

ไนเตรทกับคุณภาพน้ำใต้ดินในประเทศไทย

เขียนโดย: Reyes Tirado, Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, ประเทศอังกฤษ r.tirado@exeter.ac.uk

เก็บตัวอย่างภาคสนามโดย: Reyes Tirado, ญัฐวิภา อิวสกุล และ ภาสกร สันธนะพันธ์ กรีนพีซเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
แปลและเรียบเรียงโดย: ญัฐวิภา อิวสกุล

บทนำ

ปัจจุบันพบว่าประชากรกว่า 1.1 พันล้านคนทั่วโลกกำลังเผชิญกับปัญหาการเข้าถึงน้ำดื่มที่สะอาดและปลอดภัย เฉพาะในภูมิภาคเอเชียเพียงอย่างเดียว พบสถิติการเสียชีวิตของทารกสูงถึง 500,000 ราย/ปี เนื่องจากขาดแคลนน้ำดื่มที่สะอาดและในปริมาณที่เพียงพอ (UNEP, 2002) การเกษตรกรรมแบบอุตสาหกรรมที่เร่งเร้าให้มีการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่มากเกินไปจนกลายเป็นภัยคุกคามแหล่งน้ำสะอาดของโลก โดยพบว่าแหล่งน้ำบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมมีคุณภาพเสื่อมโทรมลงเนื่องจากปนเปื้อนด้วยปุ๋ยและสารเคมีเกษตร (Scanlon et al., 2007) ปุ๋ยที่เหลือจากการเกษตรถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำผิวดินทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าสาหร่ายเป็นพิษ หรือ “Algal Bloom” ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นๆ ตายเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยมากเกินไปจนกลายเป็นก่อให้เกิดการสะสมของปุ๋ยที่เหลือในดิน ท้ายสุดปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน สร้างมลพิษให้กับแหล่งน้ำดื่มที่สำคัญของประชาชน น้ำดื่มที่ปนเปื้อนปริมาณไนเตรทสูงสามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็ก (Camargo and Alonso, 2006) หากพิจารณาในช่วง 40 ปีที่ผ่านมาพบว่าทั่วโลกมีการใช้ปุ๋ยเพิ่มมากขึ้นกว่า 700% ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลง

พฤติกรรมการใช้ปุ๋ยที่มากเกินไปจนกลายเป็นปัญหานำมาสู่การปนเปื้อนของไนเตรทออกสู่สิ่งแวดล้อม ปุ๋ยที่เกษตรกรโหมใส่ในปริมาณมากมายมหาศาลนั้น พบว่าพืชไม่ได้นำไปใช้ได้ทั้งหมด กว่าครึ่งของปุ๋ยที่ใส่ลงไปกลับสูญเสียดังกล่าวไปเนื่องจากการชะล้างโดยกระแสหรือเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซไนตรัสออกไซด์และปลดปล่อยออกทางอากาศ นอกจากนี้ปริมาณการใช้ปุ๋ยเพื่อการเพาะปลูกพืชจำพวกธัญพืช เช่น ข้าว นั้นพบว่าธัญพืชใช้ปุ๋ยเพื่อการเจริญเติบโตเพียงแค่ 33% ของปุ๋ยที่ใส่ทั้งหมด ที่เหลือกว่า 67% หรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 15.9 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี ต้องสูญเสียดังกล่าวและปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่างๆ เช่น โดยการชะล้างพังทลายของหน้าดิน, การระเหยกลายเป็นไอ, การกักเซาะ, กระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนของพืช และ Soil Denitrification (Raun and Johnson, 1999)

อัตราการใช้น้ำในโตรเจนในภูมิภาคเอเชียเพิ่มสูงขึ้นถึง 17 เท่าเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำในโตรเจนในช่วง 40 ปีที่ผ่านมา (Dobermann and Cassman, 2004) สำหรับประเทศไทยพบว่าอัตราการใช้น้ำที่เฉลี่ยนั้นต่ำกว่าประเทศที่มีอัตราการพัฒนาที่สูงกว่า (ในปีพ.ศ.2548 อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยในฟิลิปปินส์ เท่ากับ 70 กิโลกรัม/เฮกเตอร์, ไทย เท่ากับ 101 กิโลกรัม/เฮกเตอร์, สหรัฐอเมริกา เท่ากับ 113 กิโลกรัม/เฮกเตอร์, จีน เท่ากับ 321 กิโลกรัม/เฮกเตอร์, เนเธอร์แลนด์ เท่ากับ 382 กิโลกรัม/เฮกเตอร์ –ที่มา FAO)

แต่อย่างไรก็ตามอัตราการใช้น้ำที่คำนวณได้อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ เช่น ลักษณะของพื้นที่, ชนิดของพืชที่ปลูก และรูปแบบของการทำการเกษตร เป็นต้น นอกจากนี้อัตราการเพิ่มขึ้นของการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในประเทศกำลังพัฒนาบางประเทศ ตัวอย่างเช่นประเทศจีน ในเขตพื้นที่ที่มีการปลูกฝักอย่างหนาแน่น พบว่ามีอัตราการใช้น้ำมากกว่า 1,000 กิโลกรัม/เฮกเตอร์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่ที่มีการปลูกพืชจำพวกดอกไม้มีอัตราการใช้น้ำสูงถึง 2,000 กิโลกรัม/เฮกเตอร์ (Zhang et al., 2004) ดังนั้นจากข้อมูลทางสถิติที่ระบุว่าประเทศฟิลิปปินส์และประเทศไทยมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่ำกว่าประเทศอื่น ๆ นั้น จึงไม่เป็นจริง เนื่องจากมีหลักฐานที่ยืนยันว่าการเพาะปลูกพืชบางชนิดมีอัตราการใช้น้ำที่สูงกว่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของประเทศ เช่น หน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งมีการเพาะปลูกมาในจังหวัดนครปฐม ประเทศไทย ซึ่งพบอัตราการใช้น้ำสูงถึง 1,000 กิโลกรัม/เฮกเตอร์ และที่น่าตกใจยิ่งกว่านั้นคือ มีเพียง 5% ของปุ๋ยที่ใส่ทั้งหมดเท่านั้นที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ที่เหลือสูญหายไปเนื่องจากการชะล้างของดิน, น้ำและอากาศ (Phupaibul et al., 2004)

