สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

การออกแบบโพรบตรวจจับความชื้น และอุณหภูมิในผิวดิน

Designed probe of Moisture and Temperature in soil

โดย

มนตรี ไชยชาญยุทธ์

พิมล ผลพฤกษา

อิทธิพล พจนสัจ

อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ

RCH
TK
9878.6
S451

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 73040
วัน,เดือน,ปี 27 มิ.ย. 2550

b.1179783
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2549

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบโพรบตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้น ในผิวดิน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบโพรบตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในผิวดินที่ความลึกไม่เกิน 10 cm. โดยอาศัยหลักการวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่ระเหย หรือถ่ายเทจากผิวดินออกสู่บรรยากาศภายนอก ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าหลักการดังกล่าวไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในผิวดิน เนื่องจากโพรบที่ออกแบบจะใช้เวลาสำหรับการตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้นค่อนข้างนานถึงจะเข้าสู่ช่วงเวลาคงตัว (ช่วงเวลาคงตัว หรือ Steady state) สาเหตุที่ทำให้ต้องใช้เวลานานในการตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้น เพราะมีอากาศจากภายนอกเข้าไปรวมกับอากาศที่ถ่ายเทจากผิวดินตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Designed probe for Measurement of Temperature and Moisture in soil

Abstract

This research has done designs the probe for measurement of temperature, and the moistness in the soil that 10 cm. not exceed depths. We do the experiment by using measurement temperature and moisture of the air that ventilate from the soil goes out to outside atmosphere. From our experiment, the principle will aforementioned inappropriate to suit to apply in temperature checking and the moistness in soil, because of the probe that design to take time for value temperature and the moistness checking rather long ago arrive at to Steady state, that make cause must take time long ago in value temperature and the moistness because, there is the air from the outside enters to total up with the air that ventilates from in soil all the time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาอย่างเต็มที่ ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา ผู้เขียนขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ปรึกษางานวิจัย และคำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำงานวิจัย ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณนางสาววรัญญา พริ้มจรัส ที่ช่วยในการสนับสนุนข้อมูลเกี่ยวกับดิน และให้กำลังใจเสมอมา

นอกจากนี้ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้ความรู้ และโอกาสในการทำงาน

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์

9 กรกฎาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
1.5 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความหมายของดิน (Soil)	4
2.2 ความสำคัญของดิน และการเกิดดิน	5
2.3 ปัจจัยที่ควบคุมการเกิดดิน	5
2.4 ชนิดของดิน	6
2.5 องค์ประกอบของดิน	7
2.6 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	8
2.7 ความสำคัญของดินที่มีต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์	9
2.8 ประโยชน์ของดินที่มีต่อพืช	10
2.9 ความสำคัญของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช	10
2.10 หน้าที่ของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช	11
2.11 ความชื้นของดิน (Soil Moisture)	12
2.12 ธรรมชาติของความชื้นในดิน	13
2.13 ความสำคัญของความชื้นของดินต่อการผลิตพืช	13
2.14 การหาปริมาณความชื้นในดิน	14
2.15 อุณหภูมิของดิน (Soil temperature)	15
2.16 ความสำคัญของอุณหภูมิของดิน	16
บทที่ 3 การออกแบบโพรบ	
3.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นด้วย SHT	17
3.2 การออกแบบโพรบตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในผิวดินด้วย SHT	18
บทที่ 4 วิธีการ และผลการทดลอง	
4.1 วิธีการทดลอง	21
4.2 ผลการทดลอง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	
สรุปผลการทดลอง	27
ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม	27
ภาคผนวก	28
บรรณานุกรม	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ

ประเทศไทยนับได้ว่าเป็นประเทศแห่งเกษตรกรรม ซึ่งในการประกอบอาชีพทางด้านการเกษตร ทรัพยากรอย่างหนึ่งซึ่งที่ถือได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก คือ *ดิน*

ดิน เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนโลกเป็นอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งมนุษย์ได้ใช้ทรัพยากรดินเป็นที่อยู่อาศัย เป็นแหล่งผลิตอาหาร ทำการเกษตร ค้าขาย ทำอุตสาหกรรม เป็นแหล่งเก็บน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค เป็นแหล่งสำหรับการพักผ่อนหย่อนใจ และเป็นที่ตาย ดังนั้นในบรรดาทรัพยากรธรรมชาติทั้งหลายอันได้แก่ อากาศ น้ำ แสงแดด ป่าไม้ สัตว์ป่า แร่ธาตุ และดินนั้น กล่าวได้ว่าดินเป็นทรัพยากรขั้นมูลฐานในการเป็นตัวการให้มนุษย์เก็บเกี่ยวผลประโยชน์จากทรัพยากรอื่นๆ ได้เพิ่มมากขึ้นอย่างมหาศาล ดังจะเห็นได้จากการที่ทรัพยากรดินเป็นตัวกลางในการก่อปฏิกิริยาร่วมระหว่างอากาศ แสงแดด และน้ำอันนำมาซึ่งการเจริญเติบโตของพืชพรรณต่างๆ และมนุษย์ได้รับผลประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านี้ โดยผ่านสัตว์ที่กินพืชหรืออาจได้รับโดยการกินพืชนั้นๆ โดยตรง เมื่อพิจารณาสมบัติตามธรรมชาติของดินแล้ว พบว่าดินมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลของสภาวะแวดล้อมมาก เนื่องจากอนุภาคของดินมีความสามารถที่จะดูดซับ (absorb) ประจุต่าง ๆ ที่ผ่านเข้ามาในระบบของดินตลอดจนมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุต่างๆ (ion exchange) ที่เข้ามาในระบบอีกด้วย ในกรณีที่มีการปนเปื้อนเกิดขึ้น เช่น การใช้สารเคมีในรูปยาฆ่าแมลง (insecticides) ยาปราบวัชพืช (herbicides) และปุ๋ย (fertilizers) ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่สลับซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในดิน จะช่วยลดความเป็นพิษที่เกิดขึ้นจากสารปนเปื้อนได้ในระดับหนึ่ง หากระดับของสารปนเปื้อนสูงขึ้นกว่านั้นจะทำให้เกิดมลพิษขึ้นในดินและสภาพแวดล้อมใกล้เคียงได้ในกรณีที่สารปนเปื้อนอยู่ในรูปของน้ำมัน คุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น เนื้อดิน ความหนาแน่นของดินและความพรุนของดิน จะสามารถลดอัตราการแพร่กระจายของน้ำมันที่จะลงสู่ระบบน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำในพื้นที่ใกล้เคียงได้ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเนื้อดิน เช่น ดินเหนียว จะยอมให้น้ำมันซึมผ่านไปในอัตราที่ช้ากว่าดินทราย ซึ่งเป็นดินที่มีเนื้อหยาบกว่า มนุษย์เราจะใช้ที่ดินเพื่อสนองความต้องการของตนตลอดเวลา และนับวันจะถูกใช้หนักขึ้นเรื่อยๆ จนทุกวันนี้สภาพความสมดุลของดินในหลายพื้นที่ของโลกได้เปลี่ยนแปลงไป ประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่จะมีประชากรที่มีอาชีพเป็นเกษตรกรแต่ด้อยความรู้ในการเกษตรแผนใหม่ การใช้ที่ดินผิดประเภท การทำลายผิวดินในรูปแบบต่างๆ เช่น การทำไร่เลื่อนลอย การทำลายป่า การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อปรับปรุงดินโดยขาดหลักวิชาการที่ถูกต้อง ล้วนเป็นการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ และการทำลายดินด้วยวิธีการใดๆ ก็ตาม จะส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมอื่นๆ ในระบบนิเวศด้วย เช่น การบุกรุกทำลายป่าบริเวณพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ทำให้สูญเสียพืชพรรณที่ปกคลุมและรักษาความชุ่มชื้นให้กับดิน เมื่อฝนตกจะกระทบต่อเม็ดดินได้โดยตรง ส่งผลให้ดินสูญเสียความสมบูรณ์ไปกับการไหลบ่าของน้ำที่ไม่มีต้นไม้คอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กีดขวาง เมื่อถึงช่วงฤดูแล้งแสงแดดจะแผดเผาให้น้ำในดินระเหยออกสู่บรรยากาศ ดินมีสภาพแตกระแหง พืชพรรณที่ปลูกซึ่งทนต่อสภาพดังกล่าวไม่ได้จึงล้มตายไป ปัญหาของทรัพยากรดินจึงเป็นปัญหาที่อยู่ใกล้ตัวมนุษย์ที่สุด แต่มนุษย์ให้ความสนใจและเข้าใจทรัพยากรนี้น้อยมาก มนุษย์จึงได้ชื่อว่าเป็นผู้ทำลายและก่อให้เกิดปัญหาเรื่องดินไม่มีที่สิ้นสุด (ราตรี ภารา,2538: 43.www.environnet.in.th/evdb/info/xml/soil.xml)

ดินเป็นเทหวัตถุธรรมชาติซึ่งมีความสำคัญต่อมนุษย์หลายประการ เช่น ทางด้านการเกษตร ดินเป็นแหล่งให้อาหารแก่พืช ทางด้านการก่อสร้าง ดินเป็นตัวรองรับอาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ และยังมีความสำคัญต่อด้านอื่น ๆ อีกมากมาย ถ้าจะกล่าวถึงความสำคัญของดินที่มีต่อเกษตรกรรม ผลิตพืช ตัวแปรที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช นั่นก็คือความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil fertility) หมายถึง สมบัติของดินในการที่จะให้ธาตุอาหารที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโตของพืช ในปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสม ฉะนั้นดินที่มีประสิทธิภาพสูงในทางให้ผลผลิตของพืช นอกจากจะมีธาตุอาหารพืชที่จำเป็นเหมาะสมในการเจริญเติบโตให้ดอกออกผลแล้ว ยังจะต้องมีการดูแลรักษา และมีสภาพแวดล้อม เป็นต้นว่า อุณหภูมิ ความชื้น ดิน ฟ้า อากาศ น้ำ ที่เหมาะสมด้วย ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ จะมีส่วนประกอบด้วย หลาย ๆ ส่วนไม่ว่าจะเป็น แร่ธาตุ อินทรียวัตถุ น้ำในดินหรือความชื้น อากาศหรืออุณหภูมิในผิวดิน

ความชื้น และอุณหภูมิของผิวดิน เป็นตัวแปรหนึ่ง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความความอุดมสมบูรณ์ของดินและ พิจารณาถึงความเหมาะสมของผิวดินเหมาะกับการผลิตพืชชนิดใด ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจจับความชื้นของผิวดินในปัจจุบันมีหลายแบบ และหลายวิธี เช่น Tensiometer, Moisture Block, Pressure Cooker, และ อื่น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิยา, 2535) เครื่องมือแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างออกไป แต่ส่วนใหญ่เครื่องมือเหล่านี้ยังมีความยุ่งยากในการวัด ปัจจุบันก็มีเครื่องมือสมัยใหม่มาใช้ในการวิเคราะห์แต่ก็มีราคาที่ค่อนข้างสูง ในส่วนของอุณหภูมิในดินก็มีเครื่องที่เรารู้จักกันดี คือ เทอร์โมมิเตอร์แบบมาตรา และแบบดิจิตอล (probe) ทั้งนี้สำหรับเครื่องมือที่สามารถวัดทั้ง ความชื้น และอุณหภูมิของผิวดินในตัวเดียวกันก็ยังมีราคาที่สูง

ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จึงได้ถือเป็นหัวข้อวิจัยหลักที่จะทำการวิจัย พัฒนาการตรวจวัดความชื้น อุณหภูมิให้มีมาตรฐาน และลดต้นทุนการผลิตตลอดจนการรักษาสภาพแวดล้อม โดยใช้ระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถสร้างได้เองโดยศักยภาพและเทคโนโลยีภายในประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบวัดคุมโดยพัฒนาวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการทำงาน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ

1 เพื่อให้ได้โพรบตรวจจับ อุณหภูมิ และความชื้นผิวดิน ที่มีราคาต้นทุนต่ำ

2 เพื่อเพิ่มศักยภาพในการวิจัยทางวิศวกรรมเครื่องมือตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย เชิงประยุกต์โดยเสนอแนวทางใหม่

