# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 บทนำ

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ตั้งแต่ฉบับที่ 1 (ปี 2505-2509) ถึงฉบับที่ 9 ในปัจจุบัน (2545-2549) ส่งเสริมให้มีการพัฒนาอาชีพต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเกษตรกรรม มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกและเร่งการเพิ่มผลผลิตโดยการใช้ปุ๋ยและสารเคมี เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้เกิดการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมกับสมรรถนะของพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เกษตรกรรมมีการใช้ปุ๋ยและสารเคมีเพิ่มมากขึ้นจนส่งผลกระทบต่อคุณภาพทรัพยากรดินและน้ำ ทั้งยังมีผลต่อเนื่องไปถึงคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร มีการปนเปื้อนสารเคมีในผลผลิตนั้น แต่ระยะยาวปริมาณผลผลิตต่อไร่กลับลดลง (คณะอนุกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2538) เกิดผลเสียต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของประเทศ ดังนั้นความพยายามที่จะอนุรักษ์ทรัพยากรดินและน้ำควบคู่ไปกับการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเป็นลุ่มน้ำหนึ่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งทางด้านทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ ปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2457) มีประชากรประมาณ 1.6 ล้านคน ส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรม ได้แก่ สวนยางพารา นาข้าว สวนปาล์ม และนากุ้ง (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและคณะ, 2548ก) อย่างไรก็ดีการทำเกษตรกรรมที่ขาดการจัดการที่ดี การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานโดยขาดการบำรุงรักษา รวมถึงการใช้ที่ดินและทรัพยากรอย่างไม่เหมาะสม (อาทิ บุกรุกถางป่าในที่ที่มีความลาดชันสูงเพื่อปลูกยางพารา บุกรุกทำลายป่าพรุเพื่อใช้ประโยชน์จากไม้ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าหรือทุ่งหญ้าให้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม) (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548ข) ล้วนแต่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน และการสะสมของตะกอนและสารอาหารพืชในแหล่งน้ำ

ปัญหาการสูญเสียดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่ง เพราะนอกจากจะส่งผลให้ทรัพยากรดินเสื่อมโทรม ยังทำให้ปริมาณสารอาหารพืชในดินสูญเสียไปกับการชะล้างหน้าดิน และลงสู่แหล่งน้ำ (จักรกฤษณ์ มโนธรรม, 2532; พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ็ก, 2540; Cook and Williams, 1975) ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เข้าสู่แหล่งน้ำมากเกินไปก่อให้เกิดปัญหา

ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ซึ่งพบว่าปัญหายูโทรฟิเคชันที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำต่างๆ เกือบทั้งหมดมีสาเหตุจากสารอาหารพืชที่ถูกชะมาจากพื้นที่เกษตรกรรม และชุมชนในลุ่มน้ำนั้นๆ (Carpenter *et al*., 1998a; Janson *et al.*, 2003) ซึ่งจัดว่าเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษแบบไม่ทราบตำแหน่งแน่นอน (Non point source) ทำให้การจัดการมลพิษเป็นไปได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถประเมินภาพรวมของมลพิษที่อาจจะเกิดขึ้นได้ แม้ว่าในประเทศไทย ปัญหายูโทรฟิเคชันที่เกิดจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ถูกพามากับหน้าดิน รวมถึงถูกชะพารวมทั้งไหลบ่ามาพร้อมกับน้ำ จะยังไม่ก่อปัญหารุนแรงเหมือนในต่างประเทศ แต่การศึกษาปริมาณและสภาวะทางกายภาพเคมีที่ควบคุมการแพร่กระจายของธาตุอาหารทั้งสองชนิดในดินยังมีน้อย และยังขาดการมองในภาพรวมทั้งระบบลุ่มน้ำ ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ดังนั้น การศึกษาการแพร่กระจาย และปัจจัยควบคุมของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา จึงเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการวางแผนเพื่อจัดการสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในภาพรวมทั้งระบบต่อไป นอกจากนี้ได้มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical information system; GIS) มาใช้ในการศึกษาตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง และใช้เป็นเครื่องมือที่จะนำเสนอการแพร่กระจาย ศึกษาศักยภาพการชะพาของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดิน เพื่อช่วยให้วิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Langhammer, 2001; Mtetwa *et al*., 2002; Langhammer, 2004; Lark and Ferguson, 2004)

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการแพร่กระจายของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และหาความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสกับปัจจัยพื้นฐานทางกายภาพเคมีของดิน ตามลักษณะการใช้ที่ดิน และสภาพธรณีสัณฐานของพื้นที่ ตลอดจนศึกษาศักยภาพเบื้องต้นของการชะพาไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

## 1.2 แหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่ทราบตำแหน่งแน่นอน (Non point source pollution)

การปนเปื้อนของสารมลพิษในดินโดยทั่วไปมีสาเหตุมาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดมลพิษที่ทราบตำแหน่งแน่นอน (Point source pollution) และแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งแน่นอน (Non point source pollution) แต่เนื่องจากการตรวจสอบและควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ทราบตำแหน่งแน่นอนมีความเป็นไปได้ และสามารถดำเนินการได้ครอบคลุมมากกว่า ในขณะที่การตรวจสอบและควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่ง

แน่นอนจะกระทำได้ยาก ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรม และผู้คนจำนวนมาก ดังนั้น แหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่ทราบตำแหน่งแน่นอน จึงเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดิน การสะสมของสารมลพิษดังกล่าวในดินอาจเป็นแหล่งแพร่กระจายสารมลพิษไปสู่สิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงตามมาได้

แหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่ทราบตำแหน่งแน่นอน (Non point source pollution) หมายถึง แหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งที่ปล่อยแน่นอน (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2548) มีลักษณะกระจัดกระจายเป็นพื้นที่กว้างขวาง (ชูจิตต์ เครือตราชู เกียรติ์อนันต์ชัย, 2542) โดยจะปล่อยสารมลพิษเข้าสู่สิ่งแวดล้อมในรูปของการไหลบ่า (Overland flow) การซึมผ่านชั้นใต้ดิน (Underground seepage) และการแพร่กระจายในบรรยากาศ (Through the atmosphere) มักจะมีรูปแบบการปล่อยมลพิษไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับกิจกรรมต่างๆ ตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน ฤดูกาล และปัจจัยอื่นๆ เช่น กิจกรรมการเกษตร ภาวะฝนตกหนัก และการก่อสร้าง เป็นต้น (Carpenter *et al*., 1998a)

นอกจากนี้แหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่ทราบตำแหน่งแน่นอนยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษในดิน โดยทั่วไปเกิดจากน้ำท่าที่ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่เมือง ทำให้สารมลพิษถูกน้ำพัดพาแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถจัดแบ่งกิจกรรมหลักๆ ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินโดยสรุปได้ดังนี้

1) พื้นที่เกษตรกรรม

- การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรทั้งในรูปของปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizer) และปุ๋ยอนินทรีย์ (Inorganic or chemical fertilizer) จัดเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น โดยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในดินจะถูกชะพาและแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำ การติดไปกับอนุภาคของดิน และการซึมลงสู่น้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำตามมาได้

- การกร่อนของดินจากการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสม เช่น การเพาะปลูกพืชที่ขาดสิ่งปกคลุมหน้าดิน การทำการไถพรวนไม่ถูกวิธี และการทำเหมืองเปิด ฯลฯ ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของธาตุอาหารพืช และอนุภาคดินลงสู่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นการใช้ที่ดินบางประเภทอาจจะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินได้ เช่น การใช้ปูนขาวที่มากเกินไปทำให้เกิดการเร่งให้ดินเป็นด่าง การทำนาเกลือทำให้เกิดการสะสมของเกลือบริเวณผิวหน้าดินจนไม่สามารถปลูกพืชได้

และอาจส่งผลให้แหล่งน้ำในบริเวณข้างเคียงมีคุณภาพลดลงจนไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เป็นต้น

- การใช้สารเคมีฆ่าแมลงและกำจัดศัตรูพืช เพื่อป้องกันการทำลายพืชผลทางการเกษตร ก่อให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในดิน เช่น สารพิษในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต และคาร์บาเมท เป็นต้น ซึ่งอาจมีฤทธิ์ตกค้างยาวนานจนส่งผลเสียต่อภาวะสมดุลหรือห่วงโซ่อาหารตามธรรมชาติได้ในที่สุด

2) พื้นที่เมือง

- การก่อสร้างโดยไม่มีมาตรการควบคุมป้องกันที่ดีพอ อาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้ในหลายทาง เช่น การพัดพาฝุ่นและตะกอนดินปริมาณมากลงสู่แหล่งน้ำ การทิ้งขยะสิ่งปฏิกูล น้ำเสียจากกิจกรรมการก่อสร้างและที่พักอาศัยของคนงาน เป็นต้น

- การรั่วของท่อน้ำเสีย บ่อเกรอะ บ่อซึม และการปล่อยน้ำเสียจากชุมชนซึมลงดิน อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ ไนโตรเจนในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในรูปของอินทรีย์ฟอสฟอรัสได้

- การทิ้งขยะและสิ่งปฏิกูลเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินได้ ขยะจากชุมชน โดยทั่วไปจะก่อให้เกิดการปนเปื้อนในรูปของสารอินทรีย์ อินทรียไนโตรเจน และอินทรียฟอสฟอรัส แต่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษ เช่น ยาฆ่าแมลง สารกัดกร่อน และวัตถุมีพิษได้ ถ้าเป็นการทิ้งขยะอันตราย (Hazardous waste) หรือขยะอุตสาหกรรม

นอกจากกิจกรรมดังกล่าวแล้ว ยังอาจมีแหล่งกำเนิดอื่นที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษลงสู่ดิน เช่น การปนเปื้อนสารมลพิษในบรรยากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ เป็นต้น

เนื่องจากดินทำหน้าที่เป็นแหล่งรองรับของเสียจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ทั้งจากทางอากาศและน้ำ โดยดินจะทำหน้าที่เสมือนตัวกรองด้วย โดยอาศัยสมบัติบางประการ แต่ความสามารถในการรองรับและการกรองสารพิษของดินนั้นมีขีดจำกัด หากสารพิษในสิ่งแวดล้อมยังคงเพิ่มมากขึ้นต่อไป ก็จะทำให้คุณภาพดินเสื่อมโทรมลงจนกลายเป็นแหล่งสะสมของมลพิษ (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545) สารมลพิษที่ปนเปื้อนและสะสมในดินอาจแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมได้ในหลายทาง คือ ถูกพืชนำไปใช้และสะสมไว้ในพืช ถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำโดยการไหลบ่าหน้าดิน ถูกชะซึมลงสู่ล่งน้ำใต้ดิน การกร่อนดิน และความชื้นและละอองน้ำจากดิน อาจสามารถแพร่กระจายสารมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมได้ เช่น เมื่อมีการทิ้งมูลสัตว์ เช่น มูลสุกร ในปริมาณ

มากลงไปในดิน ก็อาจทำให้น้ำ ฝนในบริเวณดังกล่าวมีปริมาณแอมโมเนียสูงกว่าน้ำฝนในบริเวณอื่นๆ และอาจทำให้แหล่งน้ำที่อยู่ใกล้เคียงมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้นด้วย

## 1.3 แหล่งที่มาของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดิน

### *1.3.1 ไนโตรเจนในดิน*

#### *1.3.1.1 แหล่งที่มาของไนโตรเจนในดิน*

ไนโตรเจนในดินไม่ได้มาจากแหล่งแร่และหินที่เป็นวัตถุต้นกำเนิด แต่แหล่งที่มาของไนโตรเจนในดินมาจาก 3 แหล่งที่สำคัญ คือ การตรึงแก๊สไนโตรเจนในอากาศโดยอาศัยจุลินทรีย์ ไนโตรเจนที่ได้จากบรรยากาศซึ่งเป็นไนโตรเจนที่มาจากธรรมชาติ และไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ยในพื้นที่เกษตรกรรม ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (สมชาย องค์ประเสริฐ, 2531; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; วิเชียร จาฏุพจน์, 2549)