กรีนพีซทำการศึกษารองพื้นเพื่อประเมินสถานการณ์ของมลพิษทางน้ำอันเนื่องมาจากภาคเกษตรกรรม โดยมุ่งประเด็นศึกษาไปที่การหาปริมาณไนเตรทปนเปื้อนในแหล่งน้ำดื่ม เช่น น้ำใต้ดิน บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อดูผลกระทบจากการใช้น้ำในภาคเกษตรกรรมต่าง ๆ ต่อคุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากประเทศฟิลิปปินส์และประเทศไทย ทั้งแหล่งน้ำใต้ดิน และน้ำผิวดิน

วิธีการศึกษาและเก็บตัวอย่าง

การศึกษาในครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 63 ตัวอย่าง ประกอบด้วย น้ำใต้ดิน 49 ตัวอย่าง และน้ำผิวดิน 14 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บจากพื้นที่เกษตรกรรมต่างๆในเขตประเทศฟิลิปปินส์ (เขตลูซอนเหนือและลูซอนกลาง) และประเทศไทย (ภาคเหนือและภาคกลาง)

พื้นที่ศึกษา: ประเทศไทย

ในประเทศไทย มุ่งเน้นไปที่การศึกษาคุณภาพน้ำอันเนื่องมาจากมลพิษจากภาคเกษตรกรรม โดยทำการศึกษาเพื่อหาปริมาณไนเตรทที่ปนเปื้อนในน้ำ พื้นที่ทำการศึกษาประกอบด้วย 3 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่, กาญจนบุรี และสุพรรณบุรี (ดังตารางที่ 1)

จังหวัดเชียงใหม่ตั้งอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงและเป็นเขตป่าต้นน้ำที่สำคัญของประเทศ เกษตรกรรมที่พบในพื้นที่มีลักษณะเป็นเกษตรกรรมพื้นที่สูง รวมถึงการปลูกข้าว และ สวนส้ม พื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่รับน้ำจากแม่น้ำลำคลองต่างๆซึ่งเกิดจากการไหลรวมตัวกันของน้ำจากหุบเขาสูง

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ¹	พิกัดทางภูมิศาสตร์	แหล่งน้ำใต้ดิน			แหล่งน้ำผิวดิน			
			บ่อลึก (เมตร) ²	n ³	pH ⁴	EC (mS) ⁴	n ³	pH ⁴	EC (mS) ⁴
เชียงใหม่	พื้นที่เกษตร (ส้ม, ข้าว และผัก)		4 - 70	10	6.62 ± 0.13	0.32 ± 0.06	5	6.26 ± 0.21	0.10 ± 0.03
กาญจนบุรี	พื้นที่เกษตร (ข้าว, อ้อย และหน่อไม้ฝรั่ง)		6 - 12	16	7.06 ± 0.07	1.16 ± 0.09	-	-	-
สุพรรณบุรี	พื้นที่เกษตร (ข้าว, อ้อย และข้าวโพด)		6 - 80	5	6.76 ± 0.06	1.06 ± 0.03	-	-	-

¹พิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักบริเวณโดยรอบพื้นที่ศึกษา

²ระดับความลึกของบ่อน้ำใต้ดินที่ทำการศึกษา

³จำนวนตัวอย่าง (1 ตัวอย่างต่อ 1 จุดศึกษา: เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำบาดาล/ น้ำผิวดินจากแม่น้ำและคลอง ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในตารางที่ 3) ตัวอย่างน้ำทั้งหมดเก็บระหว่างวันที่ 1-5 ตุลาคม 2550 และหลังจากการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดศึกษาจะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในวันเดียวกันทันที

⁴ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า±ค่าความแปรปรวน

นอกจากนี้กรีนพีซได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆอีก 2 แห่ง ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี และสุพรรณบุรี ซึ่งอยู่ในเขตภาคกลางของประเทศไทย ซึ่งถือเป็นเขตเกษตรกรรมที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากภูมิประเทศเอื้ออำนวย กล่าวคือเป็นที่ราบต่ำเหมาะกับการเพาะปลูกข้าว ส่วนในเขตพื้นที่ที่อยู่สูงกว่าจะพบการเกษตรกรรมอื่นๆ ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นข้าวโพด, ข้าวฟ่าง, ถั่วเหลือง, ฝ้าย, มันสำปะหลัง, อ้อย รวมถึงพืชผักสวนครัวต่างๆ เป็นต้น