4 กระตุ้นให้เกิดการวิจัยในเชิงวิศวกรรมระดับสูง และเผยแพร่ต่อสาธารณะ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษา และวิจัยการออกแบบสร้างโพรบ (Probe) ตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในผิวดินโดยตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่ระเหยหรือถ่ายเทออกมาจากผิวดินสู่ภายนอก เพื่อให้ได้ข้อมูลทางเทคนิคของระบบ และขีดจำกัดของการใช้งาน ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ต้องการทราบข้อมูลสำหรับการพัฒนาทางเกษตรกรรม โดยโพรบที่ออกแบบจะส่งข้อมูลออกมาในลักษณะการสื่อสารแบบ I^2C จากนั้นใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผล และแปลงข้อมูลเป็นมาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม RS - 232Cเพื่อส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
   - จะได้โพรบตรวจวัดความชื้น และอุณหภูมิในดินที่ได้มาตรฐาน มีราคาต้นทุนต่ำ
   -เพิ่มศักยภาพในการวิจัยสำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่
   - นำผลงานที่ได้เพื่อจดสิทธิบัตร
   - เผยแพร่ผลงานวิจัยในระดับชาติ
   - เป็นข้อมูลสนับสนุนให้หน่วยงานอื่นๆ และผู้สนใจได้นำไปใช้ประโยชน์ เพื่อการพัฒนาประเทศ
   - กระตุ้นให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากมหาวิทยาลัยสู่ชุมชน
2. หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์
   - สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
   - กรมพัฒนาที่ดิน
   - กรมวิชาการเกษตร
   - หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และเกษตรกรทั่วไป ที่มีการสำรวจดิน

1.5 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว จะนำผลการทดลองที่ได้นำเสนอในการประชุมวิชาการ และนิทรรศการทางวิชาการต่างๆ พร้อมทั้งจะนำเครื่องต้นแบบไปทดลองในภาคสนามเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เมื่อพิจารณาสมบัติตามธรรมชาติของดินแล้ว พบว่าดินมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลของสภาวะแวดล้อมมาก เนื่องจากอนุภาคของดินมีความสามารถที่จะดูดซับ (**absorb**) ประจุต่าง ๆ ที่ผ่านเข้ามาในระบบของดินตลอดจนมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุต่างๆ (**ion exchange**) ที่เข้ามาในระบบอีกด้วย ในกรณีที่มีการปนเปื้อนเกิดขึ้น เช่น การใช้สารเคมีในรูปยาฆ่าแมลง (**insecticides**) ยาปราบวัชพืช (**herbicides**) และปุ๋ย (**fertilizers**) ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่สลับซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในดิน จะช่วยลดความเป็นพิษที่เกิดขึ้นจากสารปนเปื้อนได้ในระดับหนึ่ง หากระดับของสารปนเปื้อนสูงขึ้นกว่านั้นจะทำให้เกิดมลพิษขึ้นในดินและสภาพแวดล้อมใกล้เคียงได้ ในกรณีที่สารปนเปื้อนอยู่ในรูปของน้ำมัน คุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น เนื้อดิน ความหนาแน่นของดิน และความพรุนของดิน จะสามารถลดอัตราการแพร่กระจายของน้ำมันที่จะลงสู่ระบบน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำในพื้นที่ใกล้เคียงได้ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเนื้อดิน เช่น ดินเหนียว จะยอมให้น้ำมันซึมผ่านไปในอัตราที่ช้ากว่าดินทรายซึ่งเป็นดินที่มีเนื้อหยาบกว่า

มนุษย์เราจะใช้ที่ดินเพื่อสนองความต้องการของตนตลอดเวลา และนับวันจะถูกใช้หนักขึ้นเรื่อยๆ จนทุกวันนี้สภาพความสมดุลของดินในหลายพื้นที่ของโลกได้เปลี่ยนแปลงไป ประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่จะมีประชากรที่มีอาชีพเป็นเกษตรกรแต่ด้อยความรู้ในการเกษตรแผนใหม่ การใช้ที่ดินผิดประเภท การทำลายผิวดินในรูปแบบต่างๆ เช่น การทำไร่เลื่อนลอย การทำลายป่า การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อปรับปรุงดินโดยขาดหลักวิชาการที่ถูกต้อง ล้วนเป็นการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ และการทำลายดินด้วยวิธีการใดๆ ก็ตาม จะส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมอื่นๆ ในระบบนิเวศด้วย เช่น การบุกรุกทำลายป่า บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลำธารทำให้สูญเสียพืชพรรณที่ปกคลุมและรักษาความชุ่มชื้นให้กับดิน เมื่อฝนตกจะกระทบต่อเม็ดดินได้โดยตรง ส่งผลให้ดินสูญเสียความสมบูรณ์ไปกับการไหลบ่าของน้ำที่ไม่มีต้นไม้คอยกีดขวาง เมื่อถึงช่วงฤดูแล้งแสงแดดจะแผดเผาให้น้ำในดินระเหยออกสู่บรรยากาศ ดินมีสภาพแตกระแหง พืชพรรณที่ปลูกซึ่งทนต่อสภาพดังกล่าวไม่ได้จึงล้มตายไป ปัญหาของทรัพยากรดินจึงเป็นปัญหาที่อยู่ใกล้ตัวมนุษย์ที่สุด แต่มนุษย์ให้ความสนใจและเข้าใจทรัพยากรนี้น้อยมาก มนุษย์จึงได้ชื่อว่าเป็นผู้ทำลายและก่อให้เกิดปัญหาเรื่องดินไม่มีที่สิ้นสุด (http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil.html)

2.1 ความหมายของดิน (Soil)

คำจำกัดความของ “ดิน” ที่มีความหมายเกี่ยวข้องอยู่กับทางการเกษตร คือ ดินเป็นเทหวัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติรวมกันขึ้นเป็นชั้นโดยเกิดจากการผสมของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่สลายตัวผุพังเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยกับอินทรียวัตถุที่เน่าเปื่อยผุพังอยู่รวมกันเป็นชั้นบาง ๆ ห่อหุ้มผิวโลก และเมื่อในชั้นดังกล่าวมีอากาศและน้ำอยู่เป็นปริมาณที่เหมาะสมแล้ว ก็จะช่วยค้ำจุนรวมทั้งช่วยในการยังชีพและการเจริญเติบโตของพืช จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำจำกัดความของดินดังกล่าวเมื่อพิจารณาในส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชแล้วดินก็เปรียบได้ว่าเป็นแหล่งอาหารพืช (ชัยฤกษ์, 2536)

2.2 ความสำคัญของดิน และการเกิดดิน

สิ่งมีชีวิตทั้งหลายต้องอาศัยดินในการยังชีพ และการเจริญเติบโต ถ้าปราศจากดินก็แทบจะกล่าวได้ว่า ไม่มีสิ่งมีชีวิตเหลืออยู่ในโลกนี้เลย ดังนั้นความสำคัญขอดินต่อสิ่งมีชีวิตจึงอาจแบ่งได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิยา, 2535)

การเกิดดิน เราสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ดังนี้

1.การผุพังสลายตัว (Weathering) ซึ่งประกอบด้วยขบวนการทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยดินมีวัตถุต้นกำเนิดมาจากหิน แหล่งที่มาของหินส่วนใหญ่มาจากหินหนืดเปลือกโลกชั้นใน โดยหินที่ให้กำเนิดดินส่วนใหญ่ คือ หินอัคนี โดยเมื่อเกิดภูเขาไฟระเบิดขึ้นสิ่งที่พ่นออกมาจะถูกกัดกร่อนจากธรรมชาติอัน ได้แก่ ความร้อน ความชื้น ปฏิกิริยาทางเคมีและแรงลม เป็นต้น เมื่อมีการรวมตัวกับสารอินทรีย์ต่าง ๆ กลายเป็นสารกำเนิดดิน (Soil Parent materials) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นดินในโอกาสต่อไป

2.ขบวนการสร้างดิน (Soil Forming Process) จะเกิดขึ้นต่อเนื่องจากการผุพังสลายตัวของหินและแร่จนกลายเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินชนิดต่าง ๆ ผลของขบวนการสร้างดินจะทำให้เกิดการพัฒนาของรูปหน้าตัดดินในลักษณะต่าง ๆ กัน หลักการทั่วไปของขบวนการนี้มีอยู่ 2 ลักษณะด้วยกันคือ

2.1 การแยกชั้นดิน (Horizonation) ซึ่งทำให้หน้าตัดของดินเกิดเป็นชั้นต่าง ๆ ได้ เนื่องจากสภาพแวดล้อมของผลรวมของขบวนการสร้างดิน อันได้แก่ขบวนการสูญเสียชะล้างวัสดุ การเคลื่อนย้าย เปลี่ยนสภาพของวัสดุ การเพิ่มเติมวัสดุแร่ธาตุ ฮิวมัสหรืออินทรีย์วัตถุลงบนผิวดิน ทำให้ดินมีการพัฒนาโครงสร้างดีขึ้น สามารถแยกชั้นเป็นดินชั้นเอ (A-horizon : zone of leaching) , บี (B-horizon : zone of accumulation) , ซี (C-horizon : partially decomposed parent material) , อาร์ (R-Unaltered bedrock)

2.2 การไม่แยกชั้นดิน (Haploidization) ขบวนการสร้างดินทำให้หน้าตัดดินมีลักษณะสม่ำเสมอจนไม่สามารถจะแยกชั้นได้ชัดเจน (http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil15.html)

2.3 ปัจจัยที่ควบคุมการเกิดดิน ประกอบด้วยปัจจัยหลายประการทั้งด้านกายภาพ และทางเคมี ดังนี้

1.วัตถุต้นกำเนิดดิน (Soil Parent Materials) เป็นปัจจัยควบคุมการเกิดของดินที่สำคัญ โดยจะเห็นได้ชัดจากดินที่มีอายุน้อยซึ่งจะมีความคล้ายคลึงกับวัตถุต้นกำเนิดมาก และเมื่อดินมีอายุมากขึ้นความแตกต่างจากต้นกำเนิดจะมากขึ้นตามลำดับ วัตถุต้นกำเนิดมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบทางเคมีและแร่ธาตุในดิน เนื้อดิน และสีดิน เป็นต้น

2.สภาพภูมิประเทศ (Topography) สภาพของพื้นที่มีผลต่อการเกิดดินหลายด้าน เช่น การระบายน้ำและความชื้นในดิน การพังทลายของดิน การเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยการแขวนลอยหรือละลายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.สภาพภูมิอากาศ (Climates) ได้แก่ ฝนและอุณหภูมิ ซึ่งมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรงคือ มีผลต่อการสลายตัวของหินและแร่ในทางกายภาพและทางเคมี เช่น ในบริเวณเขตอากาศร้อนชื้นจะมีปริมาณฝนตกมากซึ่งจะทำให้เกิดการสลายตัวของหินและแร่มากทำให้เกิดดินได้เร็ว ขณะเดียวกันฝนก็จะไปชะล้างหน้าดินการทับถมและการละลายของแร่ธาตุในดิน ในทางอ้อมก็เป็นตัวควบคุมปริมาณสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและจุลินทรีย์ที่ต้องใช้น้ำเป็นส่วนประกอบในการดำรงชีวิต ส่วนอุณหภูมิก็จะมีผลต่อปฏิกิริยาในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินด้วย ซึ่งส่งผลต่อสีดินและปริมาณสารอินทรีย์ในดิน

4.สิ่งมีชีวิต (Organisms) ทั้งพืชและสัตว์จะมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเกิดของดิน โดยพืชพรรณที่ต่างกันในแต่ละชนิด จะมีผลทำให้ลักษณะดินแตกต่างกัน เช่น ระบบรากซึ่งจะทำหน้าที่ยึดเกาะและหยั่งลงไปในหินรวมทั้งปริมาณสารอินทรีย์ที่พืชนั้น ๆ ให้แก่ดิน เช่นใบ และส่วนต่างของพืช เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณสารอินทรีย์และการหมุนเวียนของแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน ส่วนสัตว์ที่อยู่ในดิน เช่น ปลวก ไส้เดือน ก็จะช่วยพรวนดินและมูลของมันยังเป็นการผสมสารอาหารต่าง ๆ ของพืชเข้าด้วยกัน ส่วนพวกจุลินทรีย์จะมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์ให้เป็นสารอินทรีย์ รวมทั้งยังมีบทบาทสำคัญในวัฏจักรแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืช เช่น ไนโตรเจนและกำมะถัน เป็นต้น

5.เวลา (Time) เวลาเป็นเงื่อนไขอย่างหนึ่งในการเกิดของดินและการพัฒนาของชั้นดิน ซึ่งกว่าจะสมบูรณ์จะต้องใช้เวลามาก คือ ตั้งแต่ 100-200 ปีจนถึง 1-6 ล้านปี ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยดังที่กล่าวแล้วขั้นต้น โดยเฉพาะภูมิอากาศ (http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil18.html)

2.4 ชนิดของดิน

2.4.1 จำแนกตามลักษณะของเนื้อดิน มี 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. **ดินเหนียว (Clay)** คือ ดินที่มีเนื้อละเอียดที่สุด ยึดหยุ่นเมื่อเปียกน้ำ เหนียวติดมือ ปั้นเป็นก้อนหรือคลึงเป็นเส้นยาวได้ พังทลายได้ยาก การอุ้มน้ำดี จับยึดและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ค่อนข้างสูงจึงมีธาตุอาหารพืชอยู่มาก เหมาะที่จะใช้ปลูกข้าวนาดำเพราะเก็บน้ำได้นาน