1) การตรึงแก๊สไนโตรเจนจากอากาศ

จุลินทรีย์ในดินจะตรึงไนโตรเจนในอากาศซึ่งเป็นรูปแบบทางเคมีที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ ให้เป็นแอมโมเนียอิออน หรือไนเทรตอิออน ซึ่งเป็นอนินทรียไนโตรเจน ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ โดยอนินทรียไนโตรเจนเหล่านี้เป็นสารอาหารในรูปที่พืชนำไปใช้ได้

2) ไนโตรเจนที่ได้จากบรรยากาศ

ขณะเกิดฝนฟ้าคะนอง ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง แก๊สไนโตรเจนในอากาศจะถูกออกซิไดส์ (Oxidize) ไปเป็นไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide: $N_2O$), ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide: NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide: $NO_2$) ซึ่งละลายในน้ำฝนตกลงมายังพื้นโลก กระบวนไนตริฟิเคชันในดินจะเปลี่ยนไนโตรเจนที่ละลายในน้ำเหล่านี้เป็นแอมโมเนียมอิออน และไนเทรต-อิออน แต่ไนเทรตอิออนจะสูญเสียได้ง่าย โดยการเปลี่ยนรูปเป็นแก๊สต่างๆ ถูกชะละลายลงสู่ดิน

3) ไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินมักพบมากในระบบเกษตรกรรมที่ต้องการผลผลิตสูง ซึ่งจัดว่าเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษแบบไม่ทราบตำแหน่งแน่นอน ที่สำคัญที่ก่อให้เกิดมลสารในดิน การปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดิน ถูกชะพาลงสู่แหล่งน้ำและระบบนิเวศของสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ดังนั้นถ้ามีการจัดการดินที่ดีพืชจะได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอต่อความต้องการของพืชแต่ละชนิด

แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ส่วนปุ๋ยอินทรีย์มักใช้ในการปรับปรุงดิน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับปุ๋ยเคมี นอกจากนั้นกระบวนการทางการเกษตร เช่น การไถกลบตอซังก็เป็นการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนในดินตามธรรมชาติเมื่อตอซังเหล่านี้ย่อยสลาย

### *1.3.1.2 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน*

กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินก่อให้เกิดกระบวนการทางชีวเคมี โดยการเปลี่ยนรูปทางเคมีของไนโตรเจน หรือที่เรียกว่ากระบวนการ “Mineralization” อนินทรียไนโตรเจนที่ได้จะอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ กระบวนการดังกล่าวประกอบด้วย 3 กระบวนการย่อย ดังนี้

1) อะมิไนเซชัน (Aminization)

อะมิไนเซชันเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดสารประกอบเอมีนและกรดอะมิโน โดยจุลินทรีย์ที่ใช้คาร์บอนจากอินทรียวัตถุจะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโปรตีนเปลี่ยนเป็นสารประกอบเอมีน และกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ดังสมการ 1-1

$$\text{โปรตีน} \xrightarrow[\text{digestion}]{\text{enzymatic}} \underset{\text{เอมีน/กรดอะมิโน}}{(\text{R-NH}_2)} + \text{CO}_2 + \text{พลังงาน} + \text{อื่นๆ} \qquad (1\text{-}1)$$

2) แอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification)

แอมโมนิฟิเคชันเป็นกระบวนการเกิดแอมโมเนียโดยจุลินทรีย์ประเภทเดียวกับกระบวนการแรก โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) จะเปลี่ยนสารประกอบเอมีนหรือกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอะมิไนเซชัน ไปเป็นแอมโมเนีย ($NH_3$) แอลกอฮอล์ (R-OH) และพลังงาน ดังสมการ 1-2 และ 1-3

$$\text{R-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{hydrolysis}]{\text{enzymatic}} \text{R-OH} + \text{NH}_3 + \text{พลังงาน} \qquad (1\text{-}2)$$

$$2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \longleftrightarrow 2\text{NH}^+_4 + \text{CO}_3^{=} \qquad (1\text{-}3)$$

3) ไนตริฟิเคชัน (Nitrification)

ไนตริฟิเคชันเป็นกระบวนการเกิดไนไทรต์ และไนเทรต โดยการออกซิไดซ์แอมโมเนีย ซึ่งมีเอนไซม์จากจุลินทรีย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จุลินทรีย์พวกนี้เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เรียกว่า ไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) (สมการ 1-4 และ 1-5) ไนเทรตที่ได้จากกระบวนการไนตริฟิเคชันจะละลายอยู่ในสารละลายดิน พืชและจุลินทรีย์ในดินจะดูดซึมนำไปใช้ได้ ส่วนที่เหลือจากการดูดซึมจะสูญเสียไปโดยการชะล้างหรือซึมผ่านชั้นดินลงสู่ดินชั้นล่าง หรืออาจจะสูญเสียไปผ่านรูปของแก๊สสู่บรรยากาศ ในกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) โดยกิจกรรมของแบคทีเรียในสภาพน้ำขัง (สมการ 1-6 และ1-7)

$$NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow[\text{oxidation}]{\text{enzymatic}} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ + \text{พลังงาน} \quad (1\text{-}4)$$

$$NO_2^- + O_2 \xrightarrow[\text{oxidation}]{\text{enzymatic}} 2NO_3^- + \text{พลังงาน} \quad (1\text{-}5)$$

$$2HNO_3 + 4H^+ \xrightarrow{-2H_2O} 2HNO_2 \xrightarrow{-2H_2O} H_2N_2O_2 + 4] \quad (1\text{-}6)$$

$$H_2N_2O_2 \xrightarrow{-2H_2O} N_2O + 2H^+ \xrightarrow{-2H_2O} N_2 \quad (1\text{-}7)$$

### *1.3.2 ฟอสฟอรัสในดิน*

#### *1.3.2.1 แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสในดิน*

ฟอสฟอรัสในดินมาจากแหล่ง 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ อินทรียฟอสเฟต และอนินทรีย-ฟอสเฟต สัดส่วนของสารทั้งสองแตกต่างกันตามชนิดของดินและแร่ธาตุในดิน โดยทั่วไปพบว่ามีอนินทรียฟอสเฟตสูงกว่าอินทรียฟอสเฟต เนื่องจากฟอสเฟตส่วนใหญ่เกิดจากแร่และสารประกอบในดิน (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา และคณะ, 2523; Aston and Hewitt, 1987) นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available-P) ในดินเป็นสัดส่วนน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน เพราะสารประกอบฟอสฟอรัสในดินละลายได้น้อยมาก (สมชาย องค์ประเสริฐ, 2531; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; วิเชียร จาฏุพจน์, 2549)

1) อินทรียฟอสเฟต

อินทรียฟอสฟอรัสประกอบด้วยส่วนโมเลกุลขนาดใหญ่ของอินทรียวัตถุที่มาแทนที่ไฮโดรเจนของกรดออร์โธฟอสฟอริค โดยจับกันระหว่างกรดกับแอลกอฮอล์ (Ester linkage)

และพบว่าอยู่ในรูป Inositol phosphate เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้พบในรูป Phospholipids และ Nucleic acids เล็กน้อย อีกกว่า 50% ไม่สามารถระบุรูปได้ (สรสิทธ์ วัชโรทยาน และคณะ, 2528) โดยทั่วไปถือว่า ดินมีอินทรียฟอสเฟตอยู่ระหว่าง 0.3-95% ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน การสลายตัวของอินทรียฟอสเฟตในดินจะอาศัยจุลินทรีย์ช่วยในการทำปฏิกิริยา ปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์กับอินทรียวัตถุในดิน หรืออินทรียคาร์บอน หรืออินทรียไนโตรเจนของดิน

2) อนินทรียฟอสเฟต

อนินทรียฟอสเฟตในดิน มีทั้งส่วนของอิออนฟอสเฟตในสารละลายดิน และพวกที่เป็นสารประกอบ หรือแร่ของแข็งในดินแบ่งออกเป็น 3 พวก

- ฟอสเฟตในดินที่เป็นแร่ (Mineral form) แร่ฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบที่มากที่สุดของอนินทรียฟอสเฟตในดิน โดยองค์ประกอบทางเคมีของสารประกอบจะแตกต่างตามวัตถุต้นกำเนิด การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของดินตามสภาพแวดล้อม และระยะเวลาการเกิดการเปลี่ยนแปลง พบว่าแร่ฟอสเฟตมีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยมาก

- สารประกอบฟอสเฟตที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยในดิน โดยมักจะใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ดี เช่น $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ และ $NH_4H_2PO_4$ เมื่อใส่ปุ๋ยลงในดินที่มีแคลเซียมและ แมกนีเซียมสูงจะเกิดเป็นสารฟอสเฟตชนิดต่างๆ ที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าเดิมเสมอ และเมื่อใส่ปุ๋ยในดินที่มีเหล็กมากหรือดินที่ผุพังมานานจะเกิดเป็นเหล็กฟอสเฟตที่มีโมเลกุลใหญ่และสลับซับซ้อนยิ่งขึ้น มีผลให้ฟอสฟอรัสตกค้างในดินเคลื่อนที่หลุดไปจากพื้นที่เพาะปลูกได้ไม่มากนัก แต่ถ้าเป็นดินที่มีขนาดอนุภาคทรายมาก หรือมีกระแสน้ำพัดพา ฟอสเฟตจะกระจายไปตามน้ำที่ไหลซึมลงในดินหรือพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ

- Adsorbed phosphate อิออนฟอสเฟตที่ถูกดูดซับอยู่ตามผิวของ Hydrous oxide ของเหล็ก อะลูมิเนียม และแร่ดินเหนียวซิลิเกต ฟอสเฟตเหล่านี้ถูกตรึงและปลดปล่อยออกไปในรูปสารละลายดินได้ยาก

### *1.3.2.2 ปฏิกิริยาของฟอสฟอรัสในดิน*

ปฏิกิริยาฟอสฟอรัสในดินมีความสำคัญมากเนื่องจากเกี่ยวข้องกับปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

1) อนุมูลฟอสเฟตในสารละลายดินทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับประจุบวก

โดยอนุมูลฟอสเฟตในสารละลายดินทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับประจุบวกของเหล็ก อะลูมิเนียม มังกานีส แคลเซียม แมกนีเซียม และประจุบวกอื่นๆ ที่อยู่ในสารละลายดิน เกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยากแล้วตกตะกอนออกไปจากสารละลายดิน โดยเฉพาะในดินที่มีความเป็นกรดสูง อนุมูลฟอสเฟตในดินและในปุ๋ยจะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับประจุบวกเหล่านี้ทันทีเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตชนิดใหม่ซึ่งละลายได้ยากมากขึ้น

2) อนุมูลฟอสเฟตในสารละลายดินทำปฏิกิริยากับไฮดรัสออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม (Hydrous oxides of iron and aluminum)

ปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลของฟอสเฟตในสารละลายดินกับ Hydrous oxide ของเหล็กและอะลูมิเนียม เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตามปฏิกิริยาดิน (สมการ 1-8)

$$Al(H_2PO_4)_3 + 3OH^- \longleftrightarrow Al(OH)_3 + 3H_2PO_4^- \qquad (1\text{-}8)$$

เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดต่ำลง ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นหรือถ้ามีอิออนฟอสเฟตมากเกินไป เหล็กไฮดรอกไซด์หรืออะลูมินัมไฮดรอกไซด์ จะทำปฏิกิริยากับอิออนเกิดเป็นเหล็กฟอสเฟต หรืออะลูมินัมฟอสเฟต

3) อนุมูลฟอสเฟตในสารละลายดินถูกดูดซับไว้ด้วยแร่ดินเหนียว

แร่ดินเหนียวพวก Kaolinite, Montmorillonite และ Illite ทำปฏิกิริยาโดยกระบวนการ Surface reaction อิออนของฟอสเฟตเข้าแทนที่ Hydroxyl group ที่อยู่รอบผิวแร่ดินเหนียวซิลิเกต แล้วเข้าทำปฏิกิริยากับอะตอมของอะลูมินัม หรือเหล็กที่อยู่ในโครงสร้างของแร่ซิลิเกตในดินเหนียว (สมการ 1-9)

$$\underset{\text{Silicate crystal}}{\boxed{\text{-Al-}}} + H_2PO_4^- + 2H_2O \longleftrightarrow 2H^+ + \underset{\text{แร่ฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก}}{\boxed{\text{-Al(OH)}_2H_2PO_4}} \qquad (1\text{-}9)$$

4) ฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับแคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอนเนต

ดินที่มี แคลเซียมคาร์บอนเนต ($CaCO_3$) และ แมกนีเซียมคาร์บอนเนต ($MgCO_3$) สะสมมากพบว่ามี $Ca^{2+}$ และ $Mg^{2+}$ สูงด้วย โดยทั่วไปพบในดินที่มีความเป็นกรดสูง อิออนของฟอสเฟตสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับ $Ca^{2+}$ และ $Mg^{2+}$ บางกรณีสามารถทำปฏิกิริยากับ $CaCO_3$ เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอนเนตที่ละลายน้ำได้ยาก (สมการ 1-10 และ 1-11)

$$3Ca^{2+} + \underset{\text{ละลาย}}{2H_2PO_4^-} \longleftrightarrow \underset{\text{ไม่ละลาย}}{Ca_3(PO_4)_2} + 4H^+ \qquad (1\text{-}10)$$

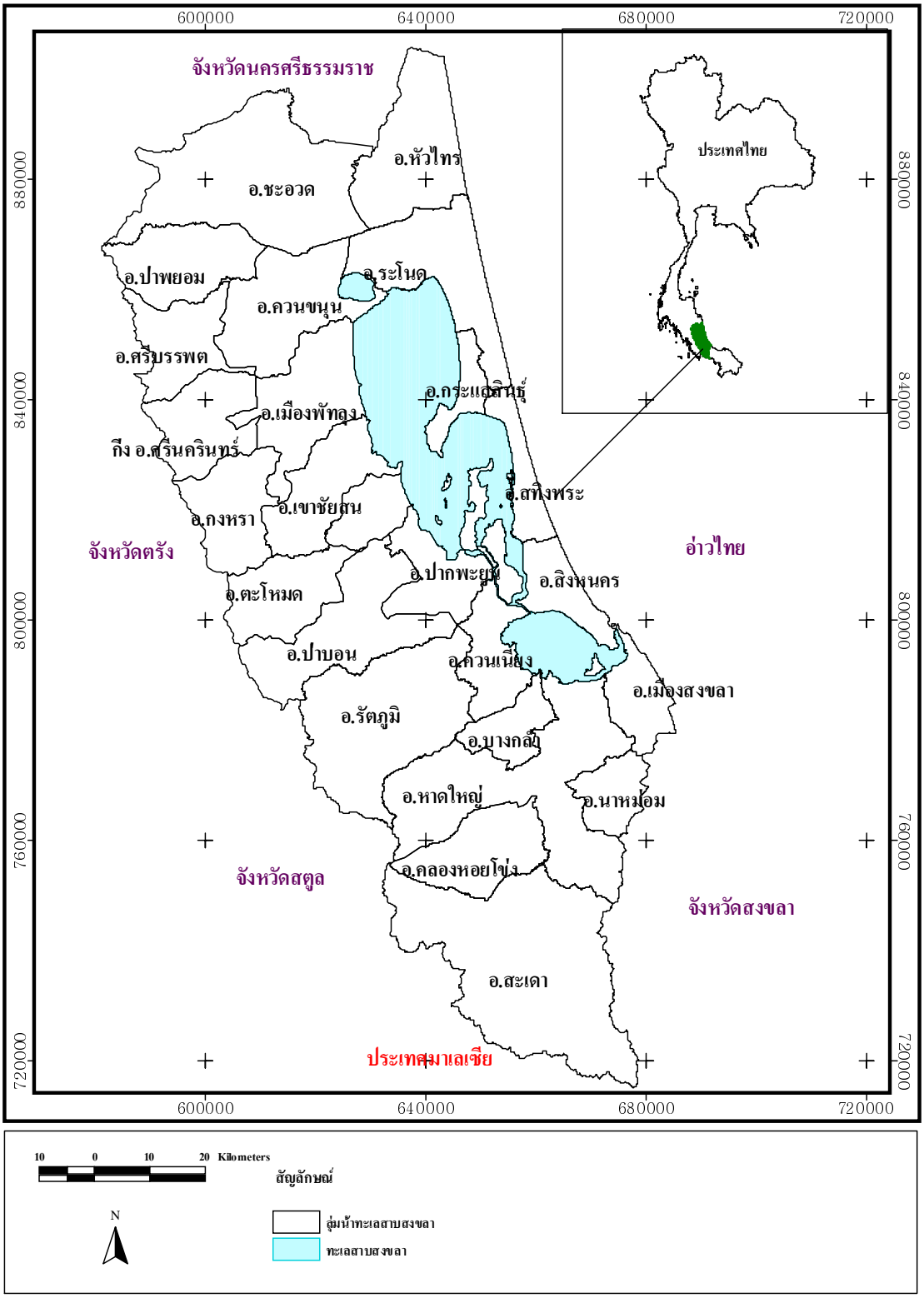
$$3CaCO_3 + \underset{\text{ละลาย}}{2H_2PO_4^-} \longleftrightarrow \underset{\text{ไม่ละลาย}}{Ca_3(PO_4)_2} + 3HCO_3^- + H^+ \quad (1\text{-}11)$$

## 1.4 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีลักษณะที่แตกต่างไปจากทะเลสาบอื่นๆ คือ มีทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งน้ำ ซึ่งรองรับน้ำจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ก่อนไหลออกสู่อ่าวไทย ทะเลสาบสงขลาเป็นทะเลสาบที่มีความอุดมสมบูรณ์มากแห่งหนึ่งของประเทศไทย โดยมีลักษณะเป็นทะเลสาบกึ่งปิด เรียกว่า ลากูน (Lagoon) มีระบบนิเวศทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม เนื่องจากมีน้ำเค็มจากอ่าวไทยเข้ามาผสมผสาน ลักษณะทางกายภาพของทะเลสาบสงขลาจึงแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ทะเลน้อย, ทะเลสาบตอนบน (หรือทะเลหลวง), ทะเลสาบตอนกลาง (หรือทะเลสาบ) และทะเลสาบตอนล่าง (หรือทะเลสาบสงขลา) (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคณะ, 2548ข)

### *1.4.1 สภาพทางภูมิศาสตร์ของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา*

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตั้งอยู่บนชายฝั่งด้านตะวันออกของภาคใต้ ระหว่างเส้นรุ้งที่ 6°28’ ถึง 7°58’ เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 99°47’ ถึง 100°37’ ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดพัทลุงทั้งจังหวัด จังหวัดสงขลาจำนวน 12 อำเภอ คือ อ.เมืองสงขลา, อ.หาดใหญ่, อ.สะเดา, อ.รัตภูมิ, อ.ระโนด, อ.สทิงพระ, อ.สิงหนคร, อ.กระแสสินธุ์, อ.ควนเนียง, อ.นาหม่อม, อ.บางกล่ำ, อ.คลองหอยโข่ง และจังหวัดนครศรีธรรมราช 2 อำเภอ คือ อ.ชะอวดและอ.หัวไทร (รูป 1-1) พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีความกว้างจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกประมาณ 65 กิโลเมตร และมีความยาวจากทิศเหนือไปทิศใต้ประมาณ 150 กิโลเมตร แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นพื้นดิน มีพื้นที่ประมาณ 8,495 ตารางกิโลเมตร (5,309,356 ไร่) และส่วนที่เป็นพื้นน้ำมีพื้นที่ประมาณ 1,070 ตารางกิโลเมตร (668,668 ไร่) บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ติดกับทะเลสาบตอนบนมีป่าพรุเรียกว่า “พรุควนเคร็ง” มีพื้นที่ 137 ตารางกิโลเมตร (รวมทะเลน้อย) (ฝ่ายข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและการจัดการสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา, 2537; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคณะ 2548ค; กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)




ที่มาข้อมูล : ฝ่ายข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2545)

รูป 1-1 แผนที่ขอบเขตการปกครองในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

### *1.4.2 ภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา*

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ฝนตกเกือบตลอดปี และมีเพียง 2 ฤดู คือ

#### *1.4.2.1 ฤดูฝน*

เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมกราคม แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรก ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน เป็นช่วงมรสุม ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านมหาสมุทรอินเดีย ช่วงนี้มีฝนตกน้อย และระยะที่ 2 ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม ช่วงนี้ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านอ่าวไทย ทำให้ฝนตกชุก เดือนที่ฝนตกมากที่สุด คือ เดือนพฤศจิกายน

#### *1.4.2.2 ฤดูร้อน*

เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ช่วงนี้ได้รับอิทธิพลจากลมตะวันออกซึ่งเป็นลมร้อนและชื้น ทำให้อากาศร้อน โดยเดือนเมษายนเป็นเดือนที่อากาศร้อนที่สุด

ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาระหว่างปี พ.ศ. 2535-2545 อยู่ที่ 2,043 มิลลิเมตร/ปี โดยมีพิสัยอยู่ในช่วง 1,549-2,399 มิลลิเมตร/ปี และค่ามัธยฐาน (Median) หรือปริมาณฝนรายปีส่วนใหญ่อยู่ที่ประมาณ 2,000 มิลลิเมตร/ปี (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคณะ, 2548ข)

### *1.4.3 ธรณีสัณฐานของดินลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา*

จากรายงานการสำรวจดินของจังหวัดสงขลา พัทลุง และนครศรีธรรมราช ของกองสำรวจและจำแนกดิน ซึ่งลักษณะดินจะมีความแตกต่างกันด้านวัตถุต้นกำเนิดดิน และสภาพภูมิประเทศ ซึ่งสามารถกล่าวสรุปตามลักษณะสัณฐานของดินได้ 8 ลักษณะ (รูป 1-2) ดังต่อไปนี้ (ชาลี นาวานุเคราะห์ และ อนันต์ สุธีมีชัยกุล, 2538; กรมพัฒนาที่ดิน, 2545; ธิตินัย พงศ์พิริยะกิจ, 2546)

#### *1.4.3.1 หาดทรายและสันทราย (Recent beaches and beach ridges)*

เกิดเป็นแนวยาวขนานไปกับชายฝั่งทะเลด้านทิศตะวันออกของลุ่มน้ำฯ ลักษณะพื้นที่เป็นสันทรายซึ่งเกิดจากอิทธิพลของคลื่นที่พัดพาทรายมาทับถม พบทั้งบริเวณที่เป็นชายฝั่งทะเลและทะเลสาบ ดินที่พบส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นทรายจัด มีการระบายน้ำมากเกินไป มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่ปลูกมะพร้าว และใช้เป็นที่อยู่อาศัย พืชพรรณธรรมชาติบริเวณที่เป็นชายฝั่งทะเลและทะเลสาบเป็นพวกสนทะเล หญ้า และไม้พุ่มเตี้ย

#### *1.4.3.2 ที่ราบน้ำทะเลเคยท่วมถึง (Former tidal flat)*

เกิดจากการพัดพาทับถมของตะกอนน้ำทะเลซึ่งเคยท่วมถึงในอดีต เป็นบริเวณพื้นที่ราบลุ่มมีบริเวณกว้างขนานไปกับชายฝั่งทะเล และเป็นแนวแคบๆ ตามฝั่งทะเลสาบสงขลาด้านทิศตะวันออกและใต้ การทับถมส่วนใหญ่เป็นพวกตะกอนเนื้อละเอียดปะปนกับเปลือกหอย ดินที่พบ เป็นพวกดินเหนียว และดินเหนียวปนทรายแป้งสีเทา มีการระบายน้ำเลว เนื่องจากเป็นที่ราบลุ่ม บางบริเวณอาจพบดินกรดและดินกรดแฝง พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ทำนา พืชพรรณตามธรรมชาติได้แก่ กก เสม็ด

#### *1.4.3.3 ที่ราบตะกอนทะเลสาบ (Lacustrine plain)*

มีลักษณะเป็นสัน ยาวขนานไปกับชายฝั่งด้านทิศตะวันตก ดินที่พบเกิดจากการทับถมของตะกอนทะเลสาบ มีเนื้อดินเป็นพวกดินทรายแป้งสีเทา มีการระบายน้ำเลว พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ทำนาและปลูกพืชผักในฤดูแล้งโดยเฉพาะบริเวณใกล้แหล่งน้ำ