เริ่มต้นยุคของการปฏิวัติเขียว (ปีพ.ศ.2503) เกษตรกรรมในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยเริ่มมีการแข่งขันกันสูงขึ้น เมื่อเกษตรกรไทยหันเหวิธีการทำการเกษตรแบบดั้งเดิมไปเป็นการเกษตรที่ต้องเร่งการเพิ่มผลผลิต ดังจะเห็นได้จาก มีการจัดระบบชลประทาน และการใช้สารเคมีเกษตรและปุ๋ยเป็นจำนวนมากอย่างไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน จนกระทั่งช่วงปลายปี 2513 เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างการเกษตรกรรมของประเทศครั้งใหญ่ โฉมหน้าของเกษตรกรรมไทยเปลี่ยนไป และก้าวเข้าสู่เกษตรกรรมเชิงอุตสาหกรรมอย่างเต็มตัว เกษตรกรเร่งผลิตสินค้าเกษตรเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จนกระทั่งเกิดระบบการผูกขาดทางการค้า กล่าวคือ เกษตรกรถูกจับเซ็นสัญญากับบริษัทผู้ผลิตอาหาร เพื่อให้มีการป้อนสินค้าเกษตรที่มีคุณสมบัติและคุณภาพเฉพาะตามที่บริษัทนั้นๆ ต้องการเท่านั้น ในช่วงแรกบริษัทเหล่านี้ยื่นมือเข้ามาช่วยเหลือเกษตรกรด้านต่างๆ เช่น การให้ข้อมูลทางเทคนิคเพื่อการเพาะปลูก รวมถึงการให้เงินกู้เพื่อการทำการเกษตร และเมื่อถึงฤดูเก็บเกี่ยวเกษตรกรไม่สามารถขายผลผลิตให้กับบุคคลอื่นได้นอกจากบริษัทที่ได้ตกลงทำสัญญากันไว้เท่านั้น ซึ่งเป็นรูปแบบของการผูกค้ำสินค้าเกษตรอย่างชัดเจน (UNESCAP, 2002) ระบบดังกล่าว ถูกเรียกว่า “เกษตรกรรมแบบสัญญาผูกขาด” หรือ “contract farming” และได้ถือปณิธานครอบงำเกษตรกรไทย โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมในภาคกลางของประเทศไทย ซึ่งในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เราก็ได้พบรูปแบบการเกษตรกรรมแบบว่าจ้างในจังหวัดกาญจนบุรีด้วยเช่นกัน โดยพบว่าบริษัทญี่ปุ่นได้ว่าจ้างให้เกษตรกรไทยปลูกหน่อไม้ฝรั่งเพื่อขายคืนให้กับบริษัทเพื่อทำการส่งออกต่อไป

วิธีการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

กรีนพีซทำการศึกษาคณภาพน้ำโดยเก็บตัวอย่างน้ำทั้งจากแหล่งน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดิน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท ซึ่งตัวอย่างทั้งหมดเก็บจากพื้นที่เกษตรกรรมหลากหลายประเภท เช่น นาข้าว, แปลงข้าวโพด เป็นต้น โดยแต่ละจุดเก็บตัวอย่างจะเก็บตัวอย่างน้ำเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้น น้ำใต้ดินทั้งหมดเก็บจากบ่อน้ำบาดาลบริเวณแปลงเกษตรหรือบริเวณบ้านเรือนรอบพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบ่อคอนกรีต และมีฝาปิดบ่อมิดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากแหล่งน้ำผิวดิน และเก็บทั้งหมดอาศัยปั้มน้ำไฟฟ้าเพื่อดึงน้ำจากบ่อมาใช้

ตัวอย่างน้ำผิวดินที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เก็บจากพื้นที่รองรับน้ำเพื่อการชลประทานตลอดจนคลองและห้วยรับน้ำจากภูเขาและไหลลงสู่พื้นที่ชุมชน (รายละเอียดดังตารางที่ 1) ซึ่งแหล่งน้ำผิวดินดังกล่าวถูกใช้เพื่อการเกษตรกรรมและเพื่อการอุปโภคบริโภคของชุมชนใกล้เคียง ในขณะที่ตัวอย่างน้ำได้ดินเก็บจากบึงหรือก๊อกรน้ำที่ต่อตรงจากบ่อบาดาลโดยเปิดให้น้ำไหลผ่านประมาณ 3 นาที แล้วจึงเก็บตัวอย่างใส่ขวดพลาสติกที่ทำการฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว นอกจากนี้ทุกจุดเก็บตัวอย่างจะทำการวัดและบันทึกค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ด้วยทุกครั้ง (โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ Hanna Instruments ประเทศไทย) ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาทั้งหมดจะถูกเก็บรักษาสภาพไว้ให้เย็น โดยเก็บในภาชนะที่บรรจุน้ำแข็งจนกว่าจะถึงกระบวนการวิเคราะห์ทางเคมี ตัวอย่างที่ถูกเก็บในแต่ละวันจะทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไนเตรททันที หรือไม่เกิน 6-10 ชั่วโมงนับจากเวลาที่เก็บตัวอย่าง โดยการศึกษาในครั้งนี้เริ่มตั้งแต่วันที่ 26 กันยายน จนถึง 5 พฤศจิกายน 2550

การศึกษาค้นคว้าอาศัยการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการที่เรียกว่า “Chromotropic Acid Method” (Method 10020, Test ‘N Tube™ Vials, Hach Lange, ประเทศไทย) และวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Portable Spectrophotometer (DR2400, Hach Lange, ประเทศไทย) นอกจากนี้ในแต่ละตัวอย่างจะถูกวิเคราะห์ซ้ำอย่างน้อย 2-3 ครั้ง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและแสดงผลต่อไป

นอกจากนี้ ได้ทำการบันทึกลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำที่ทำการวิเคราะห์ด้วย เช่น ระดับความลึกของบ่อ เป็นต้น รวมถึงพฤติกรรมและรูปแบบการทำการเกษตรในแต่ละพื้นที่โดยการสัมภาษณ์เกษตรกรเป็นรายบุคคล

