6.92	+0.04
10	6.96	6.63	+0.33	24	7.28	7.18	+0.10
11	7.01	6.73	+0.28	25	6.62	6.89	-0.27
12	6.91	7.03	-0.12	26	6.91	7.04	-0.13
13	7.01	6.79	+0.22	27	7.73	7.39	+0.34
14	6.98	7.00	-0.02	Mean	7.024	6.809	+0.215

เอกสารอ้างอิง

- Kosta, I., V. Ravnik, and J. Dumanovic. 1969. Determination of nitrogen in plant seeds by fast neutron activation analysis, pp 161-168. *In* New Approached to Breeding for Improved Plant Protein. IAEA. Vienna.
- Niemann, E.G. 1980. Nuclear techniques for the determination of protein content in plant material. Atomic Energy Review 18 (1) : 125-170.
- Ridwan, M. and S. Smith. 1976. Determination of total nitrogen in rice by 14-MeV neutron activation analysis. Atom Indonesia. 1 (1-2) : 6-17.
- Wood, D.E. 1972. Protein determination by neutron activation analysis. Isotopes and Radiation Technology 9 (3) : 351-353.

วันรับเรื่อง : 23 ก.พ. 42

วันรับตีพิมพ์ : 8 ก.ค. 42