#### *1.4.3.4 ที่ลุ่มต่ำน้ำขัง (Marsh)*

ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำขังเกือบตลอดปี บริเวณโดยรอบทะเลน้อย และที่ลุ่มต่ำบนเกาะในทะเลสาบ เขต อ.ปากพยูน พบการทับถมของซากพืชที่เน่าเปื่อยผุพังเป็นบางแห่ง ดินที่พบส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว บางบริเวณอาจพบดินกรดจัดหรือกรดแฝง พืชพรรณส่วนใหญ่เป็นพืชธรรมชาติพวก กก กระจูด เป็นต้น

#### *1.4.3.5 ที่ราบลุ่มตะกอนลำน้ำ (Alluvial plain)*

มีลักษณะพื้นที่ราบเรียบหรือเกือบเรียบซึ่งเกิดจากการพัดพาตะกอนลำน้ำมาทับถม บริเวณที่ราบลุ่มตะกอนลำน้ำจะพบสภาพพื้นที่พวกสันดินริมน้ำ (Levee) ซึ่งเกิดจากการทับถมของ

ตะกอนลำน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำธาร ดินที่พบบริเวณที่ราบลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะเป็นดินเหนียวที่ระบายน้ำเลว ใช้ในการทำนา บริเวณสันริมน้ำ ดินที่พบเป็นพวกดินร่วนละเอียดหรือดินเหนียวที่มีการระบายน้ำดี บางแห่งอาจพบพวกดินร่วนเหนียวที่มีการระบายน้ำค่อนข้างเลว ดินที่พบส่วนใหญ่ในบริเวณนี้เหมาะสำหรับปลูกยางพารา ไม้ผล และไม้ยืนต้นอื่นๆ และที่อยู่อาศัย

#### *1.4.3.6 บริเวณที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน (Erosional surface)*

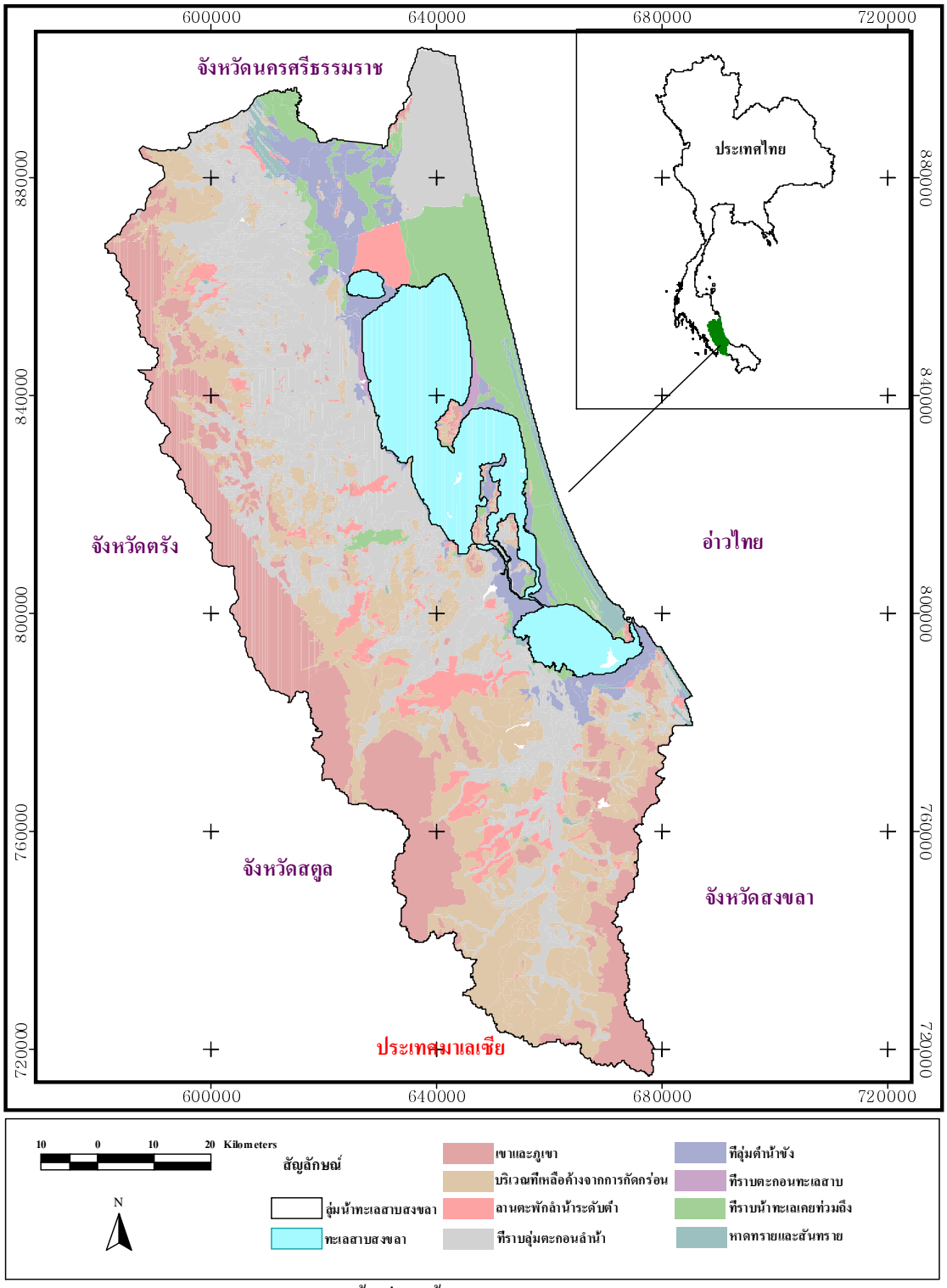
เป็นพื้นที่ดอนที่เกิดจากกระบวนการปรับระดับของพื้นที่ โดยมีน้ำเป็นตัวทำให้เกิดการสลายตัวของหิน การชะล้างพังทลาย และมีการนำพาวัตถุเหล่านี้ไปทับถมที่อื่นอาจเป็นระยะใกล้หรือระยะไกลออกไป บริเวณพื้นผิวที่เหลือจากการกัดกร่อนเหล่านี้มีสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันไป ตั้งแต่สภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด ลูกคลื่นลอนชันเป็นดิน หรือเนินเขาที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน หรือเป็นที่ลาดเชิงเขา ดินส่วนใหญ่มีการระบายน้ำดี โดยมีเนื้อดินแปรผันไปตามวัตถุต้นกำเนิดดิน ซึ่งอาจเป็นหินตะกอนเนื้อหยาบ หินตะกอนเนื้อละเอียด หรือหินแกรนิต พบในดินชั้นล่างในบริเวณที่เป็นเนินเขาที่ลาดชัน บริเวณที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด หรือลูกคลื่นลอนชันอาจพบชั้นก้อนกรวดพวกศิลาแลงในพื้นที่บางแห่ง พื้นที่เหล่านี้ส่วนใหญ่ใช้ปลูกยางพารา และสามารถปลูกไม้ผลได้ในพื้นที่แหล่งน้ำ และไม่มีปัญหาเรื่องดินตื้น

#### *1.4.3.7 ลานตะพักลำน้ำระดับต่ำ (Low terrace)*

มีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบ ซึ่งอยู่ถัดจากที่ลุ่มตะกอนลำน้ำ มีลักษณะเนื้อดินแตกต่างกันไป ส่วนใหญ่จะเป็นดินเนื้อละเอียด ตะกอนที่ถูกทับถมมีลักษณะแตกต่างกัน อาจพบก้อนกรวดศิลาแลงปะปนอยู่ในชั้นดินเป็นแห่งๆ ดินมีการระบายน้ำเลว โดยปกติใช้ในการทำนา แต่ส่วนใหญ่จะเป็นดินเนื้อละเอียด และในบริเวณที่มีชั้นก้อนกรวดพวกศิลาแลงหนาแน่นจะถูกปล่อยทิ้งเป็นป่าละเมาะ

#### *1.4.3.8 เขาและภูเขา (Hill and mountains)*

มีลักษณะพื้นที่ลาดชันตั้งแต่ 35% ขึ้นไป เป็นสันเขาหรือเทือกเขาทอดเป็นแนวยาวขนานกับพื้นที่ทิศตะวันตกของพื้นที่ลุ่มน้ำฯ บางแห่งอาจพบเขาเป็นหย่อมๆ หรือเขาโดดบริเวณพื้นที่รอบๆ ชายฝั่งทะเลสาบ จากการที่เป็นพื้นที่สูงไม่เหมาะกับการทำการเกษตร จึงควรสงวนไว้เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารที่สำคัญของพื้นที่ลุ่มน้ำ




ดัดแปลงจาก : ข้อมูลหน่วยดินในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาของ ฝ่ายข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2545) จัดแบ่งตามลักษณะธรณีสัณฐานของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

รูป 1-2 แผนที่ธรณีสัณฐานของดิน (Landform) ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

### *1.4.4 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา*

ดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีลักษณะเป็นกรด ค่า pH ประมาณ 4-5 ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีอยู่หลายชนิด บริเวณชายฝั่งทะเลส่วนใหญ่เป็นทราย ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของคลื่นลมที่พัดพาเอาทรายขึ้นมาทับถม ใช้เป็นที่อยู่อาศัย และการปลูกมะพร้าวพื้นที่บริเวณคาบสมุทรสทิงพระ และรอบทะเลสาบสงขลาเกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำทะเลหรือตะกอนทะเลสาบ เนื้อดินจะเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทราย พื้นที่เหล่านี้ส่วนใหญ่จึงเป็นพื้นที่ทำนา บริเวณที่อยู่สูงขึ้นไปจะเป็นดินที่เกิดจากการพัดพาทับถมของตะกอนทั้งเก่าและใหม่ เนื้อดินจะเป็นดินร่วน ดินร่วนปนเหนียว ถึงดินเหนียว ส่วนใหญ่จะปลูกยางพาราและสวนผลไม้ ส่วนบริเวณที่อยู่สูงขึ้นมาตามที่ลาดเชิงเขา ลักษณะดินจะขึ้นอยู่กับชนิดของหินที่รองรับอยู่ด้านล่าง พื้นที่บริเวณนี้ส่วนใหญ่ใช้ปลูกยางพาราและสามารถปลูกผลไม้ได้ในบริเวณใกล้แหล่งน้ำ

จากการศึกษาพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มหลัก (ตาราง 1-1) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541; กรมพัฒนาที่ดิน, 2545; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548 ค)

#### *1.4.4.1 พื้นที่อยู่อาศัย*

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ปี พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ 224 ตารางกิโลเมตร (139,837 ไร่) หรือ 2.63% ของพื้นที่ลุ่มน้ำฯ ได้แก่ชุมชนเมือง ซึ่งประกอบด้วย เทศบาลหรือสุขาภิบาล ส่วนราชการ และชุมชนในชนบท พบกระจายอยู่ทั่วไปรอบทะเลสาบ มักมีสวนในบ้านซึ่งปลูกผลไม้หลายชนิดเช่น มะพร้าว ทุเรียน เงาะ หมาก และอื่นๆ เป็นต้น จากตารางการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตาราง 1-1) พบว่าพื้นที่ที่อยู่อาศัยมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เดิมในปี พ.ศ. 2536 และ ปี พ.ศ. 2539

#### *1.4.4.2 พื้นที่เกษตรกรรม*

การใช้ที่ดินประเภทนี้มีประมาณ 66.63% ของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ในปี พ.ศ. 2545 มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 5,660 ตารางกิโลเมตร (3,537,827 ไร่) ประกอบด้วย

1) พื้นที่สวนยางพารา มีพื้นที่ 40.04% ของพื้นที่ทั้งหมดในลุ่มน้ำฯ ประมาณ 3,401 ตารางกิโลเมตร (2,125,775 ไร่) จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่บริเวณ อ.หาดใหญ่และ อ.สะเดา จังหวัดสงขลา โดยส่วนใหญ่เป็นสวนขนาดเล็ก ส่วน