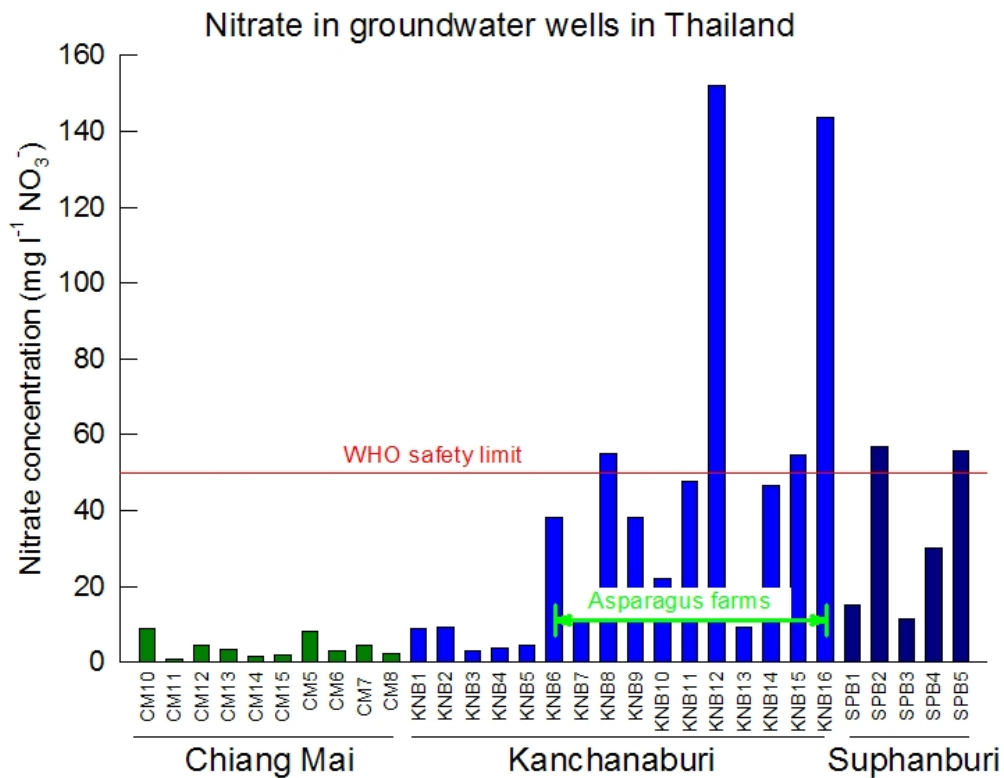
สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาพบแหล่งน้ำได้ดินบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมมีมลพิษเนื่องจากการปนเปื้อนของไนเตรทในปริมาณสูง ซึ่งปัญหามลพิษดังกล่าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพฤติกรรมและรูปแบบของการทำการเกษตรแบบอุตสาหกรรมที่เน้นการเร่งผลผลิตโดยการโหมใส่ปุ๋ยจำนวนมาก (ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 1 และ 2)

สถานการณ์ปัญหามลพิษทางน้ำในประเทศไทย เนื่องจากการปนเปื้อนของไนเตรทจากภาคเกษตรกรรม

ผลการศึกษาในประเทศไทย พบแหล่งน้ำใต้ดินเป็นพิษเนื่องจากปนเปื้อนไนเตรทในปริมาณสูง โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคกลางของประเทศ (จังหวัดกาญจนบุรีและสุพรรณบุรี) จากการศึกษาพบว่าแปลงปลูกหน่อไม้ฝรั่ง ในจังหวัดกาญจนบุรีเป็นกรณีศึกษาที่ดีที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าระบบเกษตรกรรมแบบอุตสาหกรรมที่เกษตรกรเร่งการผลิตผลผลิต โดยการโหมใส่ปุ๋ยลงในพื้นที่จำนวนมากนั้นสร้างปัญหามลพิษให้กับแหล่งน้ำใต้ดินซึ่งปนเปื้อนไนเตรทในปริมาณสูง (ดังตารางที่ 1 และ รูปที่ 1)

กรีนพีซทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำบาดาลภายในแปลงปลูกหน่อไม้ฝรั่งในจังหวัดกาญจนบุรี โดยเก็บทั้งหมด 11 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบตัวอย่างปนเปื้อนปริมาณไนเตรทสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/ลิตร ถึง 6 ตัวอย่าง ในขณะที่อีก 5 ตัวอย่างพบการปนเปื้อนของไนเตรทเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 1 และ รูปที่ 1) นอกจากนี้ ผลการศึกษาคคุณภาพของน้ำใต้ดินในจังหวัดสุพรรณบุรี แสดงให้เห็นว่า 2 ใน 5 ของตัวอย่างน้ำที่เก็บจากบ่อน้ำบาดาลก็พบการปนเปื้อนของไนเตรทในปริมาณที่สูงกว่าค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 1 และ รูปที่ 1) และจากสถานการณ์น้ำใต้ดินปนเปื้อนไนเตรทปริมาณสูงดังกล่าวข้างต้น พบว่าอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาทางสุขภาพที่รุนแรงได้หากประชาชนในพื้นที่นำน้ำดังกล่าวมาดื่มและความเสี่ยงจะเพิ่มมากขึ้นในเด็กเล็ก