2. **ดินทราย (Sand)** เป็นดินที่เกาะตัวกันไม่แน่น ระบายน้ำและอากาศได้ดีมาก อุ้มน้ำได้น้อย พังทลายง่าย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเพราะความสามารถในการจับยึดธาตุอาหารมีน้อย พืชที่ขึ้นอยู่ในบริเวณดินทรายจึงขาดน้ำและธาตุอาหารได้ง่าย

3. **ดินร่วน (Loam)** คือ ดินที่มีเนื้อค่อนข้างละเอียด นุ่มมือ ยึดหยุ่นพอควร ระบายน้ำได้ดีปานกลาง มีแร่ธาตุอาหารพืชมากกว่าดินทราย เหมาะสำหรับใช้เพาะปลูก ดินร่วนที่แท้จริงมักไม่ค่อยพบในธรรมชาติ แต่จะพบพวกที่มีเนื้อดินใกล้เคียงเสียเป็นส่วนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 จำแนกตามความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ มีดังต่อไปนี้

1. ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม จำแนกเป็นที่ดินที่เหมาะต่อการปลูกข้าว เหมาะต่อการปลูกข้าวและพืชไร่ เหมาะสำหรับปลูกพืชไร่และพืชยืนต้น และดินที่ไม่เหมาะต่อการปลูกพืช ตัวอย่างดินประเภทหลังนี้ได้แก่ ดินเกลือ ดินพรุ ดินเปรี้ยว และดินในเขตที่สูงชัน เป็นต้น

2. ที่ดินเพื่อเป็นป่าไม้ มี 2 พวก คือ ป่าไม้ต้นน้ำลำธาร และป่าเพื่อการผลิตไม้ ป่าต้นน้ำมักจะเป็นภูเขาที่สูงชัน มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำซึ่งควรอนุรักษ์ไว้ ส่วนป่าที่ใช้ผลิตไม้พื้นที่จะลาดชันน้อยกว่าและความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หากใช้เพาะปลูกดินจะพังทลายได้ง่ายมาก ดังนั้น เมื่อตัดไม้แล้วจึงควรปลูกทดแทนเสมอ

3. ที่ดินเพื่อการอุตสาหกรรม ดินที่เหมาะสมต่อการก่อสร้างโรงงานหรือนิคมอุตสาหกรรมควรมีลักษณะเรียบ แข็ง ไม่จำเป็นต้องอุดมสมบูรณ์ หรือไม่เหมาะต่อการเพาะปลูก

4. ที่ดินเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย ควรเป็นดินที่ระบายน้ำดี สามารถสร้างเส้นทางคมนาคมขนส่งเชื่อมโยงกับชุมชนอื่นได้สะดวก

5. ที่ดินเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ เป็นที่ที่มีความสวยงามตามธรรมชาติและมีอากาศบริสุทธิ์ เช่น ชายทะเล แม่น้ำ ลำธาร เกาะ ถ้ำ และป่าเขา (http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil16.html)

2.5 องค์ประกอบของดิน

สัดส่วนดินที่ถือว่ามีองค์ประกอบที่เหมาะสมโดยทั่วไปมักประกอบด้วยแร่ธาตุร้อยละ 35-45 อากาศร้อยละ 25-30 น้ำร้อยละ 25-30 และอินทรีย์สารร้อยละ 5 (มูลนิธิโลกสีเขียว, ม.ป.ป.: 10, ราตรี ภารา, 2538: 43)

ส่วนประกอบของดินสามารถจำแนกได้ 4 อย่างดังนี้

1. แร่ธาตุ (อนินทรีย์วัตถุ) เป็นส่วนที่สลายตัวมาจากวัตถุให้กำเนิดดิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินที่ประกอบเป็นเปลือกโลก ส่วนประกอบส่วนนี้จะมีอยู่มากโดยเฉลี่ยจะมีอยู่ครึ่งหนึ่งของเนื้อดินทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละท้องถิ่น แร่ธาตุเป็นส่วนประกอบหลักของดินที่ให้ธาตุอาหารที่จำเป็นแต่พืชและจุลินทรีย์ที่ประกอบอยู่ในเนื้อดินมากที่สุด ขนาดของอนุภาคอนินทรีย์เหล่านี้จะแตกต่างกันไปจากขนาดเล็กจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นจนขนาดที่มองเห็นได้ เช่น ทราย

2. อินทรียวัตถุ เป็นส่วนของซากสิ่งมีชีวิตอันได้แก่ พืชและสัตว์ซึ่งตายทับถมอยู่ที่พื้นดิน เช่น ใบไม้ ต้นไม้ รากไม้ ซากสัตว์ ทั้งขนาดเล็ก ขนาดใหญ่ โดยจุลินทรีย์ทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แบคทีเรีย เห็ด รา ช่วยกันย่อยสลายอินทรียวัตถุให้กลายเป็นวัตถุขนาดเล็ก กลายเป็นอนุภาคของดิน อินทรียวัตถุที่ย่อยสลายตัวแล้วและอยู่ในสภาพที่เหมาะสมเรียกว่า ฮิวมัส (humus) อินทรียวัตถุเป็นส่วนประกอบที่บอกความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพราะนอกจากจะเป็นสารอาหารของพืชแล้ว ยังมีส่วนให้เกิดสภาพกรดอ่อน ๆ ในการช่วยละลายแร่ธาตุในดินให้พืชอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติช่วยเก็บความชื้นไว้ในดินอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำ หรือความชื้น ในดินเป็นส่วนประกอบที่อยู่รอบ ๆ อนุภาคดินและในช่องว่างระหว่างอนุภาคของดิน (pore space) น้ำในดินมีความสำคัญ คือ เป็นแหล่งน้ำสำหรับพืชและจุลินทรีย์ในดิน โดยช่วยในการละลายธาตุต่าง ๆ ในดินให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ เราสามารถแบ่งน้ำในดินได้ 4 ประเภท คือ

3.1 น้ำเลี้ยงผลึก (Water of Crystallization) ได้แก่ น้ำที่เป็นองค์ประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในดินซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Unavailable water)

3.2 น้ำเยื่อ (Hydroscopic water) ได้แก่ น้ำส่วนที่ถูกยึดไว้ที่ผิวภายนอกในลักษณะที่เป็นเยื่อบาง ๆ ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3.3 น้ำซับ (Capillary water) น้ำที่ถูกยึดโดยอนุภาคของดินอยู่ถัดน้ำเยื่อออกมา อยู่ระหว่างช่องว่างขนาดเล็กของดิน ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3.4 น้ำซึม (Gravitational water) ได้แก่น้ำอิสระที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ไม่อยู่ในแรงดึงดูดของอนุภาคดิน ส่วนใหญ่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่ของดิน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Available water)

4. อากาศ ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และออกซิเจนซึ่งจะแทรกอยู่ในดินในช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน โดยอากาศในดินจะถ่ายเทกับอากาศภายนอกตลอดเวลา ความสำคัญของอากาศในดิน คือ ออกซิเจนจะใช้ในการหายใจของพืช และจุลินทรีย์ในดิน คาร์บอนไดออกไซด์เมื่อรวมกับน้ำจะให้กรดคาร์บอนิก ซึ่งจะไปละลายแร่ธาตุต่าง ๆ ให้แก่พืช ไนโตรเจนในอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นเกลือไนเตรตโดยพวก Nitrogen fixing bacteria เช่น แบคทีเรียที่อยู่ในสกุล Rhizobium ที่อาศัยอยู่ในรากพืชตระกูลถั่ว เป็นต้น (http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil17.html)

2.6 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ความอุดมสมบูรณ์ของดินนับว่าเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่มีค่ายิ่งสำหรับกิจการเกษตรกรรม และเป็นสิ่งที่กลุ่มชนทุกหมู่เหล่ามีความปรารถนาที่จะเข้าไปถือครองเป็นกรรมสิทธิ์ของตน ดังจะเห็นได้ว่าในบริเวณใดที่มีดินอุดมสมบูรณ์ ประชากรของโลกจะเข้าไปตั้งถิ่นฐานอยู่อย่างหนาแน่น เช่น ที่ราบลุ่มแม่น้ำแยงซีเกียง ที่ราบฮินดูสถาน และเกาะชวา เป็นต้น องค์ประกอบที่สำคัญซึ่งส่งเสริมให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ ได้แก่

1.เนื้อดิน

เนื้อของดินตามปรกติแล้วจะแบ่งออกได้ 4 ชนิดใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ (1) ดินเหนียว (2) ดินทราย (3) ดินทรายแป้ง และ (4) ดินร่วน ตามปรกติแล้วเนื้อดินที่มีส่วนประกอบของทราย ทรายแป้งหรือเม็ดดินเหนียวอย่างใดอย่างหนึ่งมากเกินไป จะไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้เพื่อการเพาะปลูก ดังนั้นดินร่วนจึงจัดว่าเป็นดินที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรมมาก ทั้งนี้เพราะตามช่องว่างของเม็ดดินจะเปิดโอกาสให้อากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้น และอินทรียวัตถุที่มีชีวิต และที่ล้มตายไปแล้วแทรกซอนเข้าไปผสมอยู่ได้สะดวก นอกจากนี้ดินร่วนยังสะดวกต่อการงอกของเมล็ดและการแหย่รากของพืชลงไปในดินได้โดยง่าย

2.ความหนาของชั้นดิน

ความอุดมสมบูรณ์ของดินจะขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นดินด้วยกล่าวคือ การที่ชั้นดินหนาจะมีความอุดมสมบูรณ์เพราะ (1) มีปริมาณแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่มาก (2) สามารถเก็บกักความชื้นเอาไว้ในเนื้อดินได้เป็นจำนวนมาก และ (3) ปริมาณของขุยอินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในดินจะมากพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช เป็นที่น่าสังเกตว่าบริเวณที่มีชั้นของดินหนามักจะปรากฏอยู่ตามที่ราบหรือหุบเขา จึงทำให้โอกาสการเกิดกระบวนการกษัยการได้น้อยมาก

3.ส่วนประกอบทางเคมีของดิน

ดินที่ได้ชื่อว่ามีความอุดมสมบูรณ์นั้นจะต้องมีสภาพเป็นกลาง กล่าวคือจะมีค่า pH ของดินราว 6-7 ซึ่งดินที่มีค่า pH ดังกล่าวจะไม่มีสภาพเป็นกรด ด่าง หรือเกลือ (Singh and Dhillon,1984) นอกจากนี้ปริมาณแร่ธาตุที่ผสมผสานอยู่ในเนื้อดินจะต้องมีปริมาณพอเหมาะ ทั้งนี้เพราะแร่ธาตุบางชนิดถ้าหากมีอยู่ในดินมากเกินไป จะทำให้ดินเกิดมลพิษปรากฏขึ้น เช่น สารหนู แบเรียม ฟลูออรีน ตะกั่ว ซีเลเนียม และ ธอเลียม เป็นต้น (Dicken and Pills,1970)

4.อินทรียวัตถุ

อินทรียวัตถุทั้งสิ่งมีชีวิตและตายแล้วเน่าเปื่อยผุพังสลายตัวปะปนอยู่ในดิน นอกจากจะทำให้ดินร่วนซุยแล้ว ยังช่วยเพิ่มปริมาณขุยอินทรีย์ให้กับดินอีกด้วย สำหรับขุยอินทรีย์ที่ผสมผสานอยู่ในดินนั้น ถ้าหากมีมากหรือน้อยเกินไป จะมีคุณค่าต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่มากนัก ส่วนแบคทีเรียและเห็ดราบางชนิดที่เป็นอันตรายต่อพืช ไม่ควรปล่อยทิ้งไว้ในดิน ทางที่ดีควรหาทางกำจัดให้หมดไป (http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil33.html)

2.7 ความสำคัญของดินที่มีต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์

เป็นทราบกันดีแล้ว ปัจจัยที่สำคัญในการยังชีพและการเจริญเติบโตของมนุษย์ ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค ปัจจัยทั้ง 4 อย่างนี้มนุษย์ได้มาจากดินทั้งสิ้น ซึ่งอาจเป็นการได้มาโดยตรงหรือทางอ้อมก็ได้ดังนี้คือ

อาหาร อาหารที่มนุษย์รับประทานกันอยู่ทุกวันนี้ ได้มาจากพืช และสัตว์เป็นส่วนใหญ่ พืชต้องอาศัยดินในการยังชีพและการเจริญเติบโต สัตว์ได้อาหารจากพืชและสัตว์ด้วยกันเอง มนุษย์ได้อาศัยพืช และสัตว์อื่น ๆ เป็นอาหาร จึงอาจกล่าวได้ว่ามนุษย์ได้อาหารจากดินโดยทางอ้อมล