สวนขนาดใหญ่มีน้อย และส่วนใหญ่จะเป็นยางพันธุ์ดีให้ผลผลิต 270-284 กิโลกรัม/ไร่/ปี ซึ่งสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยของภาคใต้ซึ่งเท่ากับ 209 กิโลกรัม/ไร่/ปี (สำนักงานสถิติจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2542; สำนักงานสถิติจังหวัดพัทลุง, 2542; สำนักงานสถิติจังหวัดสงขลา, 2542)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินไปเป็นพื้นที่สวนยางพารามีสูงเนื่องจากยางพารามีราคาดีและมีเสถียรภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2539 นอกจากนี้พบว่าในช่วงระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2536-2545) มีพื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้น 1,115 ตารางกิโลเมตร (697,022 ไร่) คิดเป็นอัตราที่เพิ่มขึ้นประมาณ 69,702 ไร่/ปี (ตาราง 1-1) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่นาดอน (เป็นการใช้ที่ดินผิดประเภท เนื่องจากพื้นที่นาจะมีปริมาณน้ำใต้ดินค่อนข้างสูง) และยังคาดการณ์ว่าในอนาคตจะมีการปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นในอัตราสูง

2) พื้นที่นาข้าว การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นพื้นที่นาข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ปี พ.ศ. 2545 คิดเป็นพื้นที่ 1,802 ตารางกิโลเมตร (1,126,211 ไร่) หรือ 21.26% ของพื้นที่ลุ่มน้ำฯ ส่วนใหญ่อยู่บริเวณที่ราบส่วนกลางบริเวณจังหวัดพัทลุง และพื้นที่คาบสมุทรสทิงพระ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ (ตาราง 1-1) พบว่าพื้นที่นาลดลงประมาณ 286,705 ไร่ ระหว่างปี พ.ศ. 2536-2545

3) สวนผลไม้ ปาล์มน้ำมัน และอื่นๆ มีพื้นที่ 258 ตารางกิโลเมตร (161,273 ไร่) คิดเป็น 3.04% ของพื้นที่ทั้งหมดในลุ่มน้ำฯ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2545 และระหว่างปี พ.ศ. 2536-2545 พบว่ามีพื้นที่เพิ่มขึ้น 65 ตารางกิโลเมตร (40,900 ไร่) คิดเป็นอัตราที่เพิ่มขึ้นประมาณ 4,090 ไร่/ปี (ตาราง 1-1)

4) นากุ้ง เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีพื้นที่ 50 ตารางกิโลเมตร (31,341 ไร่) คิดเป็น 3.04% ของพื้นที่ทั้งหมดในลุ่มน้ำฯ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้กลายเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากของไทย ในปี พ.ศ. 2530 การเลี้ยงกุ้งทะเล โดยเฉพาะกุ้งกุลาดำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งพื้นที่เลี้ยงกุ้งเพิ่มขึ้นจาก 279,812 ไร่ ในปี พ.ศ. 2530 เป็น 468,386 ไร่ในปี พ.ศ. 2538 และหลังจากนั้นเป็นต้นมา พื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำลดลงเนื่องจากสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมและประสบปัญหาโรคกุ้ง เช่น ในปี พ.ศ. 2541 พื้นที่เลี้ยงกุ้งในประเทศลดลงเหลือ 437,500 ไร่ (กรมประมง, 2542) และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบในปี 2545 (ตาราง 1-1) อาจก่อให้เกิดปัญหาการเพิ่มขึ้นของนากุ้งร้าง

### *1.4.4.3 พื้นที่ป่าไม้*

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีพื้นที่ 1,164 ตารางกิโลเมตร (727,426 ไร่) หรือ 13.70% ของพื้นที่ลุ่มน้ำฯ ส่วนใหญ่เป็นป่าดิบชื้น ป่าบึง และป่าเสื่อมโทรม นอกจากนี้เป็นป่าชายเลนและป่าผสมอีกเล็กน้อย พื้นที่ป่าไม้ลดลงจากปี พ.ศ. 2536 ซึ่งมีอยู่ 1,559 ตารางกิโลเมตร (974,376 ไร่) หรือประมาณ 18.35% ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด โดยลดลงประมาณ 395 ตารางกิโลเมตร (246,950 ไร่) และมีแนวโน้มจะลดลงอย่างต่อเนื่อง (ตาราง 1-1)

### *1.4.4.4 พื้นที่แหล่งน้ำ*

พื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่ 1,070 ตารางกิโลเมตร (668,668 ไร่) หรือ 12.59% ของพื้นที่ลุ่มน้ำฯ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2545 พบว่าประกอบด้วยแหล่งน้ำธรรมชาติ และแหล่งน้ำจัดสร้าง เช่น อ่างเก็บน้ำคลองจำไหร คลองหลา และคลองสะเดา เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

### *1.4.4.5 พื้นที่อื่นๆ*

พื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ 245,485 ไร่หรือ 4.63% ของพื้นที่ลุ่มน้ำฯ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545 พบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ และที่รกร้างที่ไม่ใช้ทำการเกษตร เช่น ทุ่งหญ้าชายฝั่งทะเล พื้นที่บางส่วนติดชายฝั่งทะเลสาบสงขลาไม่สามารถปลูกพืชเศรษฐกิจได้ นอกจากนี้เป็นพื้นที่ลุ่มชื้นแฉะที่เกิดจากการรวมตัวของตะกอนดินที่พัดมาทับถม โครงสร้างของดินไม่แน่นอน ชายหาด พื้นที่ทิ้งขยะ บ่อดินลูกรัง และโรงงานอุตสาหกรรม

สรุปภาพรวมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา พบว่ามีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งเป็นที่ลาดชันสูงและบริเวณที่เป็นป่าชายเลน มาใช้ในการปลูกยางพาราและการเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น โดยพื้นที่ป่าธรรมชาติลดลง และในขณะเดียวกันพื้นที่ปลูกยางพาราได้เพิ่มมากขึ้น (NESDB and NEB, 1985) ป่าพรุในบริเวณนี้เป็นที่อยู่สำคัญของนกน้ำและสัตว์ป่าได้ถูกทำลายลงเป็นอย่างมากในระยะที่ผ่านมา การใช้ประโยชน์ไม้เพื่อการทำฟืนทำถ่าน ในขณะที่พืชที่เหล่านั้นไม่มีศักยภาพที่เหมาะสมในการปลูกพืช ส่งผลไปถึงความสามารถในการให้ผลผลิตได้ไม่เต็มศักยภาพ นอกจากนี้ยังเป็นการเร่งให้เกิดความเสื่อมโทรม และเป็นการเร่งให้เกิดกษัยการของดินด้วย ในกรณีที่บุกรุกพื้นที่ป่าลาดชันตอนบนยังพบว่ามีการขยายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสูงระหว่างปี พ.ศ. 2525-2539 จากพื้นที่นาข้าวเป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

แต่มีแนวโน้มที่ลดลงในปี 2545 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541; กรมพัฒนาที่ดิน, 2545; กรมประมง, 2542)

ตาราง 1-1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ปี พ.ศ. 2536, 2539 และ 2545

หน่วย : ไร่ (ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าร้อยละของพื้นที่ลุ่มน้ำ)

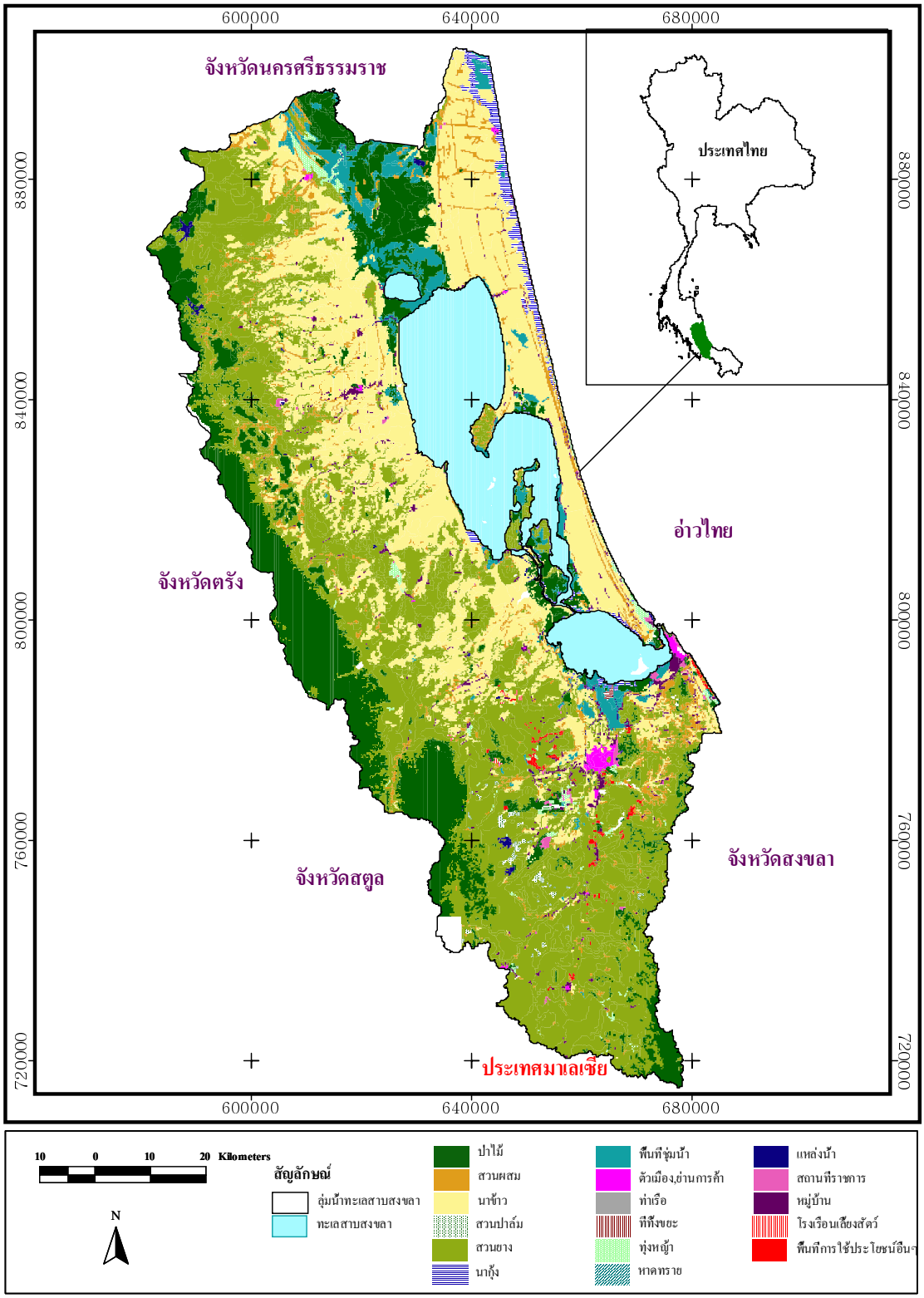
| สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน | เนื้อที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2536 | | 2539 [1/] | | 2545 | |
| พื้นที่อยู่อาศัย | 120,224 | (2.26) | 120,224 | (2.26) | 139,837 | (2.63) |
| พื้นที่เกษตรกรรม | 2,982,508 | (56.17) | 3,310,548 | (62.35) | 3,537,827 | (66.63) |
| นาข้าว | 1,412,916 | (26.61) | 1,412,916 | (26.61) | 1,126,211 | (21.26) |
| นาร้าง | * | | * | | 83,340 | (1.57) |
| ยางพารา | 1,428,753 | (26.91) | 1,760,524 | (33.16) | 2,125,775 | (40.04) |
| สวนผสม ปาล์มน้ำมัน และอื่นๆ | 120,373 | (2.27) | 102,285 | (1.93) | 161,273 | (3.04) |
| นากุ้ง เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ | 20,466 | (0.39) | 34,823 | (0.65) | 31,341 | (0.59) |
| พื้นที่ป่าไม้ | 974,376 | (18.35) | 974,376 | (18.35) | 727,426 | (13.70) |
| พื้นที่แหล่งน้ำ | * | | 668,688 | (12.60) | 668,668 | (12.59) |
| แหล่งน้ำธรรมชาติ | * | | * | | 661,848 | (12.47) |
| แหล่งน้ำจัดสร้าง | * | | * | | 6,820 | (0.13) |
| พื้นที่อื่นๆ | ** | | 235,540 | (4.44) | 245,485 | (4.63) |
| รวม | | | 5,309,356 | (100) | | |