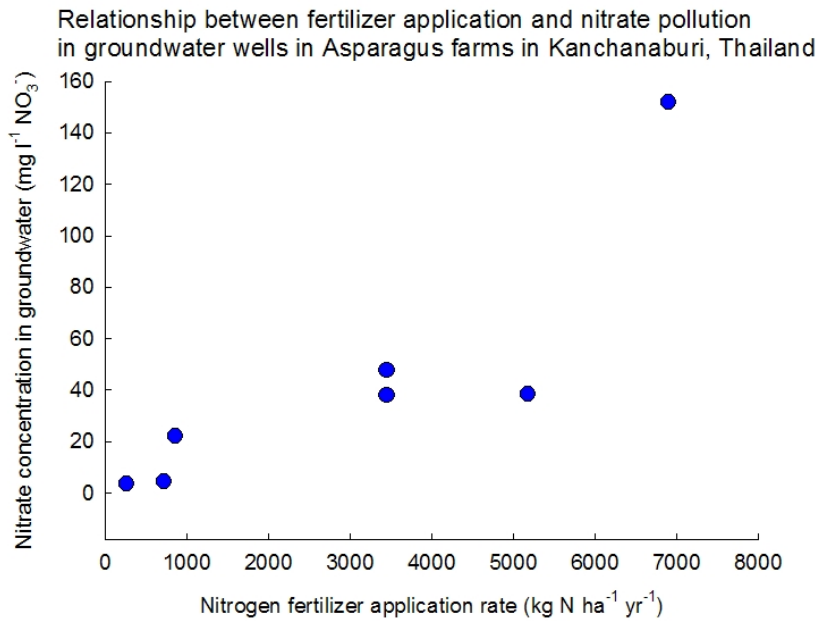
รูปที่ 1 ปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบจากแหล่งน้ำใต้ดินในประเทศไทย

รูปแบบการทำฟาร์มหน่อไม้ฝรั่งในจังหวัดกาญจนบุรีส่วนใหญ่เป็นระบบ “contract farming” หรือ “เกษตรกรรมแบบสัญญาผูกขาด” กล่าวคือ มีการทำสัญญาระหว่างเกษตรกรเจ้าของพื้นที่กับบริษัทผู้ปลูกหน่อไม้ฝรั่งไปต่างประเทศ นอกจากนี้ยังพบรูปแบบของ “การรับจ้างทำการเกษตร” โดยมีการจ้างแรงงานทั้งจากในและนอกพื้นที่ และมีการแบ่งปันผลประโยชน์ตามอัตราที่ตกลงกันระหว่างนายทุนกับแรงงาน โดยนายทุนจะเป็นเจ้าของพื้นที่และลงทุนด้านต้นทุนการผลิต เช่น ปุ๋ย, สารเคมี, ระบบน้ำ เป็นต้น เกษตรกรในจังหวัดกาญจนบุรีจะทำการปลูกหน่อไม้ฝรั่งหมุนเวียนตลอดทั้งปี และผลผลิตเกือบทั้งหมดจะขายให้กับบริษัทที่ทำสัญญาไว้เท่านั้น จากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่พบว่า การปลูกหน่อไม้ฝรั่งนั้นมีความต้องการแรงงานจำนวนมาก อีกทั้งยังใช้น้ำและสารเคมีเกษตรในปริมาณมากเช่นเดียวกัน เกษตรกรในพื้นที่คนหนึ่งกล่าวว่า หน่อไม้ฝรั่งนั้นต้องการการดูแลอย่างดี เกษตรกรต้องให้น้ำทุกวันพร้อมทั้งใส่ปุ๋ย ฮอร์โมนและยาฆ่าแมลงทุกอาทิตย์

จากการศึกษาพบว่าได้ดินจากบ่อบาดาล 2 แห่ง ที่อยู่ในบริเวณแปลงปลูกหน่อไม้ฝรั่งในจังหวัดกาญจนบุรีมีมลพิษเนื่องจากปนเปื้อนไนเตรทในปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐานถึง 3 เท่า (มากกว่า 150 มิลลิกรัม/ลิตร, ดังรูปที่ 1 และตารางที่ 2) บ่อบาดาลทั้งสองอยู่ในแปลงปลูกหน่อไม้ฝรั่งซึ่งเจ้าของแปลงดังกล่าวเป็นพี่น้องกัน จากคำสัมภาษณ์จากปากของเจ้าของแปลงดังกล่าว พบว่าได้มีการใส่ปุ๋ยในจำนวนมากจริง และมากกว่าปริมาณที่แนะนำ ที่กำหนดไว้ที่ประมาณ 100 กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี ถึง 70 เท่า (ประมาณ 200 กิโลกรัม ยูเรีย/ไร่/เดือน หรือเท่ากับ 7,000 กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี)

เกษตรกรในพื้นที่ที่มีความเชื่อว่าการโหมใส่ปุ๋ยในปริมาณมากจะช่วยให้หน่อไม้ฝรั่งเจริญเติบโตได้ดีกว่า แต่จากการศึกษาทั่วโลกยืนยันว่าปุ๋ยที่เกษตรกรโหมใส่นั้นพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด แต่กลับพบว่าการใส่ปุ๋ยปริมาณน้อยก็สามารถให้ผลผลิตได้ดีและในขณะเดียวกันก็ไม่สร้างปัญหามลพิษทางน้ำอีกด้วย ตัวอย่างเช่น ผลงานวิจัยในประเทศชิลี ระบุว่าใส่ปุ๋ยเพียงแค่ 50 กิโลกรัม/เฮกแตร์ ก็เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของต้นหน่อไม้ฝรั่ง (Krarup et al., 2001)

จากข้อมูลที่ทำการศึกษาสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใส่ปุ๋ยในพื้นที่เกษตรกรรมกับปริมาณไนเตรทปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดิน โดยพบความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันและอธิบายได้อย่างชัดเจนว่าการใส่ปุ๋ยในปริมาณมากนั้นสร้างปัญหามลพิษทางน้ำเนื่องจากการปนเปื้อนของไนเตรทในปริมาณสูง (ดังรูปที่ 2)



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใส่ปุ๋ยกับปริมาณไนเตรทปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน ผลการศึกษาจากแปลงปลูกหน่อไม้ฝรั่ง จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย

ปุ๋ยกับปัญหามลพิษทางน้ำเนื่องจากปนเปื้อนไนเตรท

เป็นที่ทราบกันดีว่าไนเตรทที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำส่วนใหญ่มาจากภาคเกษตรกรรมที่มีการใช้ปุ๋ยในปริมาณมาก เมื่อเกษตรกรใส่ปุ๋ยลงในแปลงเกษตรพบว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของปุ๋ยที่ใส่ต้องสูญเสียไปแทนที่พืชจะได้อะไรประโยชน์ทั้งหมด การสูญเสียดังกล่าวมีสาเหตุเนื่องจากการพัดพาของน้ำและอากาศ เมื่อปุ๋ยนี้ถูกชะล้างจะปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินไหลลงสู่ห้วยเล็กๆที่อยู่รอบพื้นที่ และหลังจากนั้นจะถูกพัดพาารวมกันลงสู่แหล่งน้ำผิวดินขนาดใหญ่ เช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ และปนเปื้อนลงสู่ชายฝั่งในที่สุด

ปรากฏการณ์ “EUTROPHICATION” หนึ่งในปัญหามลพิษทางน้ำที่สำคัญ กล่าวคือ การที่ระบบนิเวศทางน้ำมีปริมาณสารอาหาร หรือ “ไนโตรเจน” มากเกินความจำเป็น และโดยส่วนใหญ่พบในรูปของไนเตรทซึ่งปนเปื้อนมาจากภาคเกษตรกรรมที่มีการใช้ปุ๋ยจำนวนมาก ปรากฏการณ์ดังกล่าว เป็นสาเหตุของสัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง และมีไม่เพียงพอสำหรับการหายใจของปลาและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในน้ำ ทำให้ความหลากหลายทางธรรมชาติลดลง และที่สำคัญพบว่า เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณของสาหร่ายพิษจำนวนมาก

เกษตรกรใส่ปุ๋ยจำนวนมากเกินความจำเป็นด้วยเหตุผลและความเชื่อที่ว่าจะทำให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น ประกอบกับการขาดความเข้าใจในธรรมชาติของพืชแต่ละชนิดและความรู้ว่าควรใส่ปุ๋ยอย่างไรเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรเหล่านี้ก็ไม่ได้เข้ามามีส่วนร่วมหรือรับผลชอบโดยตรงต่อมลพิษที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใส่ปุ๋ยที่มากเกินไปนั้น

นอกจากนี้ ปัญหาเรื่องการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่จำเป็นแก่เกษตรกรเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่รัฐไม่สามารถดำเนินการได้อย่างทั่วถึง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้ความรู้เรื่องการใส่สารเคมีเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพและในปริมาณที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ปัญหาดังกล่าวมักพบในประเทศที่กำลังพัฒนาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับคำแนะนำจากตัวแทนขายสารเคมีเกษตร (เช่น ร้านขายสารเคมีเกษตรในท้องถิ่น) เช่น ปริมาณปุ๋ยที่แนะนำให้ใส่ ชนิดของสารเคมีเกษตรที่ควรใช้ ทั่วๆไปที่ภาระหน้าที่ดังกล่าวควรเป็นของรัฐแต่พบว่ารัฐไม่สามารถเข้าถึงเกษตรกรเหล่านั้นได้ดีเท่าบริษัทขายสารเคมีเกษตร ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ข้อมูลที่ไม่ตรงกันเนื่องจากบริษัทขายสารเคมีเกษตรต่างก็เร่งขายผลิตภัณฑ์ของตนและแนะนำให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยมากเท่าที่จะมากได้ อันนำมาซึ่งปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งขณะนี้ประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศกำลังประสบกับปัญหาดังกล่าวข้างต้น เช่น จีน (Zhang et al., 2004) และพบรูปแบบดังกล่าวในประเทศไทยด้วยเช่นกัน

ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับไนเตรทปนเปื้อนในแหล่งน้ำ

ผลการศึกษาในครั้งยืนยันอย่างชัดเจนว่าการเกษตรแบบอุตสาหกรรมที่มีการใช้ปุ๋ยเป็นจำนวนมากนั้นเป็นสาเหตุทำให้น้ำใต้ดินเป็นพิษเนื่องจากปนเปื้อนไนเตรทในปริมาณสูง (Ward et al., 2005) เด็กทารกที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมดังกล่าวที่ดื่มน้ำที่ปนเปื้อนไนเตรทเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงทางสุขภาพสูงสุด และนอกจากนี้ผู้ที่ดื่มน้ำที่มีไนเตรทปนเปื้อนเป็นระยะเวลาอันยาวนานก็มีความเสี่ยงเป็นโรคมะเร็งได้ (Greer et al., 2005)

พิษของไนเตรททำให้เกิดโรคที่เรียกว่า “Blue-baby syndrome หรือ methemoglobinemia” และมักเกิดในเด็กทารกที่อายุต่ำกว่า 4 เดือนที่ดื่มน้ำที่ปนเปื้อนไนเตรทในปริมาณสูง (Greer et al., 2005) อาการของ Blue-baby syndrome เกิดขึ้นเมื่อระดับของฮีโมโกลบินในเลือดต่ำทำให้ไม่สามารถที่จะรับเอาออกซิเจนได้อย่างพอเพียง ซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยเป็นลมหมดสติและอาจเสียชีวิตได้ อาการดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากไนเตรท (เมื่อระดับ pH สูงทำให้แบคทีเรียในลำไส้สามารถเปลี่ยนรูปของไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้มากขึ้น โดยไนไตรท์สามารถถูกดูดซับและรวมตัวกับฮีโมโกลบิน (hemoglobin) เป็น เมทีโมโกลบิน (methemoglobin) ซึ่งส่งผลให้การลำเลียงออกซิเจนได้ลดลง) ขัดขวางการทำงานของฮีโมโกลบินในเลือด (Townsend et al., 2003)