เครื่องนุ่งห่ม เครื่องนุ่งห่มส่วนมากทำจากวัตถุดิบที่ได้จากพืช เช่น พวกเส้นใย และป่านปอ จากสัตว์ก็มีพวกขนสัตว์ พืชและสัตว์ต้องอาศัยดินในการเจริญเติบโตและมีชีวิตอยู่ได้ จึงอาจกล่าวได้ว่ามนุษย์ได้เครื่องนุ่งห่มจากดินโดยทางอ้อมนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อยู่อาศัย ส่วนมากที่อยู่อาศัยของมนุษย์ทุกวันนี้ มักจะได้มาจากสิ่งที่ได้มาจากดินทั้งทางตรงและทางอ้อม เป็นต้นว่า ไม้ เหล็ก อิฐ ซีเมนต์ ฯลฯ ซึ่งเป็นสิ่งที่ได้จากดินทั้งสิ้น

ยารักษาโรค ยารักษาโรคที่มนุษย์ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ก็มีดินเป็นแหล่งที่ให้กำเนิดเป็นต้นว่า สมุนไพรต่าง ๆ ที่ใช้กันในสมัยโบราณ จนกระทั่งปัจจุบัน ยารักษาโรคได้มาจากดินเช่นกัน เป็นต้นว่า ยาพวก Penicillin และ streptomycin ก็ได้มาจากจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน จึงกล่าวได้ว่ามนุษย์ต้องอาศัยดินเพื่อให้ได้มาซึ่งยารักษาโรค (http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil35.html)

2.8 ประโยชน์ของดินที่มีต่อพืช

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าดินเป็นตัวกลางในการเจริญเติบโตของพืช ดินและพืชมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องซึ่งกันและกันอย่างเหนียวแน่น ในการเจริญเติบโตของพืชอาศัยปัจจัยหลายอย่าง ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชดังนี้

2.1 ดินทำหน้าที่เป็นที่ยึดเหนี่ยวของพืช รากพืชที่ฝังลึกลงไปในดิน จะช่วยยึดลำต้นให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.2 ดินช่วยเก็บกักน้ำ ภายในดินมีช่องว่างต่าง ๆ ซึ่งทำหน้าที่เก็บน้ำไว้ พืชสามารถดูดไปใช้ได้โดยทางราก

2.3 ดินช่วยเก็บกักอากาศ อากาศจะถูกเก็บกักไว้ในดินโดยอยู่ตามช่องว่างของดิน พืชสามารถดูดอากาศเหล่านี้ไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้

2.4 ดินเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชชั้นสูง ในปัจจุบันนี้ส่วนใหญ่ได้มาจากดิน ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้พืชมีความต้องการมากน้อยแตกต่างกัน ถ้าพืชขาดธาตุใดธาตุหนึ่งจะทำให้การเจริญเติบโตไม่ดีดินจึงเป็นแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญ
(http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil35.html)

2.9 ความสำคัญของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

พืชต้องอาศัยดินในการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มงอกจากเมล็ดกระทั่งโต ให้ดอก ให้ผล

ปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชแบ่งออกได้เป็น 2 อย่าง

1. ปัจจัยที่ต้องมี (Positive factors) ถ้าขาดปัจจัยเหล่านี้แล้วพืชจะไม่สามารถเจริญเติบโตผลิดอกออกผล มีดังต่อไปนี้:-

1.1 แสงสว่าง พืชมีความต้องการแสงสว่างเพื่อใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสง (photo-synthesis) ซึ่งเป็นขบวนการที่พืชปรุงอาหารจากน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีคลอโรฟิลล์ เป็นตัวช่วยดูดพลังงานแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ที่ยึดเหนี่ยว พืชจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดี จะต้องมีที่ยึดเหนี่ยวที่แข็งแรง เพื่อให้ลำต้นทรงอยู่ได้ในลักษณะที่เหมาะที่สุดซึ่งจะทำให้สิ่งต่าง ๆ ทำหน้าที่ในการเจริญเติบโตได้เต็มที่

1.3 ความร้อนหรืออุณหภูมิ การที่พืชเจริญเติบโตได้ดีนั้น ต้องมีอุณหภูมิหรือความร้อนที่เหมาะสม (optimum temperature) ด้วยเหตุนี้เอง จึงพบว่าพืชบางชนิดที่เจริญงอกงามดีในเมืองหนาว ไม่เจริญงอกงามเท่าที่ควร เมื่อนำมาปลูกในเมืองร้อน

1.4 อากาศ ในการเจริญเติบโตของพืชนั้น พืชต้องการพลังงาน และพลังงานอันนี้ได้มาจากการหายใจ ดังนั้นเพื่อให้การหายใจเป็นไปอย่างเต็มที่จึงต้องมีอากาศอย่างเพียงพอนอกจากนี้พืชยังต้องการคาร์บอนไดออกไซด์ในการทำแสงสังเคราะห์อีกด้วย ซึ่งก็ได้มาจากอากาศอีกเช่นเดียวกัน ฉะนั้นอากาศจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอันหนึ่งในการเจริญเติบโตของพืช

1.5 น้ำ น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช จากการวิเคราะห์พบว่า 75% ของพืชที่ยังสดอยู่นั้นประกอบด้วยน้ำ เพราะฉะนั้นการที่จะให้พืชเจริญเติบโตได้ดี จะต้องมีน้ำเพียงพอ นอกจากนี้น้ำยังทำหน้าที่ในการช่วยดูดอาหาร ลำเลียงอาหารจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งอื่น ๆ ของพืชและช่วยในการลดอุณหภูมิของพืชโดยการคายน้ำ

1.6 ธาตุ อาหาร (Nutrients) พืชต้องการธาตุอาหารในการเจริญเติบโต ธาตุอาหารบางอย่างเป็นองค์ประกอบอยู่ในสารประกอบที่สำคัญของพืช (structural) เป็นต้นว่า โปรตีน คลอโรฟิลล์ ฯลฯ ธาตุอาหารบางอย่าง มีส่วนช่วยกระตุ้นขบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ (functional) ฉะนั้นการที่พืชจะเจริญเติบโต และผลิดอกออกผลได้ดีก็ต้องได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอ

2. ปัจจัยที่ไม่ต้องมี (Negative factors) พืชจะเจริญเติบโตผลิดอกออกผลได้ดีจะต้องไม่มีสิ่งต่อไปนี้

2.1 โรค แมลง รวมทั้งสัตว์ที่เป็นศัตรูพืช ถึงแม้ว่าพืชจะมีปัจจัยทั้ง 6 อย่างครบบริบูรณ์แล้วก็ตาม ถ้ายังมีโรค แมลงและสัตว์ที่เป็นศัตรูพืชแล้ว พืชก็จะไม่เจริญเติบโตผลิดอกออกผลได้

2.2 สารที่เป็นพิษ (Toxic substances) สารบางชนิดถ้ามีในปริมาณที่มากในดินแล้ว พืชบางชนิดก็จะไม่สามารถขึ้นในดินชนิดนั้น เป็นต้นว่า สารหนู (arsenic) พืชจะเจริญได้ดีจะต้องไม่มีสารที่เป็นพิษนั้น ๆ ด้วย

2.10 หน้าที่ของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

ดินมีหน้าที่ต่อการเจริญเติบโตของพืช ดินมีหน้าที่ต่อการเจริญเติบโตของพืชดังต่อไปนี้คือ

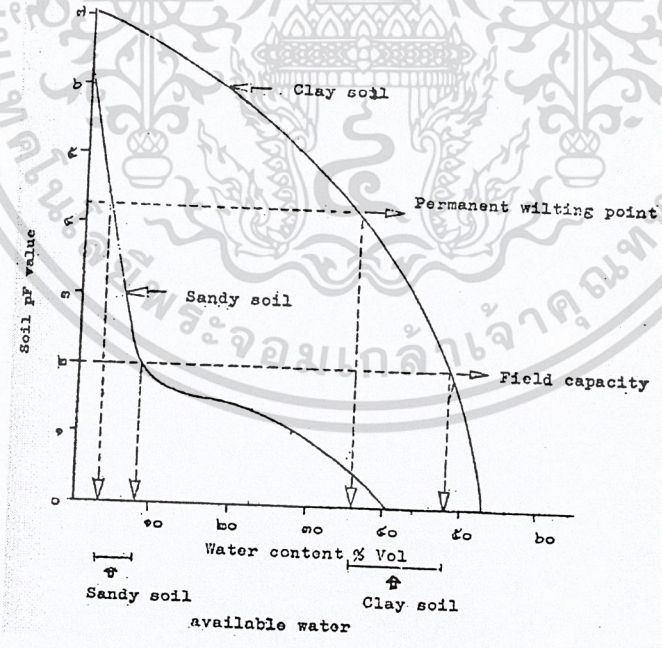
1. ดินทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะ (anchorage) ของรากพืชเพื่อยึดลำต้นให้แน่น ไม่ให้ล้มเอียง
2. ดินเป็นที่เก็บน้ำ (water storage) เพื่อการเจริญเติบโตของพืช
3. ดินให้อากาศแก่รากพืชเพื่อการหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ดินให้ธาตุอาหารแก่พืช เพื่อการเจริญเติบโตและความทนทานต่อโรค แมลง และภัยธรรมชาติอื่น ๆ

2.11 ความชื้นของดิน (Soil Moisture)

ความชื้น หรือน้ำในดินเป็นส่วนที่เรียกว่า น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water) ได้แก่ ปริมาณน้ำระหว่างระดับความชื้นของดินตรงจุดความชื้นที่สนาม ถึงระดับความชื้นที่ใกล้จุดการเหี่ยวถาวร ซึ่งปริมาณน้ำทั้งหมดที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในช่วงระหว่างระดับความชื้นของดินทั้งสองจุดดังกล่าว จะแตกต่างกันไปตามชนิดของเนื้อดิน ในรูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ (water tention; pF) และปริมาณของน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินทรายและดินเหนียว จากเส้นกราฟแสดงว่าทั้งดินทรายและดินเหนียวเมื่อค่าปริมาณของน้ำในดินสูงเพิ่มขึ้นดินจะมีค่าความเครียดของน้ำลดลง แต่ลักษณะของเส้นกราฟของดินทั้งสองประเภทจะแตกต่างกัน ปริมาณของน้ำที่เป็นประโยชน์พืชในดินทั้งสองที่จะดูดซับหรืออุ้มเอาไว้ได้ก็จะแตกต่างกัน โดยในดินเหนียวจะมีปริมาณของน้ำดังกล่าวมากกว่าดินทราย ดังนั้น เมื่อดินทั้งสองประเภทได้รับน้ำในปริมาณที่เท่ากันแล้ว น้ำส่วนที่จุสูญเสียไปจากดินทรายจะเป็นปริมาณที่มากเมื่อเปรียบเทียบกับการสูญเสียการสูญเสียน้ำไปจากดินเหนียว หรือกล่าวในอีกทางหนึ่งได้ว่า คือดินเหนียวดูดซับน้ำไว้ได้เป็นปริมาณที่มากกว่าดินทราย ซึ่งจากเรื่องการสูญเสียน้ำไปจากดินบริเวณนั้นจะเกี่ยวข้องกับการสูญเสียของธาตุอาหารพืชไปจากดินในรูปของไอออนที่ละลายไปกับน้ำด้วย



รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของน้ำ (ความชื้นของดิน) ค่าความเครียด ของน้ำ และน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในดินทรายและดินเหนียว (ชัยฤกษ์, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 ธรรมชาติของความชื้นในดิน

ความชื้นของดินอยู่ในส่วนที่ว่าง (Pore) ของดิน จึงมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับทั้งปริมาณและชนิดของก๊าซที่ปรากฏในดิน เพราะทั้งความชื้น และก๊าซต่างก็อยู่ในส่วนที่เป็นที่ว่างอนุภาคดิน ดังนั้น เมื่อดินมีความชื้นมากขึ้น ดินย่อมมีก๊าซน้อยลง และการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างดินกับบรรยากาศเหนือผิวดินเป็นไปได้ยากขึ้น ทำให้ก๊าซออกซิเจนน้อย และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเมื่อดินมีความชื้นมาก