หมายเหตุ : (1) * ตัวเลขในตารางที่ขาดหายไปเนื่องจากได้คัดลอกมาเฉพาะที่ปรากฏในเอกสารอ้างอิง

(2) ** "พื้นที่อื่นๆ = 563,580 ไร่" เมื่อสมมุติให้พื้นที่รวมของปี 2536 เท่ากับปี 2539 และ 2545 และให้พื้นที่นาร้างที่ไม่มีข้อมูลเท่ากับศูนย์

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม, 2548ค

[1/]กรมพัฒนาที่ดิน, 2541




ที่มาข้อมูล : ฝ่ายข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2545)

รูป 1-3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land-use) ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

## 1.5 ปริมาณและการเคลื่อนย้ายของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดิน

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก จัดว่าเป็นธาตุอาหารหลักในดิน แต่ในธรรมชาติมักพบปริมาณที่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช

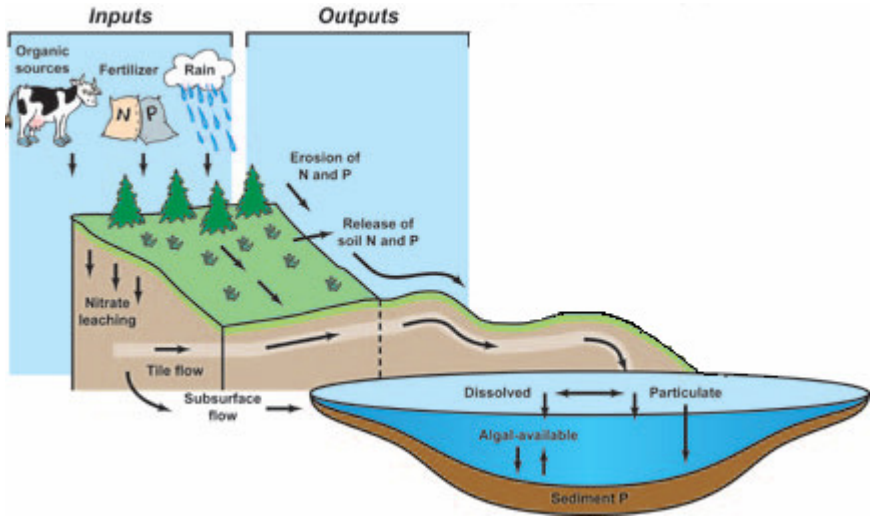
ไนโตรเจนในดินมีปริมาณน้อยกว่า 0.02% โดยเฉพาะในเขตร้อนชื้นที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ส่วนใหญ่พบในรูปของอินทรียไนโตรเจนมากกว่า 98% และอยู่ในรูปอนินทรียไนโตรเจนประมาณ 2% โดยรูปที่พบว่าเป็นประโยชน์ต่อพืชในดินคือ $NH_4^+$, $NO_3^-$ และ $NO_2^-$ การศึกษาพื้นที่เกษตรกรรมในประเทศไทยที่ระดับผิวหน้าดิน (ลึก 0-15 เซนติเมตร) พบว่ามีปริมาณ อนินทรียไนโตรเจน ($NH_4^+$ และ $NO_3^-$) อยู่ระหว่าง 3-10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หรือประมาณ 0.01-0.02% (วิเชียร จาฏุพจน์, 2549)

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินโดยทั่วไปมีปริมาณที่น้อย จัดว่าเป็นธาตุอาหารที่ขาดแคลนรองจากไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสในดินโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.02-0.15% และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available-P) ในดินเป็นสัดส่วนน้อยมากเมื่อเทียบกับฟอสฟอรัสทั้งหมด ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปออร์โทฟอสเฟต และอินทรียฟอสเฟตในดินมีประมาณ 0.3-95% ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน ขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เมื่ออินทรียฟอสฟอรัสถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดินจะเปลี่ยนเป็นอนินทรียฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ยาก 80-90% ที่เหลือจะอยู่ในรูปละลายได้ช้า และเพียง 1% อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่าย จากการศึกษาดินในเขตร้อนชื้นพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในดินชั้นบนสูงกว่าดินชั้นล่าง (วิเชียร จาฏุพจน์, 2549)

ดังนั้น เมื่อปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดินไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช เกษตรกรจึงต้องเพิ่มปริมาณของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดินโดยการใส่ปุ๋ยเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิต

### *1.5.1 การเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในดิน*

การเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำ จะมีลักษณะคล้ายคลึงกันคือ การเคลื่อนย้ายโดยติดไปกับอนุภาคของดิน และ การชะละลาย (รูป 1-4) ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำ คุณภาพของน้ำจนอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน เนื่องจากธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นแหล่งอาหารของพืชน้ำ และแพลงก์ตอนพืช




รูป 1-4 การเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำ

ที่มา : Carpenter *et al*. (1998b)

การเคลื่อนย้ายไนโตรเจนในดินเข้าสู่แหล่งน้ำที่สำคัญคือ การเคลื่อนย้ายไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน ถูกชะละลายลงสู่น้ำใต้ดิน และการกษัยการของดิน โดยทั่วไปแล้วสัดส่วนของไนโตรเจนที่สูญเสียไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินจะมีค่าไม่สูงมาก เมื่อเทียบกับการสูญเสียไนเทรตในกระบวนการชะละลาย อย่างไรก็ดีในพื้นที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราสูง การสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์และปริมาณน้ำฝนมาก การสูญเสียไนเทรตไปกับน้ำไหลบ่าก็อาจมีปริมาณมากได้ (Owens *et al*., 1984; Ramos and Martinez, 2002) Buchholz (1990) พบว่าในพื้นที่เกษตรกรรมที่ควบคุมการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเหมาะสม ไนโตรเจนในน้ำท่ามาจากเศษซากพืชและอินทรียวัตถุมากกว่าจากปุ๋ยเคมี เพราะการสลายตัวของอินทรียวัตถุไม่มีความสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของพืช จึงง่ายต่อการพัดพาไปกับน้ำไหลบ่ามากกว่าปุ๋ยเคมีที่มีการกำหนดเวลาใส่ลงไปในดิน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพืชที่ปกคลุมบนพื้นดิน (Elrashidi *et. al*., 2004) Junhong *et al*. (2004) ศึกษาการแพร่กระจายของไนโตรเจนในดินบริเวณลุ่มแม่น้ำ Taoer ประเทศจีน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนสูง ในรูปของไนเทรตในระดับ 0-10 เซนติเมตร และระดับ 10-30 เซนติเมตร เนื่องจากการชะละลาย และกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน แต่ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียจะกระจายตัวอยู่ในดินสูงกว่าในระดับ 0-10 เซนติเมตร (ผิวหน้าดิน) และพื้นที่ที่ดินมีความชื้นสูงดินชั้นบนจะถูกเคลื่อนย้ายตามช่องว่างของดินลงสู่ดินชั้นล่างได้ดี นอกจากนี้กรณีที่ดินมีเนื้อหยาบไนเทรตในดินจะสามารถเคลื่อนที่ลงไปได้ลึกกว่า เมื่อดินมีการระบายน้ำ ไนเทรตก็อาจจะสามารถเคลื่อนที่ร่วมกับ Capillary water มาสะสมที่ดินชั้นบนได้ (วิเชียร ฝอยพิกุล, 2536)

การสูญเสียฟอสฟอรัสจากดินไปปนเปื้อนระบบสิ่งแวดล้อมมักเป็นในรูปของฟอสฟอรัสที่ติดไปกับอนุภาคดินโดยการกษัยการของดิน และน้ำไหลบ่าหน้าดิน มิใช่การเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสในรูปของสารละลาย เนื่องจากฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ละลายน้ำได้น้อยมาก และอิออนฟอสเฟตที่ละลายอยู่ในสารละลายดินมีน้อย นอกจากนี้มีการสูญเสียฟอสฟอรัสในรูปของดินที่ถูกน้ำพัดพา หรือดินที่ถูกลมหอบในแต่ละปีจะมีประมาณ 1-3 กิโลกรัม-ฟอสฟอรัส/ไร่/ปี (หรือประมาณ 0.4-1.2% ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินชั้นไถพรวน) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; Elrashidi *et al.*, 2003)

การศึกษาบริเวณลุ่มน้ำเกรตเลค ชี้ให้เห็นว่าได้รับฟอสฟอรัสประมาณ 3,000 ตัน/ปี จากแหล่งน้ำย่อย 300 แห่ง โดยมาจากน้ำไหลบ่าในพื้นที่เพาะปลูกถึง 70% คอกปศุสัตว์ 20% และอีก 10% ส่วนใหญ่มาจากการกร่อนของตลิ่งและอื่นๆ (Miler *et al*., 1982; Culley and Bolton, 1983; Culley *et al*., 1983) ข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบได้ว่าน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่เกษตรกรรม (พื้นที่เพาะปลูกและคอกปศุสัตว์) เป็นตัวการสำคัญที่นำเอาอนุภาคดินที่มีฟอสเฟตติดไปด้วยประมาณ 2,700 ตัน/ปี โดยฟอสฟอรัสจะดูดซับมากับตะกอนหรือตกตะกอนกับแคลเซียม ($Ca^{2+}$) เหล็ก ($Fe^{3+}$) และอะลูมิเนียม ($Al^{3+}$) แล้วพัดพามากับน้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่าการถูกชะละลายผ่านดินลงสู่แหล่งน้ำ (Mackenthum, 1973; Golterman,1975; Gburek *et al*., 2000; Sharpley and Tunney, 2000) และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินที่ถูกกัดเซาะจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณอนุภาคขนาดเล็ก (ดินเหนียวและดินแป้ง) ในน้ำท่า เมื่อตะกอนดินเหล่านี้แตกออกจากก้อนดินเป็นอนุภาคเดี่ยวจะแขวนลอยในน้ำได้นาน จึงเป็นแหล่งสะสมฟอสฟอรัสแก่สาหร่ายทำให้เกิดมลพิษต่อแหล่งน้ำเป็นบริเวณกว้าง (Rhoton *et al*., 1979)

### *1.5.2 ปัจจัยของการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในดิน*

#### *1.5.2.1 การใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และอินทรียวัตถุในดิน*

การใส่ปุ๋ยในดินเป็นการเพิ่มปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดิน โดยปุ๋ยจะเกิดการเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปของอนินทรียไนโตรเจน ทั้งแอมโมเนียไนโตรเจน และไนเทรต-ไนโตรเจน นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียฟอสฟอรัส อนินทรียฟอสฟอรัส และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยในปริมาณมากเกินกว่าดินสามารถดูดซับไว้ได้อาจก่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดิน เช่น ภาวะมลพิษจากปุ๋ยคอกในสภาพการเกษตรแบบเข้มข้นอาจเกิดได้ง่าย ไนโตรเจนในดินอาจปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำจากกระบวนการชะละลายไนเทรต หรือการระเหยของแอมโมเนียไนโตรเจนจากกองปุ๋ย (Viets, 1974) ปุ๋ยอินทรีย์

จะเพิ่มศักยภาพของฟอสฟอรัสในส่วนที่ละลายได้ และส่วนที่เกาะยึดไปกับอนุภาคของดินที่อาจสูญเสียโดยน้ำท่า (สุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545) และอินทรียวัตถุเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน และธาตุอาหารอื่นๆ โดยธาตุอาหารเหล่านี้จะถูกปล่อยออกมาเมื่ออินทรียวัตถุถูกย่อยสลาย โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544)