โรค *Blue-baby syndrome* ยังกระตุ้นให้ร่างกายเกิดภาวะขาดออกซิเจน, ปวดหัว, มึนงง, อ่อนเพลีย, หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติ, ไม่รู้สึกตัว, ชัก, หายใจไม่ออก และเสียชีวิตในที่สุด (Townsend et al., 2003; Ward et al., 2005) นับตั้งแต่ปี พ.ศ.2488 พบประชากรกว่า 3000 รายทั่วโลกที่ป่วยเป็นโรค *Blue-baby syndrome* และส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการดื่มน้ำที่ปนเปื้อนไนเตรทปริมาณสูง (มากกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร) แพทย์บางคนเชื่อว่าการวินิจฉัยโรค *Blue-baby syndrome* ในเด็กทำได้ยากและแพทย์ส่วนใหญ่วินิจฉัยผิดพลาด (Ward et al., 2005; Camargo and Alonso, 2006)

น้ำดื่มที่ปนเปื้อนไนเตรทเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นให้เกิดมะเร็งในระบบทางเดินอาหาร และรวมถึงมะเร็งอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น มะเร็งต่อมไทรอยด์ชนิด NHL, มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ และมะเร็งรังไข่ เป็นต้น (Ward et al., 2005) ความสัมพันธ์ระหว่างไนเตรทและการเกิดโรคมะเร็งนั้นขึ้นอยู่กับโอกาสในการเปลี่ยนรูปไนเตรทซึ่งอาศัยการทำงานของแบคทีเรียไปเป็นสารประกอบไนโตรโซ (Nitroso compounds ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับไนโตรซามีน) กระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นในระบบย่อยอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระเพาะอาหาร ซึ่งไนโตรซามีนเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่สำคัญตัวหนึ่ง (Weyer et al., 2001)

มีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่า พบการสะสมของสารไนโตรซามีน (Nitrosamines) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogens) ตัวหนึ่ง (ไนโตรซามีนเกิดจากการเปลี่ยนรูปของไนเตรท) เนื่องจากการดื่มน้ำที่ปนเปื้อนไนเตรทในปริมาณที่ต่ำกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งองค์การอนามัยโลกระบุว่าเป็นระดับที่ปลอดภัยเป็นระยะเวลานาน (Chiu and Tsai, 2007) ตัวอย่างเช่น ในรัฐไอโอวา ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าน้ำดื่มจากชุมชนที่มีไนเตรทปนเปื้อนต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกมีความสัมพันธ์กับโอกาสการเป็นโรคมะเร็งรังไข่ในผู้หญิงที่ดื่มน้ำดังกล่าว (Beman et al., 2005) และเมื่อเร็วๆ นี้มีผลการศึกษาในประเทศไต้หวันพบว่ากรดื่มน้ำที่ปนเปื้อนไนเตรทในปริมาณสูงเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งกระเพาะปัสสาวะได้ (Townsend et al., 2003)

นอกจากนี้ปัญหาเรื่อง Eutrophication หรือปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี เป็นผลกระทบที่ชัดเจนและเป็นที่น่าวิตกที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้ปุ๋ยมากเกินไป ซึ่งทำลายระบบนิเวศชายฝั่งและระบบนิเวศทางทะเล (Robertson and Swinton, 2005) และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศและผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ที่ผ่านมามีรายงานว่าทั่วโลกเกิดปรากฏการณ์ สาหร่ายเพิ่มจำนวนมากอย่างผิดปกติ หรือที่เราเรียกว่า “Algal Bloom” เพิ่มขึ้นทุกปี (ปรากฏการณ์ที่เชื่อมโยงกับ Eutrophication) (Pretty et al., 2003; Badglet et al., 2007) นอกจากนี้สาหร่ายเหล่านี้ยังผลิตพิษที่มีฤทธิ์ต่อระบบประสาท เมื่อสัตว์น้ำกินสาหร่ายเหล่านี้พิษสามารถตกค้างในสัตว์น้ำนั้นๆ เช่น หอย เป็นต้น และเมื่อมนุษย์นำหอยเหล่านั้นมารับประทาน พิษที่ตกค้างอาจทำให้เกิดภาวะทางประสาท, สูญเสียความทรงจำ, อัมพาต และ/หรือ อาการท้องร่วงได้

การใส่ปุ๋ยมากเกินไป หนึ่งในสาเหตุทำให้โลกร้อน

ปุ๋ยส่วนเกินที่เกษตรกรโหมใส่ลงไปบนดินนั้น บางส่วนเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซไนตรัสออกไซด์ หรือที่เราเรียกกันว่า “ก๊าซหัวเราะ” ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และมีความรุนแรงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 296 เท่า นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าก๊าซไนตรัสที่ถูกปลดปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศส่วนใหญ่มาจากภาคเกษตรกรรมที่มีการใช้ปุ๋ยในปริมาณ (IPCC, 2007)

นอกเหนือจากปัญหาไนตรัสออกไซด์แล้ว ปุ๋ยสังเคราะห์ ก็เป็นต้นเหตุของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศโลกเช่นเดียวกัน เนื่องจากในกระบวนการผลิตปุ๋ยสังเคราะห์มีการเผาถ่านหินและเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมากถึง 1.2% เปรียบเทียบกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก

ทางเลือกในการผลิตอาหารที่ปลอดภัยต่อสุขภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ทางออกของปัญหาดังกล่าวข้างต้น คือ การพัฒนาระบบเกษตรกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ทำลายความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งพบตัวอย่างของการพัฒนาด้านเกษตรกรรมควบคู่ไปกับการรักษาสิ่งแวดล้อมในประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศ เกษตรกรสามารถรักษาผลผลิตให้ได้ในปริมาณที่ต้องการ ในขณะที่เดียวกันสามารถรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ คุณภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ให้คงอยู่ในสภาพที่ดี ซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่าสินค้าเกษตรที่ผลิตได้ปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