ความชื้นของดินโดยปกติปรากฏใน 2 ภาวะ คือ ภาวะของเหลว (liquid state) ซึ่งเป็นสิ่งที่เรียกกันว่าน้ำในดิน (soil water) และภาวะก๊าซ (gas state) ซึ่งเป็นสิ่งที่เรียกกันว่าไอน้ำในดิน (soil water vapor) แต่ในบางกรณี เช่น ในฤดูหนาวในประเทศที่มีอากาศหนาวจัด ความชื้นของดินมักปรากฏในภาวะของแข็ง (solid state) คือเป็นน้ำแข็งด้วย อย่างไรก็ตาม โดยปกติทั่วไปโดยเฉพาะในประเทศที่มีอากาศร้อน เช่น ประเทศไทย และในฤดูเพาะปลูกของประเทศที่มีอากาศหนาวจัด ส่วนใหญ่ของความชื้นของดินอยู่ในภาวะของเหลว นอกจากนี้ ส่วนที่มีบทบาทต่อการดำรงชีพของพืชมากที่สุดของความชื้นของดินได้แก่ส่วนที่อยู่ในภาวะของเหลว ดังนั้น เมื่อกล่าวถึงความชื้นของดินจึงนิยมเพ่งเล็งถึงส่วนที่อยู่ในภาวะของเหลวเป็นสำคัญ และมักใช้คำว่า "ความชื้นของดิน" กับ "น้ำในดิน" ในความหมายเดียวกัน และในที่นี้เมื่อพูดถึง "ความชื้นของดิน" ก็จะหมายถึงแต่เฉพาะ "น้ำในดิน" เท่านั้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิยา, 2535)

2.13 ความสำคัญของความชื้นของดินต่อการผลิตพืช

ความชื้นเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีพของสิ่งที่มีชีวิตทุกชนิด ไม่ว่าสิ่งมีชีวิตนั้นจะเป็นสัตว์ พืช หรือจุลินทรีย์ ด้วยเหตุที่พืชส่วนใหญ่อาศัยดินเป็นตัวกลางของการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต ความชื้นของดินจึงมีความสำคัญต่อพืชเป็นอย่างมาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิยา, 2535)

ความสำคัญของความชื้นของดินต่อพืช สามารถแยกกล่าวได้เป็น 4 ประการคือ

1. พืชและจุลินทรีย์ดินทุกชนิดต้องการน้ำเพื่อเป็นส่วนประกอบของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

พืชและจุลินทรีย์ดินทุกชนิดต้องการน้ำเพื่อเป็นส่วนประกอบของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อใช้ในขบวนการ Metabolism ต่าง ๆ เช่น ขบวนการแสงสังเคราะห์ของพืชและของจุลินทรีย์ดินบางชนิด เป็นต้น และเพื่อประโยชน์ในด้านอื่น ๆ จึงนับได้ว่าน้ำเป็นโภชนะ (nutrient) อย่างหนึ่งของพืชและของจุลินทรีย์ดิน เพราะทั้งธาตุไฮโดรเจนและธาตุออกซิเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบของแต่ละโมเลกุลของน้ำต่างเป็นธาตุที่จำเป็น (essential element) ต่อการยังชีพของพืชและของจุลินทรีย์ดินทุกชนิด น้ำที่พืชและจุลินทรีย์ดินใช้ในการดำรงชีพในธรรมชาติ พืชและจุลินทรีย์ดินได้จากดินเกือบทั้งหมด

2. น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีมาก

น้ำเป็นตัวทำละลาย (Solvent) ที่ดีมาก ความชื้นของดินจึงมีบทบาทที่สำคัญยิ่งในการทำให้ไอออนต่าง ๆ ที่เป็นโภชนะของพืชและของจุลินทรีย์ดินอยู่ในสภาวะละลายในดิน ซึ่งเป็นสภาวะที่ไอออนชนิดต่าง ๆ พร้อมมากที่สุดที่จะให้พืชประโยชน์ เพราะพืชดูดส่วนใหญ่ของไอออนชนิดต่าง ๆ ไปจากดินในรูปที่ละลาย (dissolved form)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำเป็นตัวกลางที่ดีในการเคลื่อนย้ายสิ่งต่าง ๆ

ในธรรมชาติ ความชื้นของดินจึงมีบทบาทที่สำคัญในการเคลื่อนย้ายของไอออนและของส่วนประกอบอื่น ๆ ของดินจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งของหน้าตัดดิน ทั้งจากบริเวณที่ห่างไกลจากรากพืชไปยังบริเวณใกล้รากพืชและจากบริเวณใกล้รากพืชไปยังบริเวณที่ห่างไกลจากรากพืช ตลอดจนการเคลื่อนย้ายของไอออนและสารอื่น ๆ จากดินเข้าไปในพืชและในจุลินทรีย์ดิน และจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งของพืชและของจุลินทรีย์ดิน

4. น้ำมีความร้อนจำเพาะและความร้อนแฝงที่สูง

น้ำมีความร้อนจำเพาะ (specific heat) และความร้อนแฝง (latent heat) ที่สูงจึงเปลี่ยนอุณหภูมิยาก ดังนั้น ความชื้นของดินจึงมีบทบาทสำคัญในการป้องกันสภาวะอุณหภูมิจัด (extreme temperature) ของดิน คือ ป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของดินสูงหรือต่ำจนเกินไปจนพืชที่ขึ้นอยู่บนผิวดินและจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินทนไม่ได้ และป้องกันความผันแปร (variation หรือ fluctuation) ที่มากเกินไปของอุณหภูมิของดินในรอบวันหนึ่ง ๆ ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตและการประกอบกิจกรรมอย่างเต็มที่ของทั้งพืชและจุลินทรีย์ด้วยเหมือนกัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิยา, 2535)

2.14 การหาปริมาณความชื้นในดิน

การหาปริมาณความชื้นในดิน ถึงแม้ว่าเป็นงานที่ต้องใช้เวลาและสิ้นเปลืองมากแต่ก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในงานชลประทาน การหาปริมาณความชื้นตามปกติจะทำได้โดยการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกที่ต้องการแล้วบรรจุในกระป๋องเก็บตัวอย่างซึ่งมีฝาปิดมิดชิด โดยน้ำหนักดินจะต้องไม่น้อยกว่า 100 กรัม จากนั้นนำดินมาชั่งและอบแห้งในเตาซึ่งมีอุณหภูมิ 105 ถึง 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมงหรือจนกว่าดินจะแห้งทั่วถึงกัน นำมาชั่งใหม่น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในดิน

หน่วยวัดปริมาณความชื้นในดินมี 2 อย่าง คือ 1. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง 2. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของดินแห้ง

1. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก เหมาะสำหรับการหาปริมาณความชื้นเมื่อไม่ทราบปริมาตรของตัวอย่างดินที่เก็บมา หรือเมื่อทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินแล้วการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักทำได้โดยใช้สมการ

$$Pw = (Ww / Ws) * 100 \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ Pw = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง

Ww = น้ำหนักของน้ำในดิน

Ws = น้ำหนักของดินอบแห้ง

2. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร จะต้องรู้ปริมาตรของดินโดยอาจใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (Soil Core Sampler) ก็ได้ แล้วใช้สมการ

$$Pv = (Vw / Vs) * 100 \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ Pv = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับปริมาตรของดินทั้งก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vw = ปริมาตรของน้ำในดิน

Vs = ปริมาตรของก้อนหิน

ถ้าหากเก็บตัวอย่างทำโดยการใช้กระบอกเก็บตัวอย่างซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอเท่ากับ A ดังนั้น ปริมาตรของน้ำในดินจะเท่ากับ d,A และปริมาตรก้อนดินเท่ากับ D,A เมื่อ d และ D คือความลึกของน้ำที่อยู่ในดินและความลึกของแท่งดินตามลำดับ จากสมการ (2) จะได้ว่า

$$Pv = ((d.A))/(D.A)) * 100$$

หรือ

$$d = (Pv / 100) * D \quad \text{.....(3)}$$

ในกรณีที่ทราบว่าค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏหรือ Bulk Density ของดินแล้ว การหาปริมาณความชื้นของดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรจะง่ายขึ้นโดยทำการหาความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักซึ่งสะดวกกว่าเสียก่อน แล้วใช้สูตร

$$Pv = Pw * As \quad \text{..... (4)}$$

เมื่อ As เป็นความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน หรือเมื่อต้องการหาความลึกของน้ำในดิน ก็แทนค่า Pv ในสมการ (4) ลงในสมการ (3) ก็จะได้

ในงานชลประทานบนแปลงเพาะปลูก ปริมาณความชื้นที่พืชเอาไปใช้ได้มักจะใช้หน่วยเป็นความลึกของน้ำต่อหนึ่งหน่วยความลึกของดิน เมื่อต้องการทราบปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืชเป็นปริมาณเท่าไรก็เอาความลึกของเขตราก คูณกับค่าปริมาณความชื้นที่ต้องการ ก็จะทราบความลึกของน้ำที่ต้องให้แก่พืช

กรณีที่ดินในเขตรากมีเนื้อดินไม่สม่ำเสมอกันตลอด (มีความถ่วงจำเพาะต่างกัน) การคำนวณหาความชื้นต้องกระทำเป็นชั้น ๆ แล้วจึงนำเอาความลึกของน้ำที่จะต้องให้แก่ดินในแต่ละชั้นมารวมกัน

2.15 อุณหภูมิของดิน (Soil temperature)

อุณหภูมิเป็นดรรชนี (Index) ของระดับความร้อน ดังนั้น อุณหภูมิของดินจึงเป็นสมบัติที่บ่งถึงระดับความร้อนของดิน ความร้อนที่เกิดขึ้นในดินมาจากแสงอาทิตย์เป็นส่วนใหญ่ ความร้อนที่ได้จากแหล่งอื่น ๆ เช่น จากใจกลางของโลก และจากขวนการต่าง ๆ ทางเคมีและชีวเคมีที่เกิดขึ้นในดิน โดยปกติเกิดขึ้นในอัตราที่ช้ามาก จึงไม่มีผลกระทบที่สำคัญแต่อย่างใดต่ออุณหภูมิของดิน

แสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกจะต้องผ่านบรรยากาศที่อยู่เหนือผิวโลกก่อน ที่จะกระทบผิวโลก ในขณะที่แสงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศนี้ บางส่วนของแสงอาทิตย์ถูกสะท้อนขึ้นสู่อวกาศและบางส่วนถูกบรรยากาศดูดไว้ ปริมาณแสงอาทิตย์ที่สะท้อนขึ้นสู่อวกาศและที่ถูกบรรยากาศดูดไว้นี้ขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ หลายอย่าง เช่น ความมากน้อยของเมฆ คามชื้นของบรรยากาศ และฤดูกาล เป็นต้น อย่างไรก็ตม ค่าเฉลี่ยของแสงอาทิตย์ทีสะท้อนขึ้นสู่อวกาศและที่ถูกบรรยากาศดูดไว้เป็นประมาณ 53 เปอร์เซ็นต์ของแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่ส่องมายังโลก ดังนั้น ปริมาณเฉลี่ยของแสงอาทิตย์ที่กระทบผิวโลกจึงเป็นประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์ของแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่ส่องมายังโลก สำหรับวันที่มีเมฆมาก ปริมาณของแสงอาทิตย์ที่กระทบผิวโลกนี้โดยปกติมักเป็นเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ของแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่ส่องมายังโลก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิยา, 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 ความสำคัญของอุณหภูมิของดิน

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งต่อการเติบโตของพืช พืชทุกชนิดจะสามารถเจริญเติบโตได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ อยู่ในช่วง ๆ หนึ่งซึ่งจะเป็นเท่าใดนั้นอยู่กับชนิดของพืช และถ้าอุณหภูมิไม่อยู่ในช่วงนั้น ๆ การเติบโตของพืชจะหยุดชะงัก ช่วงอุณหภูมิอันนี้เรียกว่า Cardinal temperature นอกจากนี้ ภายในช่วงที่เรียกว่า cardinal temperature นี้โดยปกติจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด (optimum temperature) ต่อการเติบโตของพืชนั้น ๆ สำหรับพืชเขตร้อน (tropical crop) โดยทั่วไป cardinal temperature มีค่าประมาณ 15 – 40 องศาเซลเซียส และ optimum temperature มีค่าประมาณ 30 องศาเซลเซียส

นอกจากจะมีอิทธิพลต่อการเติบโตของพืชหลังจากที่พืชงอกเป็นต้นแล้ว อุณหภูมิของดินยังมีความสำคัญต่อการงอกของเมล็ดพืชอีกด้วย อุณหภูมิของดินที่เหมาะต่อการงอกของเมล็ดพืชจะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เช่น เมล็ดของข้าวโอ๊ต ของถั่วอัลฟัลฟา และของหญ้าโบรม (Brome grass) งอกเมื่อดินในช่วงความลึก 2 นิ้วแรกจากผิวดินมีอุณหภูมิเฉลี่ยประจำวัน ประมาณ 10 องศาเซลเซียส แต่เมล็ดข้าวโพดงอกเมื่อดินในช่วงความลึกนี้มีอุณหภูมิเฉลี่ยประจำวันประมาณ 16 องสาเซลเซียส แต่เมล็ดข้าวโพดงอกเมื่อดินในช่วงความลึกนี้มีอุณหภูมิเฉลี่ยประจำวันประมาณ 21 องสาเซลเซียส เป็นต้น

กิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ดินเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิของดิน ช่วงของอุณหภูมิที่ส่วนใหญ่ของจุลินทรีย์ดินสามารถประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้แก่ ประมาณ 0- 40 องศาเซลเซียส และถ้าดินมีการถ่ายเทอากาศและระดับความชื้นที่เหมาะสมกับความต้องการของจุลินทรีย์ดิน การเพิ่มอุณหภูมิของดินภายในช่วง 0 – 40 องศาเซลเซียส โดยปกติทำให้จุลินทรีย์ดินประกอบกิจกรรมได้ดีขึ้น การเพิ่มขึ้นของการประกอบกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นของการประกอบกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้โดยปกติเป็นไปอย่างช้า ๆ ในช่วง 0 – 10 องศาเซลเซียส และเป็นไปอย่างรวดเร็วในช่วง 10– 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะที่สุดสำหรับการประกอบกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินส่วนใหญ่ ได้แก่ 25 –30 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิเป็นปัจจัยอันหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทั้งทางฟิสิกส์และทางเคมีของสสารแทบทุกชนิด ผลการทดลองได้ชี้ให้เห็นว่าปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ โดยเฉลี่ยจะเร็วขึ้นเป็นสองเท่าตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีความสำคัญต่อการยึดตัวและการหดตัวของสารทุกชนิดอีกด้วย ดังนั้น อุณหภูมิของดินจึงมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทั้งทางฟิสิกส์และทางเคมีที่เกิดขึ้นกับสิ่งที่เป็นต้นกำเนิดของดินตลอดจนส่วนประกอบต่าง ๆ ของดินด้วย การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในระดับที่สูงภายใต้สภาพอุณหภูมิที่สูง ดินที่กำเนิดภายใต้สภาพอุณหภูมิที่ต่างกันจึงมีแนวโน้มที่จะมีสมบัติต่าง ๆ แตกต่างกันแม้ว่าจะกำเนิดจากวัตถุชนิดเดียวกันก็ตาม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิยา, 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3

การออกแบบโพรบตรวจจับความชื้น และอุณหภูมิในผิวดิน

3.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นด้วย SHT-15

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของตัวตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้น

ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ SHT-15 มีขนาดเล็กเท่าหัวไม้ขีดมีความสามารถและองค์ประกอบดังนี้

1. สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 – 125 องศาเซลเซียส ความละเอียดในการวัด 0.1 องศาเซลเซียส
2. สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 1-0.99% RH และ ความละเอียดในการวัด 0.1 RH
3. ใช้แหล่งจ่ายไฟ +5 V กินกระแสต่ำ
4. ใช้สายควบคุมสัญญาณ 2 เส้น คือ data และ clock ภายใต้มาตรฐาน มี I^2C แม่นยำในการวัดอุณหภูมิ
5. ต่อสายไปยังหัวเซนเซอร์ไม่เกิน 5 เมตร

วิธีการใช้งาน SHT -15

การอ่านค่าที่เป็นอุณหภูมิจะเป็นเลขฐาน 16 ขนาด 12 บิต ส่วนค่าความชื้นจะเป็นเลขฐาน 16 ขนาด 14 บิต ค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นที่อ่านได้จากเซนเซอร์ซึ่งจะต้องแปลงเป็นเลขฐาน 10 ก่อน แล้วนำมาเข้าสมการคำนวณความชื้น และอุณหภูมิ คือ

สมการความชื้น

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \bullet SO_{RH} + c_3 \bullet SO_{RH}^{\ 2}$$

เมื่อ

SO_{RH}	c_1	c_2	c_3
12 bit	-4	0.0405	$-2.8 * 10^{-6}$
8 bit	-4	0.648	$-7.2 * 10^{-4}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
73040

และ

$$RH_{true} = (T_{°C} - 25) \bullet (t_1 + t_2 \bullet SO_{RH}) + RH_{linear}$$

เมื่อ

SO_{RH}	t_1	t_2
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

$T_{°C}$ อุณหภูมิจริงขณะทำการตรวจจับความชื้น

สมการอุณหภูมิ

$$Temperature = d_1 + d_2 \bullet SO_T$$

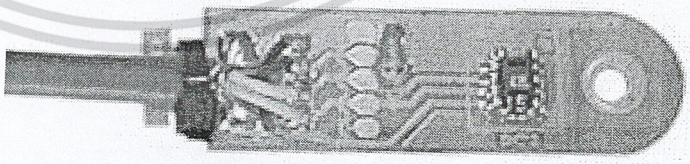
VDD	d_1 [°C]	d_1 [°F]
5V	-40.00	-40.00
4V	-39.75	-39.50
3.5V	-39.66	-39.35
3V	-39.60	-39.28
2.5V	-39.55	-39.23

SO_T	d_2 [°C]	d_2 [°F]
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

จะเห็นว่าสมการความชื้นค่อนข้างยาวทำให้เสียเวลาประมวลผลนาน การใช้ไมโครคอนโทรเลอร์เพียงตัวเดียวจะง่ายในเรื่อง Hard ware และยังสะดวกกว่าใช้คอมพิวเตอร์ ดังนั้น แม้เสียเวลาบ้าง แต่ถือว่าคุ้มค่าแก่การใช้งาน

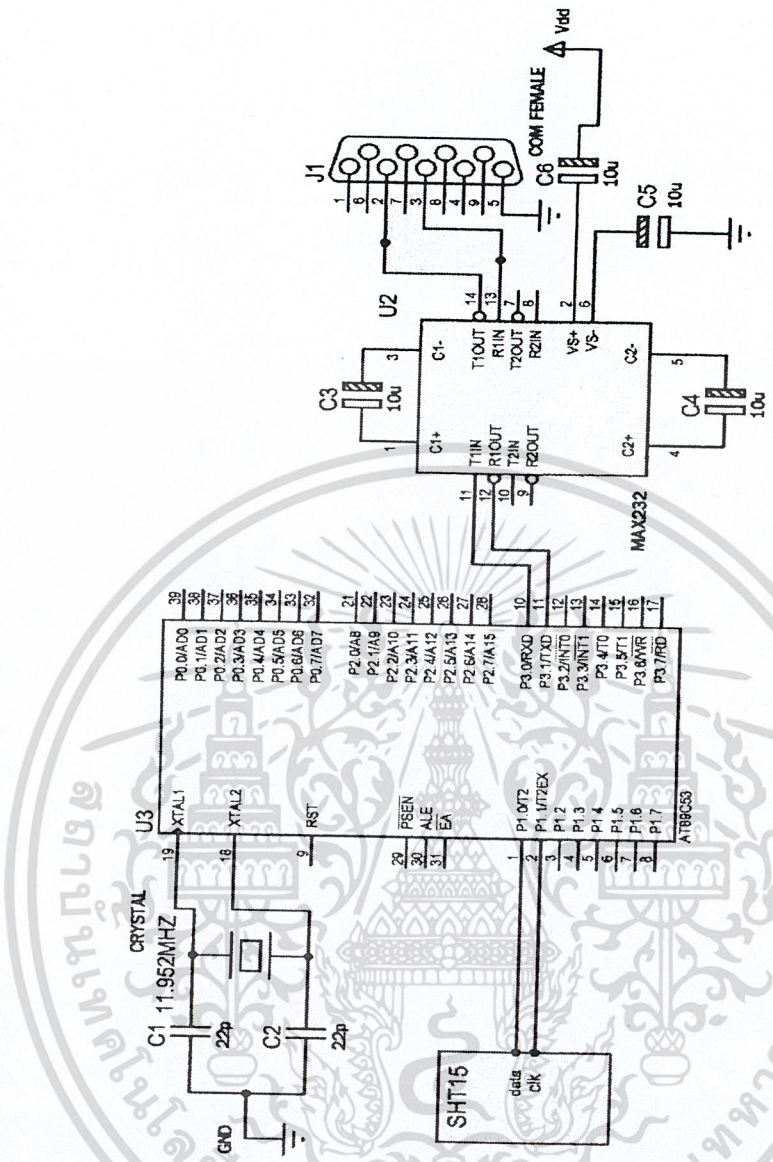
3.2 การออกแบบโพรบตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในผิวดินด้วย SHT-15

สายสื่อสารเพื่อเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นจากตัวโพรบไปยังวงจรอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของโพรบที่ประกอบกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์

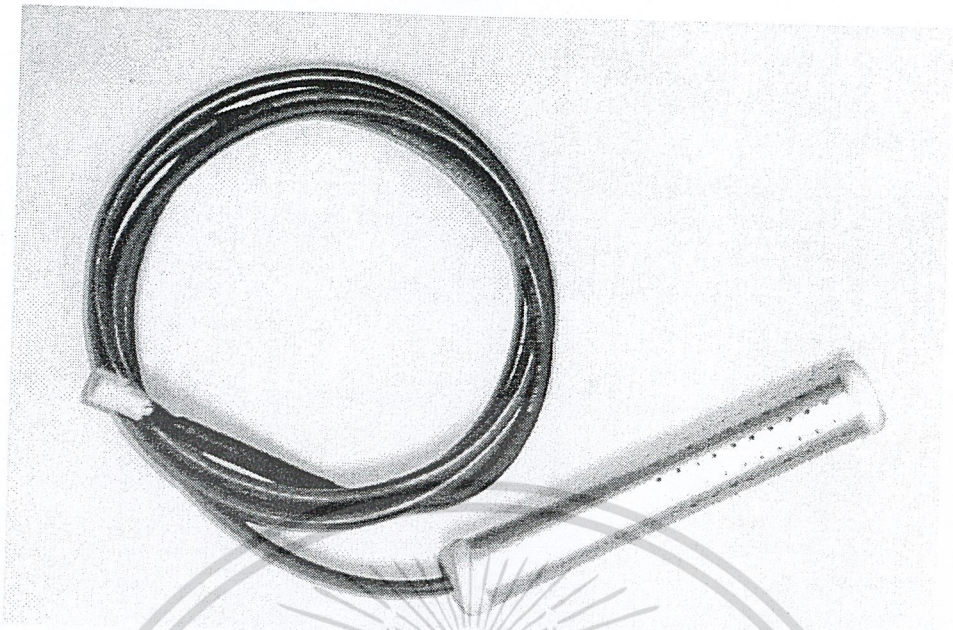
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



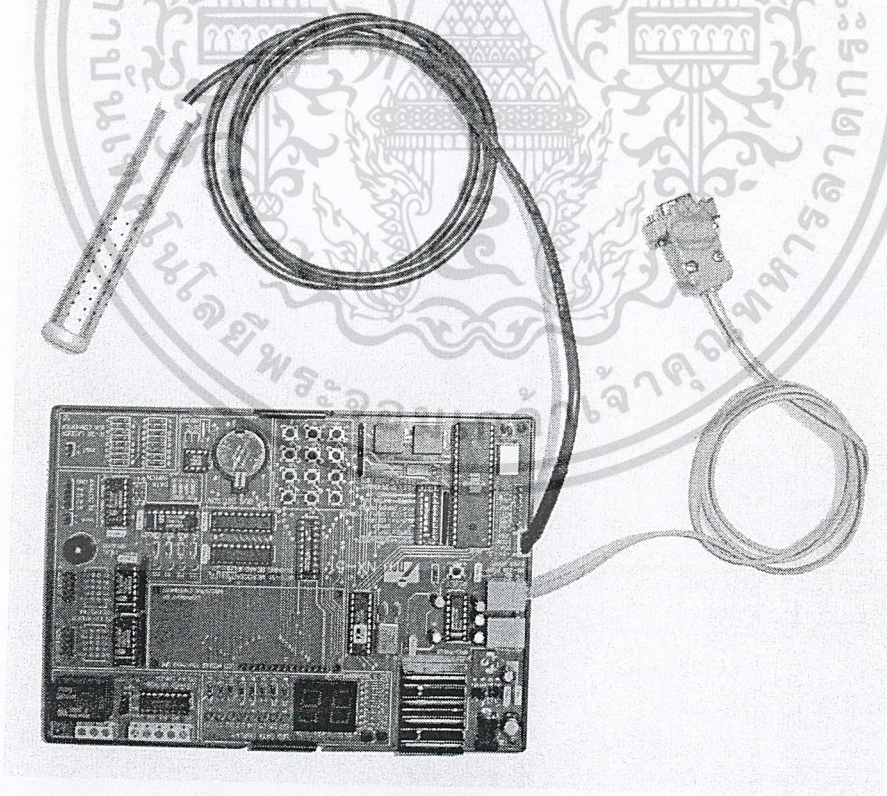
รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะตัวอย่างของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งาน