พื้นที่ทะเลสาบสงขลาส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม (66.3% ของพื้นที่ทั้งหมด) เกษตรกรในพื้นที่มีการใส่ปุ๋ยประมาณ 55,307 ตัน/ปี โดยปริมาณปุ๋ยที่ใช้ขึ้นกับความต้องการของพืชแต่ละชนิด (ตาราง 1-2 และ 1-3) ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดิน โดยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินชั้นบนไม่ว่าอยู่ในรูปปุ๋ยที่ใส่ลงในดินหรือมีอยู่ในดินอาจเกิดการเคลื่อนย้ายจากดินลงสู่แหล่งน้ำ และก่อให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำตามมา

ตาราง 1-2 อัตราการใช้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่การเกษตรต่างๆ ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

| การใช้ประโยชน์ที่ดิน | ปริมาณปุ๋ยเคมี (ตัน/ปี) | อัตราส่วนต่อพื้นที่ (ตัน/ไร่/ปี) |
|---|---|---|
| นาข้าว | 23,497 | 19 |
| สวนยางพารา | 26,805 | 13 |
| สวนผสม และพืชไร่ | 5,005 | 31 |
| รวมทั้งหมด | 55,307 | |

ที่มา : Sereewatthanachai (2003)

ตาราง 1-3 ปริมาณของ N และ $P_2O_5$ ในปุ๋ยเคมีที่ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

| สูตรปุ๋ย ($N$-$P_2O_5$-$K_2O$) | ปริมาณที่ใช้ (กิโลกรัม/ปี) | ปริมาณ $P_2O_5$ (กิโลกรัม/ปี) | ปริมาณ N (กิโลกรัม/ปี) |
|---|---|---|---|
| 8-24-24 | 935,000 | 224,400 | 74,800 |
| 13-13-21 | 1,375,000 | 178,750 | 178,750 |
| 15-15-15 | 1,990,000 | 298,500 | 298,500 |
| 16-16-16 | 665,000 | 106,400 | 106,400 |
| รวม | 4,965,000 | 808,050 | 658,450 |
| สูตรอื่นๆ | 50,342,000 | - | - |
| รวมทั้งหมด | 55,307,000 | - | - |

ที่มา : Sereewatthanachai (2003)

*1.5.2.2 ปริมาณน้ำฝน*

1) การชะละลาย (Leaching) เมื่อดินได้รับน้ำเท่ากับอัตราความต้องการของพืช ไนเทรตจากปุ๋ย หรือจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุจะเคลื่อนย้ายลงตามน้ำซึมลงทำให้เกิดการชะละลายลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน และเมื่อค่าการคายระเหยของน้ำมีค่าสูงกว่าอัตราการทดแทนน้ำในดิน ไนเทรตในดินจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบน โดยไนเทรตจะเกิดการชะละลายได้ดีกว่าแอมโมเนีย เนื่องจากแอมโมเนียสามารถจับกับอนุภาคของดินได้ดีกว่าโดยเฉพาะในดินที่มีอนุภาคขนาดเล็ก (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545) แต่ฟอสฟอรัสจะเกิดการชะละลายลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินได้น้อยมากเนื่องจากสามารถดูดยึดที่ผิวอนุภาคของดินได้ดี

2) ปริมาณน้ำท่า (Runoff) โดยเมื่อปริมาณที่ฝนตกลงมามีมาก และตกนานจนมีน้ำในดินมากกว่าอัตราการไหลซึมของน้ำลงดิน ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Surface runoff) จะเพิ่มขึ้น และในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีพื้นที่รองรับน้ำมาก น้ำไหลบ่าหรือน้ำท่วมมักเกิดเนื่องจากฝนธรรมดาที่ตกครอบคลุมทั้งพื้นที่ โดยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินจะเคลื่อนที่ไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน (เสน่ห์ โรจนดิษฐ์, 2539; ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545) นอกจากนี้พบว่าปริมาณธาตุอาหารในน้ำไหลบ่าหน้าดินในภาวะที่ฝนตกหนัก พื้นดินในลุ่มน้ำจะสูญเสียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไปกับน้ำและติดไปกับอนุภาคของดิน (Suzuki and Tabuchi, 1984; Machito, 2001; Ramos and Martinez, 2002) โดยเฉพาะน้ำฝนมีค่า pH ที่เป็นกรดต่ำกว่า 6 ทำให้ธาตุอาหารในดินซึ่งอยู่ในรูปอิออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้เคลื่อนตัวออกจากผิวหน้าของดินเหนียวมาอยู่ในสารละลายดิน เมื่อมีน้ำไหลหลาก อิออนพวกนี้จะถูกชะพาออกจากดินได้ง่าย (ธัชชา รัมมะศักดิ์, 2538)

จากการศึกษาของ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2548ข) ระหว่างปี พ.ศ. 2535-2545 พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาปริมาณน้ำท่าในพื้นที่มีความแตกต่างกันมาก โดยปริมาณน้ำท่าสูงสุดเท่ากับ 1,288 ล้านลูกบาตรเมตร/เดือน ในเดือน ตุลาคม-ธันวาคม และต่ำสุดเท่ากับ 156-320 ล้านลูกบาตรเมตร/เดือน ในเดือน มกราคม-กันยายน โดยการคำนวณด้วยแบบจำลอง VIC-2L และ Routing และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยมีความแตกต่างกัน ดังนั้น ปริมาณน้ำท่าของพื้นที่รองรับน้ำแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ส่งผลต่อรูปแบบและลักษณะการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่ติดไปกับอนุภาคของดินโดยน้ำไหลบ่าหน้าดิน

3) การกษัยการของดิน (Erosion) การกัดกร่อนของดินโดยน้ำนั้นเกิดขึ้นจากแรงกระแทกของเม็ดฝนที่ผิวหน้าดินทำให้น้ำกัดเซาะและพัดพาเอาอนุภาคของดินลงสู่แหล่งน้ำโดยน้ำไหลบ่าหน้าดิน การเคลื่อนที่จะมาจากพื้นที่สูงชันลงมาสู่พื้นที่ราบ โดยนำเอาไนโตรเจนที่

อยู่ในรูปสารละลายและสารแขวนลอยในอนุภาคของดินติดไปด้วย (ชูศักดิ์ คงคานนท์, 2538; เสน่ห์ โรจนดิษฐ์, 2539; ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545) และHewlett and Nutter (1969) พบว่าในพื้นที่ป่าไม้ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำ ในรูปของฟอสเฟตและไนเทรต เมื่อเกิดการชะล้างหรือดินเกิดการพังทลาย จากการศึกษาของ Emsong Project (1998b) พบว่า พื้นที่ทะเลสาบสงขลาที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดการกษัยการของดินคิดเป็นพื้นที่ 3% ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงปานกลางถึงต่ำ คิดเป็นพื้นที่ 49% ของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเฉพาะ อ.สะเดา อ.หาดใหญ่ อ.สงขลา และพื้นที่ที่เหลือเป็นพื้นที่ความเสี่ยงต่อการเกิดการกษัยการของดินต่ำมาก

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษทั้ง 2 แหล่ง คือ แหล่งกำเนิดมลพิษที่ทราบตำแหน่งแน่นอน และแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งแน่นอน ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาพบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ปลดปล่อยลงสู่ทะเลสาบ เท่ากับ 4,640 และ 710 ตัน/ปี ตามลำดับ (ตาราง 1-4)

ตาราง 1-4 การประเมินค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) และฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) จากแหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

| แหล่งกำเนิด | BOD (ตัน/ปี) | TN (ตัน/ปี) | TP (ตัน/ปี) | แนวโน้ม |
|---|---|---|---|---|
| พื้นที่เมือง (1) | 1,000 | 257 | 60 | เพิ่มมากขึ้น |
| อุตสาหกรรม (1) | 800 | 400 | 100 | เพิ่มมากขึ้น |
| พื้นที่เขตชนบท (1) | 3,300 | 750 | 165 | เพิ่มขึ้นพอสมควร |
| ฟาร์มสุกร (1) | 900 | 500 | 110 | เพิ่มขึ้นตามปริมาณฟาร์ม |
| เลี้ยงโค/กระบือ | 500 | 1250 | 20 | ไม่แน่นอน |
| เลี้ยงเป็ด/ไก่ | 85 | 65 | 40 | เพิ่มมากขึ้น |
| พื้นที่นาข้าว | - | 825 | 170 | เพิ่มมากขึ้น |
| พื้นที่สวนยางพารา | - | 230 | 20 | เพิ่มมากขึ้น |
| เพาะเลี้ยงปลา | 400 | 45 | 14 | ไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิม |
| บ่อเลี้ยงกุ้ง | 400 | 300 | 11 | เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามความต้องการของตลาด |
| ผลรวม การปลดปล่อยสู่ทะเลสาบ | 7,385 | 4,622 | 710 | เพิ่มมากขึ้น |

หมายเหตุ : (1) = พื้นที่แหล่งกำเนิดมลพิษแบบทราบตำแหน่งแน่นนอน (Point source) โดยพบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 81%, 41% และ 61% ตามลำดับ

ที่มา : Emsong project (1998a)

โดยพบว่าเป็นไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มาจากแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งแน่นอน เท่ากับ 2,715 และ 275 ตัน/ปี หรือ 59% และ 39% ของปริมาณที่ปลดปล่อยลงสู่ทะเลสาบ ตามลำดับ ดังนั้น แหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่ทราบตำแหน่งแน่นอนจึงเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษในแหล่งน้ำ และจะปล่อยสารมลพิษ (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) เข้าสู่สิ่งแวดล้อม โดยการชะละลายลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน และการหลุดติดไปกับอนุภาคของดิน

***1.5.2.3 สมบัติบางประการของดิน***

1) ขนาดอนุภาคของดิน ขนาดอนุภาคของดินจะเป็นปฏิภาคโดยกลับกับการยึดเกาะของไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยทั่วไปดินที่มีเนื้อหยาบมีการเคลื่อนย้ายไนเทรตได้ง่ายกว่าดินที่มีเนื้อละเอียด ส่วนแอมโมเนียในดินจะยึดเกาะได้ดีกับอนุภาคของดินเนื้อละเอียดจึงมีโอกาสสูญเสียไปในรูปที่ติดกับอนุภาคของดินมากกว่า แต่ถ้ามีการถ่ายเทอากาศดีแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์ให้กลายเป็นไนเทรตได้ง่าย และอนุภาคขนาดเล็กจะเป็นตัวกลางในการตรึงฟอสเฟตในดิน (Armitage, 1974; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; สุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545) นอกจากนี้พบว่าดินที่ไม่ไถพรวนจะมีการสูญเสียอนุภาคขนาดเล็กจากหน้าดินมากกว่าดินไถพรวน จึงมีแนวโน้มที่จะสูญเสียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากกว่า (Dorich *et al*., 1984)

2) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในดิน การใส่ปูนขาวที่มากเกินไปในดินที่มีแคลเซียมสูงเกิดการสูญเสียแอมโมเนียในดินที่อยู่ในรูปของแก๊สได้ง่าย แต่การสูญเสียเช่นนี้จะไม่เกิดขึ้นในดินที่มีค่าความเป็น pH ต่ำกว่า 5.5 (Reichardt *et al*., 1982; สุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545)

เมื่อมีค่าความเป็น pH ต่ำอิออนของฟอสเฟตจะตรึงกับอะตอมของอะลูมินัมและเหล็กที่อยู่ในโครงสร้างของอนุภาคเม็ดดินโดยกระบวนการ Surface reaction และถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นเหล็กฟอสเฟต หรืออะลูมินัมฟอสเฟตสามารถปลดปล่อยไอออนฟอสเฟตออกมาสู่สารละลายดินได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; นวลศรี กาญจนกูล และคณะ, 2544) ปริมาณเหล็ก และอะลูมินัมในดินพื้นที่เกษตรกรรมจะมีผลโดยตรงกับปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และที่อาจเป็นประโยชน์ต่อสาหร่าย และในดินอินทรีย์เหล็ก และอะลูมินัม จะมีบทบาทในการช่วยลดการสูญเสียฟอสฟอรัสแบบชะละลาย (Wolf *et al*., 1985) ส่วนในดินที่มีความเป็นด่างจะมีแคลเซียม และแมกนีเซียมมากช่วยในการตรึงฟอสฟอรัสในดิน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าดินที่เป็นกลาง