ข้อเรียกร้องของกรีนพีซ

1. ให้คนไทยทุกคนมีน้ำดื่มที่สะอาดและปลอดภัยต่อสุขภาพ หยุดการทำการเกษตรแบบอุตสาหกรรมที่โหมใส่ปุ๋ยจำนวนมากซึ่งเป็นภัยคุกคามสุขภาพมนุษย์และความมั่นคงทางสิ่งแวดล้อม
2. รัฐไม่ดำเนินนโยบาย/งด ให้เงินอุดหนุนด้านปุ๋ย ทั้งในระดับประเทศและระดับท้องถิ่น ในทางกลับกันรัฐควรให้เงินอุดหนุนเงินเพื่อพัฒนาระบบเกษตรกรรมแบบยั่งยืน เช่น ส่งเสริมให้มีการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน รักษาความหลากหลายทางชีวภาพ ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษาน้ำ พร้อมทั้งลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เร่งรัดให้มีการใช้มาตรการทางภาษีเข้ามาควบคุม เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงต้นทุนที่แท้จริงของเกษตรกรเคมี
3. รัฐออกกฎหมายควบคุมปริมาณการใส่ปุ๋ยที่ชัดเจนและมีผลบังคับใช้ เพราะจากประสบการณ์ในหลายประเทศทั่วโลกพบว่า การออกกฎหมายกำหนดปริมาณปุ๋ยที่อนุญาตให้ใส่ได้ในแต่ละพื้นที่ เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยลดปริมาณการใส่ปุ๋ยและทำให้น้ำดื่มมีคุณภาพดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Badgley, C., J. Moghtader, E. Quintero, E. Zakem, M. J. Chappell, K. Avilés-Vázquez, A. Samulon, and I. Perfecto. 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22:86-108.
- Beman, J. M., K. R. Arrigo, and P. A. Matson. 2005. Agricultural runoff fuels large phytoplankton blooms in vulnerable areas of the ocean. *Nature* 434:211-214.
- Bouman, B. A. M., A. R. Castaneda, and S. I. Bhuiyan. 2002. Nitrate and pesticide contamination of groundwater under rice-based cropping systems: past and current evidence from the Philippines. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 92:185-199.
- Camargo, J. A., and A. Alonso. 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International* 32:831.
- Chiu, H. F., and S. S. Tsai. 2007. Nitrate in drinking water and risk of death from bladder cancer: an ecological case-control study in Taiwan. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 70:1000-1004.
- Foley, J. A., R. DeFries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coe, G. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. C. Prentice, N. Ramankutty, and P. K. Snyder. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309:570-574.
- Greer, F. R., M. Shannon, Committee on Nutrition, and Committee on Environmental Health. 2005. Infant methemoglobinemia: the role of dietary nitrate in food and water. *Pediatrics* 116:784-786.
- Krurup, C., A. Krurup, and R. Pertierra. 2001. Growth of Asparagus crown with increasing nitrogen rates at three different sites. *X International Asparagus Symposium* 589:145-150.
- Peterson, J. T. 1994. Household labor and child care needs among Philippine highland farmers. *Journal of Anthropological Research* 50:1-26.

- Phupaibul, P., C. Chitbuntanorm, N. Chinoim, P. Kangyawongha, and T. Matoh. 2004. Phosphorus accumulation in soils and nitrate contamination in underground water under export-oriented asparagus farming in Nong Ngu Lauem village, Nakhon Pathom province, Thailand. *Soil Science and Plant Nutrition* **50**:385-393.
- Prasad, N. 2006. Privatisation results: private sector participation in water services after 15 years. *Development Policy Review* **24**:669-692.
- Pretty, J. N., J. I. L. Morison, and R. E. Hine. 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **95**:217-234.
- Raun, W. R., and G. V. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal* **91**:357-363.
- Reyes, G. A., and C. P. Laurean. 2006. Pesticide residues in soil, water and vegetables from selected barangays in a Benguet municipality: assessing potential concern for human health. *Saint Louis University Research Journal* **37**:35-51.
- Reyes, G. A., and C. P. Laurean. 2007. A comprehensive assessment of pesticide residues in two vegetable-farming municipalities in Benguet. *NLR Journal* **1**:39-54.
- Robertson, G. P., and S. M. Swinton. 2005. Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* **3**:38-46.
- Scanlon, B. R., I. Jolly, M. Sophocleous, and L. Zhang. 2007. Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: Quantity versus quality. *Water Resources Research* **43**.
- Townsend, A. R., R. W. Howarth, F. A. Bazzaz, M. S. Booth, C. C. Cleveland, S. K. Collinge, A. P. Dobson, P. R. Epstein, E. A. Holland, and D. R. Keeney. 2003. Human health effects of a changing global nitrogen cycle. *Frontiers in Ecology and the Environment* **1**:240-246.
- UNESCAP. 2002. Organic agriculture and rural poverty alleviation: Potential and best practices in Asia. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific.
- Ward, M. H., T. M. deKok, and P. Levallois. 2005. Workgroup report: drinking-water nitrate and health-recent findings and research needs. *Environmental Health Perspectives* **113**:1607-1614.
- Weyer, P. J., J. R. Cerhan, B. C. Kross, G. R. Hallberg, J. Kantamneni, G. Breuer, M. P. Jones, W. Zheng, and C. F. Lynch. 2001. Municipal drinking water nitrate level and cancer risk in older women: the Iowa women's health study. *Epidemiology* **12**:327-338.