จากรูปที่ 3.3 เป็นลักษณะวงจรขั้นพื้นฐานที่ใช้ในการรับข้อมูลจากโพรบมาประมวลผลด้วยตัวไมโครโปรเซสเซอร์ และส่งข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลเข้าสู่คอมพิวเตอร์โดยผ่านมาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม RS -232C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของโพรบที่ได้ออกแบบเพื่อใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการทดลองกับโพรบที่ได้ออกแบบ

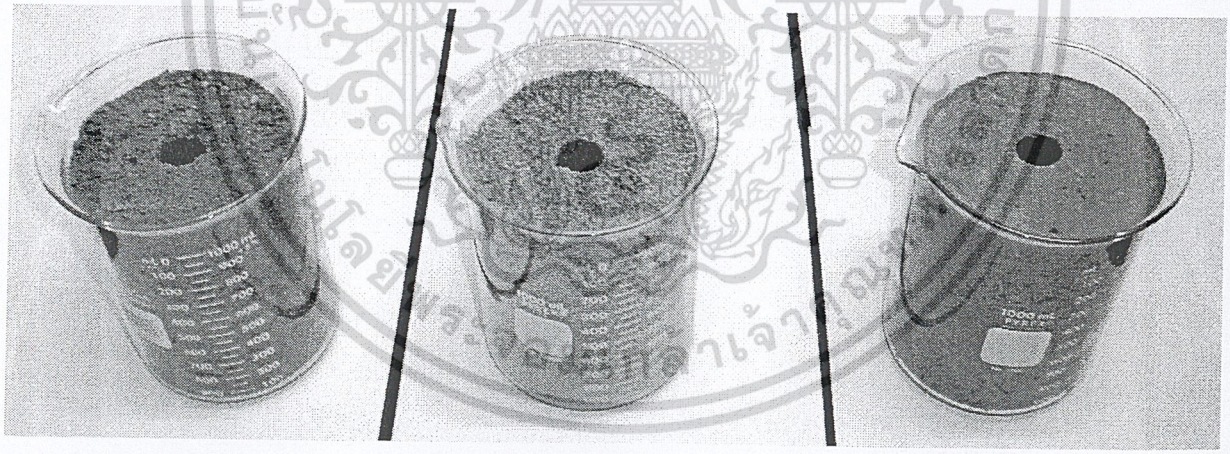
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีการ และผลการทดลอง

4.1 วิธีการทดลอง หลังจากที่ได้ออกแบบโพรบ และวงจรใช้งานเพื่อทดสอบโพรบแล้ว จะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.1.1 การทดลองในเบื้องต้น จะเป็นการทดลองตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศที่ระเหยหรือถ่ายเทจากผิวดินออกสู่ภายนอก ซึ่งจะทำการทดลองโดยการเจาะรูลงไปในผิวดิน ลึกประมาณ 10 เซนติเมตร เป็นรูปทรงกระบอกตามลักษณะโพรบที่ออกแบบ แล้วนำโพรบที่ไปตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่ถ่ายเทออกสู่บรรยากาศภายนอกทางรูดังกล่าว ในการทดลองนี้จะนำตัวอย่างดินจากที่ต่าง ๆ มา 10 ตัวอย่าง แล้วทำการทดลองตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในผิวดินที่เตรียมไว้ กับโพรบที่เราออกแบบขึ้น ซึ่งถ้ามีความเป็นไปได้ก็จะทำการทดลองต่อ เพื่อให้โพรบมีค่าความถูกต้องตามโพรบมาตรฐาน

4.1.1.1 การทดลองในห้องทดลองเบื้องต้น ในรูปที่ 4.1 แสดงการเตรียมตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลองตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้น ซึ่งแสดงตัวอย่างดินแค่ 3 ตัวอย่าง แต่ที่ทดลองวัดในห้องทดลองจริงจะใช้ดิน 10 ตัวอย่างเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโพรบ ในการใช้โพรบจะเห็นว่าดินที่จะใช้ในการทดลองต้องมีการเจาะรูรูปทรงกระบอกตามลักษณะของโพรบลึกประมาณ 10 cm



ก. ข. ค.

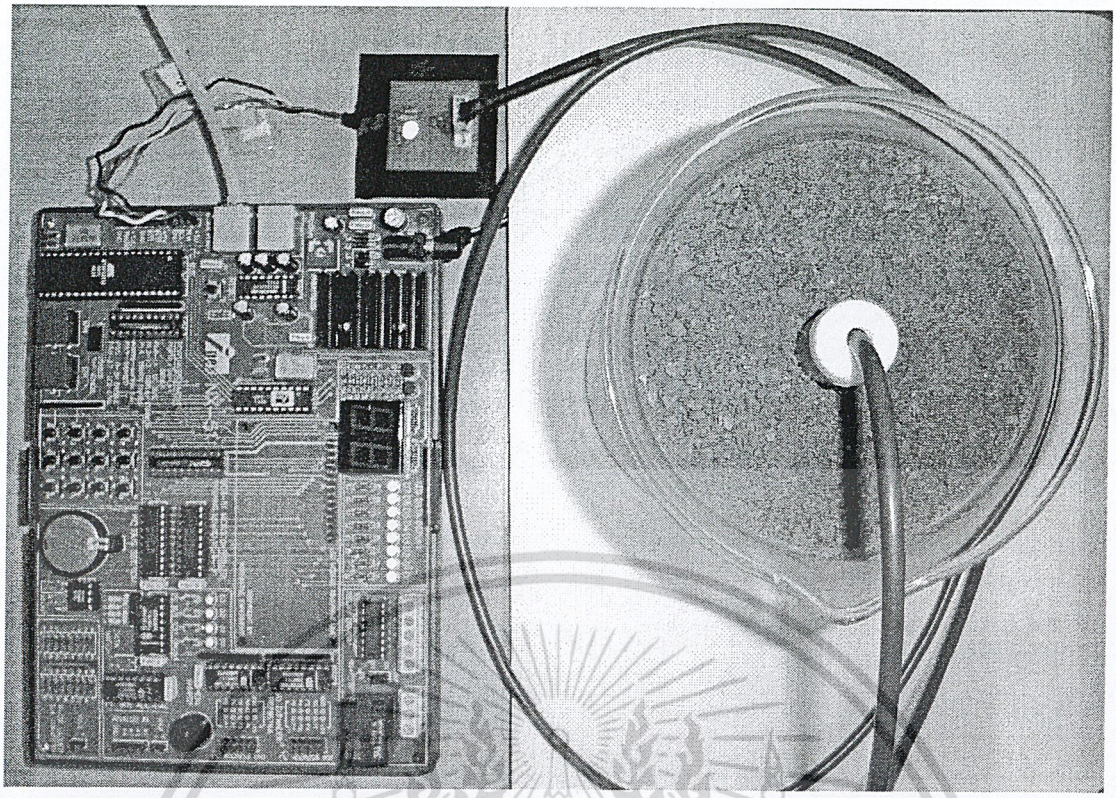
รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างของดินที่ใช้ในการทดลอง 3 ตัวอย่างแรก

ก. ดินร่วน

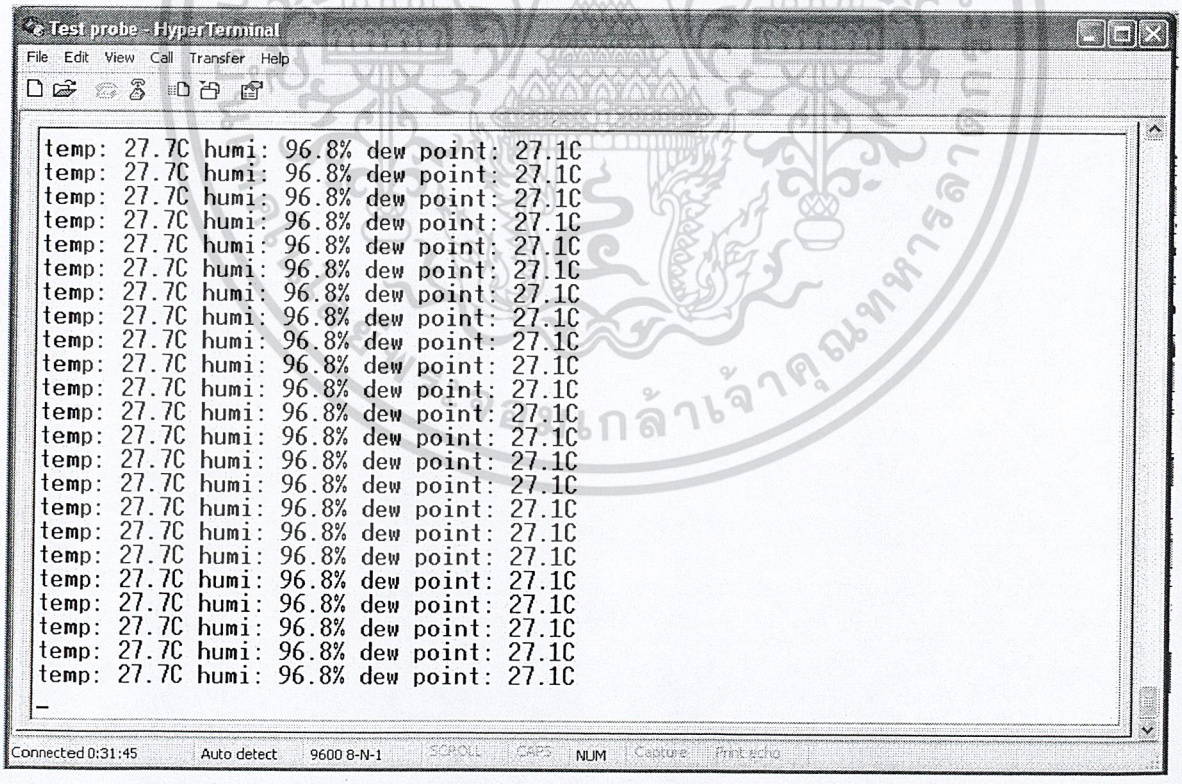
ข. ดินทราย

ค. ดินเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

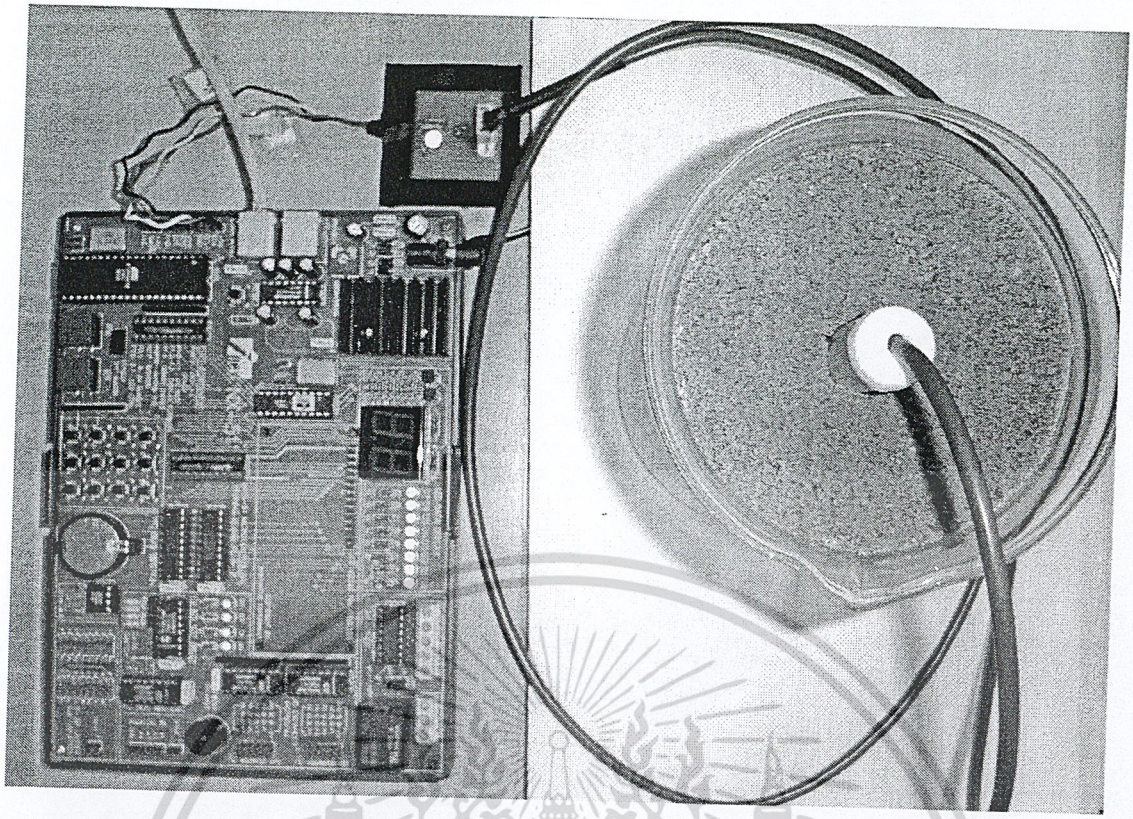


รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างระบบการทดลองตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้น (ดินร่วน)