จะมีอำนาจในการตรึงฟอสฟอรัสต่ำกว่าดินที่มีความเป็นกรดหรือเบส (สมชาย องค์ประเสริฐ, 2531)

### *1.5.2.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน*

การทำเกษตรกรรมต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน แบบไถพรวนและไม่ไถพรวนมีผลทำให้ค่า pH ของดินระดับผิวหน้าลดลงประมาณ 1 หน่วย ซึ่งมีสาเหตุมาจากการใส่ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน (Juo and Lal, 1979) โดยเฉพาะที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เนื่องจากการที่จุลินทรีย์ในดินเข้าไปออกซิไดซ์ กับ $NH_4^+$ ไปเป็น $NO_3^-$ ทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น และการที่พืชดูด $NH_4^+$ และ $K^+$ ไปใช้นั้น $H^+$ จะเข้าไปแทนที่ธาตุทั้ง 2 ในดิน มีผลทำให้ความเป็นกรดของดินเพิ่มขึ้นได้อีกด้วย (Van and Morre, 1978) ถ้าเกิดร่วมกับกระบวนการ Phototoxic ของ $Al_3^+$ จะมีผลทำให้เกิดการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายดินและอาจไปทำลายรากของต้นไม้ (Brunner *et. al*. 2002) และส่งผลถึงการเกาะยึดกับอนุภาคดินของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส นอกจากนี้ยังพบว่าการทำเกษตรกรรมมีแนวโน้มทำให้อินทรียวัตถุในดินลดลง โดยเฉพาะดินทรายซึ่งอินทรียวัตถุอยู่ในรูปที่ยากต่อการใช้ประโยชน์ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการขาดธาตุโพแทสเซียมและแมกนีเซียม (Bettany *et al*., 1980) เมื่อปริมาณอินทรียวัตถุลดลงจะส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน

การตัดไม้ทำลายป่าเป็นการนำเอาธาตุอาหารออกไปจากระบบนิเวศประมาณ 5-30 % ของปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่พืชดูดขึ้นมาใช้ (Mccoll and Grigal, 1979) และการตัดไม้ถางป่าแล้วเผาพบว่าทำให้ดินแน่นทึบขึ้น ค่าความพรุนของดินลดลงจากการเผาทำลายอินทรียวัตถุในดิน (Norbert and Packer, 1972) ค่า pH ของดินจะสูงขึ้นในระยะแรก แต่มีแนวโน้มจะมีค่า pH เป็นกรดมากกว่าป่าดิบเขาตามธรรมชาติ (ประชุม สันทัดการ และคณะ, 2516)

ดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมาแล้วมีค่า pH เปลี่ยนแปลงสูงกว่าดินนาข้าว ค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าดินนาข้าว 396 เท่า ปริมาณอินทรียวัตถุลดลงต่ำกว่าดินนาข้าว 0.65 เท่า ปริมาณฟอสฟอรัสในดินนากุ้งเพิ่มขึ้น 7.96 เท่าของดินนาข้าว และปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียมอยู่ในระดับที่สูงกว่าดินที่ใช้ในการปลูกข้าวประมาณ 2.90, 1.50 และ 5.61 ตามลำดับ ส่งผลกระทบต่อพืชทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมได้ เนื่องจากความเข้มข้นของคลอไรด์ และซัลเฟตสูง (สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน และคณะ, 2519; พิภพ ปราบณรงค์, 2536; สมศักดิ์ มณีพงศ์ และคณะ, 2542)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างไม่เหมาะสมต่อสมรรถนะของดินเช่น การทำนาในพื้นที่ดอนและดินที่มีลักษณะเป็นดินทราย ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะทำไร่มากกว่า พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงเหมาะแก่การเลี้ยงสัตว์แต่กลับนำไปปลูกยางพาราหรือพืชไร่ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความลาดเทมากกว่า 5% ที่ใช้เพาะปลูกพืชโดยไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม พื้นที่เปิดป่าเพื่อทำการเพาะปลูกหรือบริเวณทำไร่เลื่อนลอย ส่งผลให้เกิดปัญหาหลายประการ เป็นต้นว่าเกิดการชะล้างพังทลายที่เกิดขึ้นโดยการเร่งตัวของมนุษย์ (Accelerated erosion หรือ Man-made erosion) การพังทลายในลักษณะนี้เกิดขึ้นมากในประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารพืชในดิน (ปฤษณา นันทพันธุ์ และคณะ, 2542ก) จากข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน (ตาราง 1-5) ชี้ให้เห็นว่า พื้นที่ภาคใต้เกิดการชะล้างพังทลายสูง โดยเฉพาะพื้นที่ที่ปลูกพืชไร่ และพื้นที่รกร้าง เนื่องจากภูมิอากาศที่มีฝนตกชุกตลอดเวลาเอื้อต่อการชะล้างพังทลายของดินสูง และเป็นพื้นที่ที่ไม่มีสิ่งปกคลุมดิน ในขณะที่พื้นที่ป่าและนาข้าวมีอัตราการชะล้างพังทลายน้อยเนื่องจากพืชพรรณธรรมชาติที่ปกคลุมดินช่วยป้องกันการไหลบ่าและการตกกระทบของเม็ดฝน

ตาราง 1-5 พื้นที่และอัตราการสูญเสียดินตามรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคใต้

| รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน | พื้นที่ (ไร่) | อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ปี) |
|---|---|---|
| 1. ป่าไม้ | 8,405,590 | 0.33 |
| 2. ที่นา | 3,612,413 | 0.17 |
| 3. พืชไร่ | 150,542 | 35.94 |
| 4. ไม้ผลและไม้ยืนต้น | 12,120,934 | 6.73 |
| 5. สวนผักและไม้ดอก | 64,095 | 3.85 |
| 6. ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ | 53,309 | 1.53 |
| 7. ที่รกร้าง | 675,931 | 8.23 |
| 8. ที่อยู่อาศัยและพื้นที่อื่นๆ | 19,114,378 | - |
| รวม | 44,196,992 | |

หมายเหตุ : 1. การสูญเสียดินดังแสดงในตารางนี้ เป็นการชะล้างผิวหน้าดินแบบแผ่นและแบบริ้ว ไม่รวมถึงการชะล้างแบบร่องลึกและการกัดเซาะริมตลิ่งและชายฝั่ง

2. ที่รกร้าง หมายถึง เนื้อที่ที่ไม่ได้ทำประโยชน์เลย ปล่อยทิ้งไว้เกิดเป็นพงหญ้ารกอยู่ จึงไม่สามารถปลูกพืชได้ในขณะนั้น แต่ถ้าทำการหักร้างถางพงออกไปก็จะสามารถทำการเพาะปลูกได้ ทั้งนี้ จะรวมหมายถึงที่นาและที่พืชไร่ที่ซื้อไว้เพื่อการเก็งกำไรด้วย (เฉพาะของครัวเรือนเกษตร)

3. ที่อื่น ๆ หมายถึง ถนน ทางเดิน คูน้ำ บ่อเลี้ยงปลา สระน้ำ ฯลฯ ที่มีอยู่ในฟาร์ม

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (มปท)

## 1.6 ผลกระทบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินต่อแหล่งน้ำ

ธาตุอาหารเคลื่อนย้ายเข้าสู่แหล่งน้ำในแต่ละพื้นที่ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายในพื้นที่นั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะต่างๆ ความแตกต่างของคุณสมบัติของดิน (Anderson, 1992; Mtetwa, 2003; Kong *et al.*, 2004; วันชัย วิชานันท์, 2525) การใส่ปุ๋ยในพื้นที่เกษตรกรรม และปริมาณน้ำฝนจะมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารที่ถูกชะพาลงสู่แหล่งน้ำ

ถ้าธาตุอาหารเข้าสู่แหล่งน้ำมากเกินไปจะก่อให้เกิดมลภาวะในแหล่งน้ำที่เรียกว่ายูโทรฟิเคชัน (Washington, 1972) โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำชนิดต่างๆ (Keneey, 1970) ไนโตรเจนที่พืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชใช้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไนเทรต และแอมโมเนีย ส่วนฟอสฟอรัสมักเป็นพวกอินทรียฟอสเฟต และอนินทรียฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้หรือดูดติดมากับตะกอน (Zajic, 1971; Aston and Hewitt, 1987; ศุภามาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2523) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้คุณภาพน้ำต่ำลงจนสัตว์น้ำที่อาศัยในแหล่งน้ำตาย นอกจากนี้สัดส่วนธาตุอาหาร เช่นไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส สัดส่วนของซิลิกาต่อไนโตรเจน หรือสัดส่วนของซิลิกาต่อฟอสฟอรัส สามารถเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบบางชนิดของแพลงก์ตอนพืช และทำให้แพลงก์ตอนพืชบางชนิดเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วผิดปกติ (Conley *et al.*, 1993; Sommer, 1994; Humborg *et al.*, 1997)

การปนเปื้อนของไนโตรเจนในรูปของไนเทรตในแหล่งน้ำที่ใช้ในการอุปโภค-บริโภค เช่น แหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งน้ำใต้ดิน ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์โดยทางห่วงโซ่อาหาร และเมื่อดื่มน้ำที่มีความเข้มข้นของไนเทรตสูง (มากกว่า10 มิลลิกรัม/ลิตร ไนเทรต-ไนโตรเจน) ทำให้กระบวนการเมตาโบลิซึม (metabolism) ของวิตามิน เอ หยุดชะงักยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไซโตโครเมีย (cytochrome) ฮีโมโกลบินไม่สามารถนำออกซิเจนไปให้ส่วนต่างๆ ของร่างกาย เกิดโรคเมตาโมโกลบินเนีย (methemoglobinemia) ซึ่งมักเกิดกับทารกในครรภ์ เด็กทารก และสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Viets and Hegeman, 1971; USEPA, 1992; Elrashidi *et. al.* 2004; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

การศึกษาพบว่า ปัญหายูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาส่วนหนึ่งมาจากการชะพาธาตุอาหารจากแหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่ทราบตำแหน่งแน่นนอน โดยมีรายงานอย่างเป็นทางการตั้งแต่ปี 2527 และระดับความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ปลายปี 2536 เป็นต้นมา ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอในทะเลหลวงได้เพิ่มสูงขึ้นจากช่วงก่อนหน้านี้มาก ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

จะผันแปรตามปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด โดยที่ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสทั้งหมดเปลี่ยนแปลงไม่สูงมากนัก ในระหว่างปี พ.ศ. 2545-2546 เกิดการระบาดสาหร่ายหนาม (*Najas* sp.) และสาหร่ายขนาดใหญ่ เช่น *Cladophora* และ *Enteromorpha* ในทะเลสาบตอนกลางครอบคลุมพื้นที่กว่า 160 ตารางกิโลเมตร นอกจากนี้ยังเกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบตอนนอกเป็นระยะๆ (กรมประมง, 2547; โสมลดา ประเสริฐสม และคณะ, 2544) ซึ่งการเกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาอาจเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสซึ่งเห็นได้ชัดเจนในทุกพื้นที่ และยังเป็นสาเหตุการตายของสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการขาดออกซิเจน (Sompongchaiyakul *et al*., 2004)

การเพิ่มขึ้นของแพลงก์ตอนพืชอย่างรวดเร็วส่งผลถึงตะกอนท้องน้ำ เนื่องจากในเวลากลางคืนแพลงก์ตอนพืชเหล่านี้จะใช้ออกซิเจนเช่นเดียวกับสัตว์น้ำต่างๆ ทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอ สัตว์น้ำต่างๆ ตายลงทับถมเน่าสลายในตะกอนบริเวณนี้ เมื่อเกิดมากขึ้นการเน่าเสียของตะกอนจะทำให้เกิดการสะสมของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรียวัตถุไปจนหมดจึงต้องใช้ออกซิเจนจากซัลเฟตอิออน (Abdullah and Danielsen, 1992) พบได้ชัดในทะเลสาบตอนบนซึ่งเกิดยูโทรฟิเคชันอย่างรุนแรงครอบคลุมทั้งพื้นที่มาเป็นระยะเวลานาน (กรมประมง, 2547) และบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก บริเวณปากคลองอู่ตะเภา และปากคลองพะวง (ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร และนิคม ละอองศิริวงศ์, 2540)