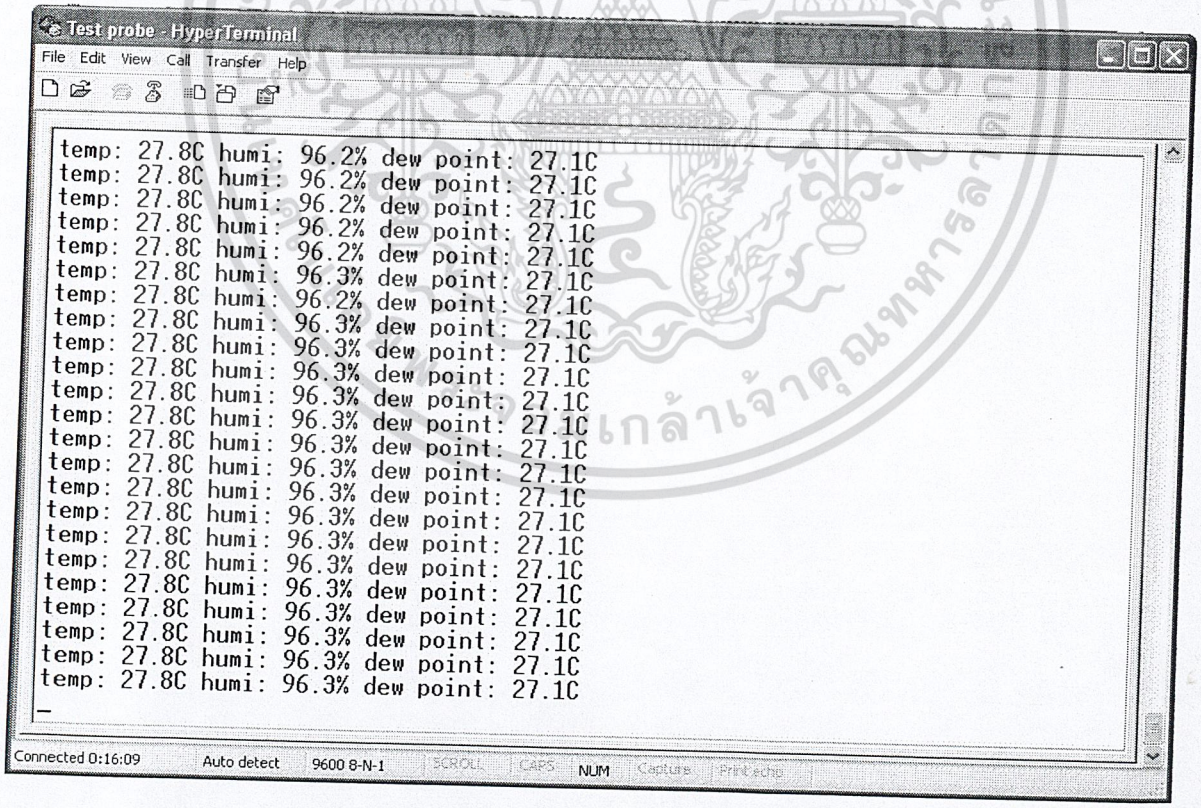


รูปที่ 4.3 แสดงผลของการทดลองตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้น (ดินร่วน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

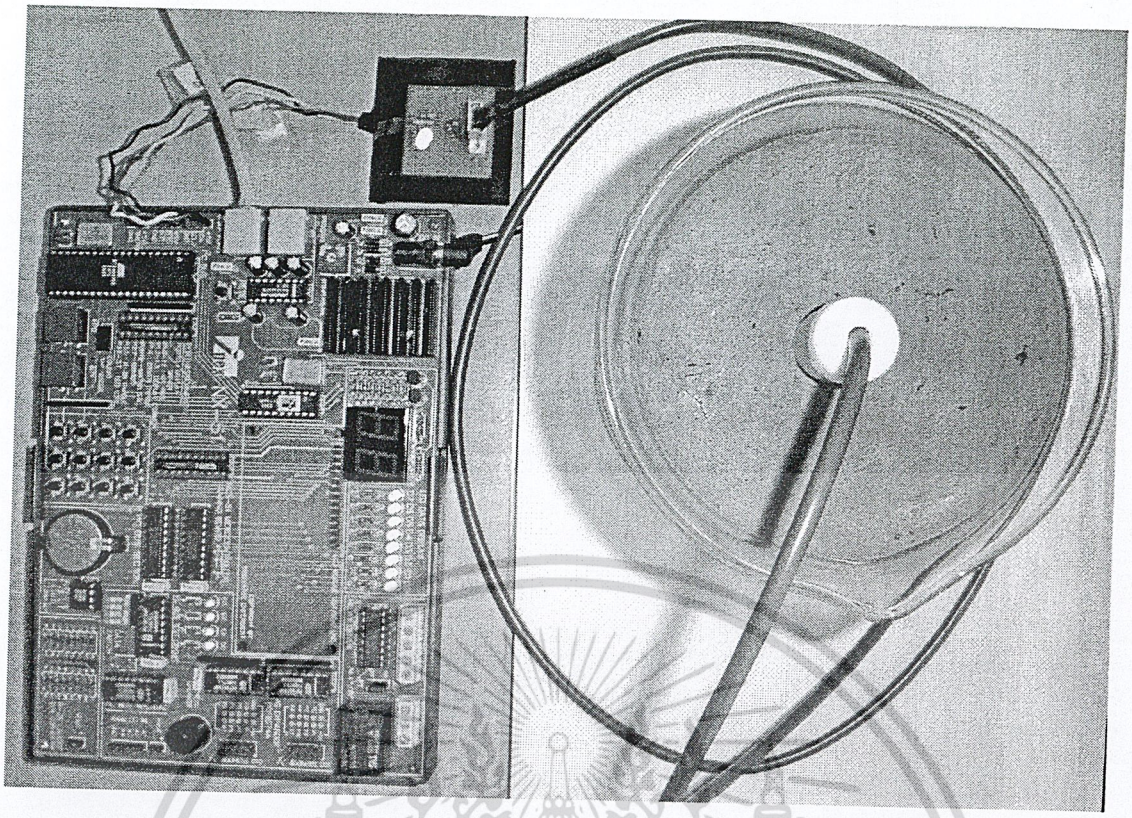


รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างระบบการทดลองตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้น (ดินทราย)

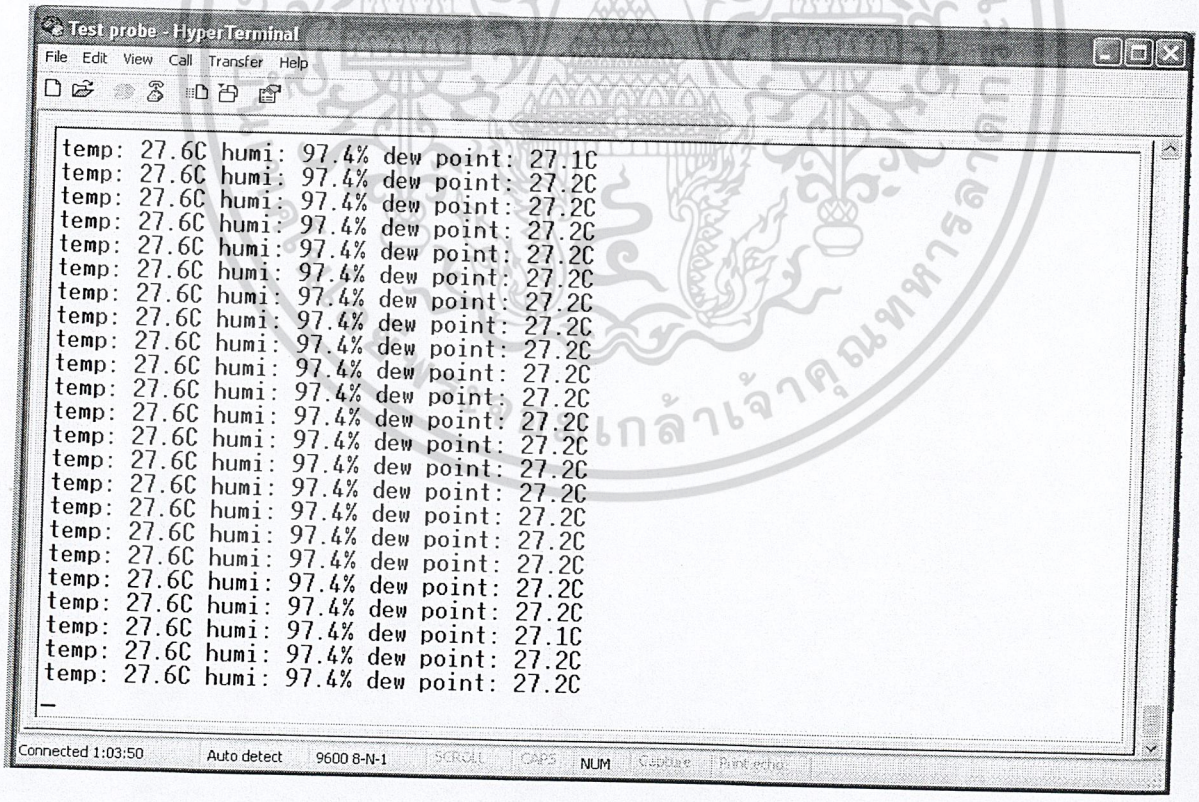


รูปที่ 4.4 แสดงผลของการทดลองตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้น (ดินทราย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่างระบบการทดลองตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้น (ดินเหนียว)



รูปที่ 4.6 แสดงผลของการทดลองตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้น (ดินเหนียว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2-4.6 แสดงตัวอย่างระบบการทดลอง และผลของการทดลองวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นของดินตัวอย่าง โดยผลการตรวจจับค่าจะแสดงผลในจอคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้มาจากโพรบจะส่งข้อมูลมาในลักษณะเลขฐาน 16 ขนาด 12 บิต สำหรับค่าอุณหภูมิ และเลขฐาน 16 ขนาด 14 บิต สำหรับค่าความชื้น ซึ่งผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมรับค่ามาแปลงเป็นเลขฐาน10 แล้วส่งไปแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ในการวิจัยนี้ได้เขียนโปรแกรมให้แสดงผลทางคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Hyper terminal เป็นโปรแกรมรับค่า และแสดงผล

4.1.2 การทดลองความถูกต้องแม่นยำ หลังจากที่ได้ทดลองในเบื้องต้น ถ้าผลการทดลองสรุปว่าหลักการดังกล่าวในข้างต้นมีความเป็นไปได้ ก็จะทำการทดลองเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมเทียบกับเครื่องมือ หรือโพรบมาตรฐานที่มีการใช้งานจริง และเมื่อทำการเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้วก็จะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาสมการมานอร์มอลไลห์ข้อมูลเพื่อปรับความถูกต้องของเครื่องมือโดยมีไมโครโปรเซสเซอร์ในการประมวล

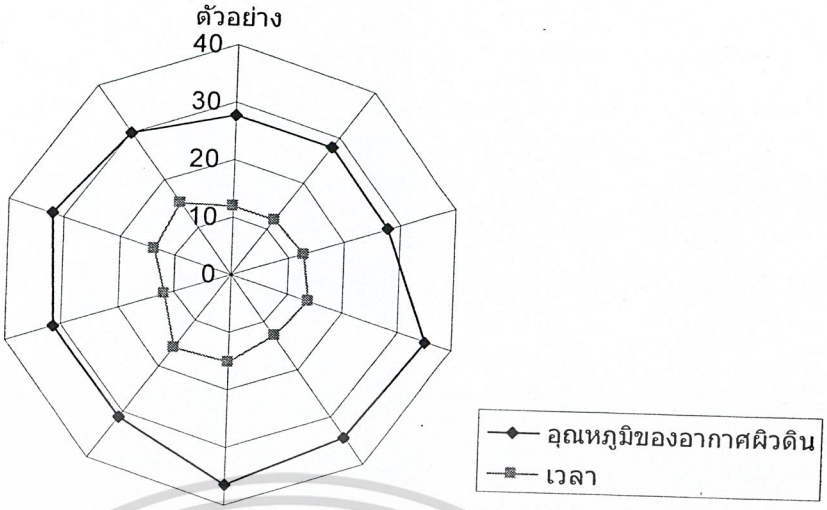
4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 ผลการทดลองในเบื้องต้น

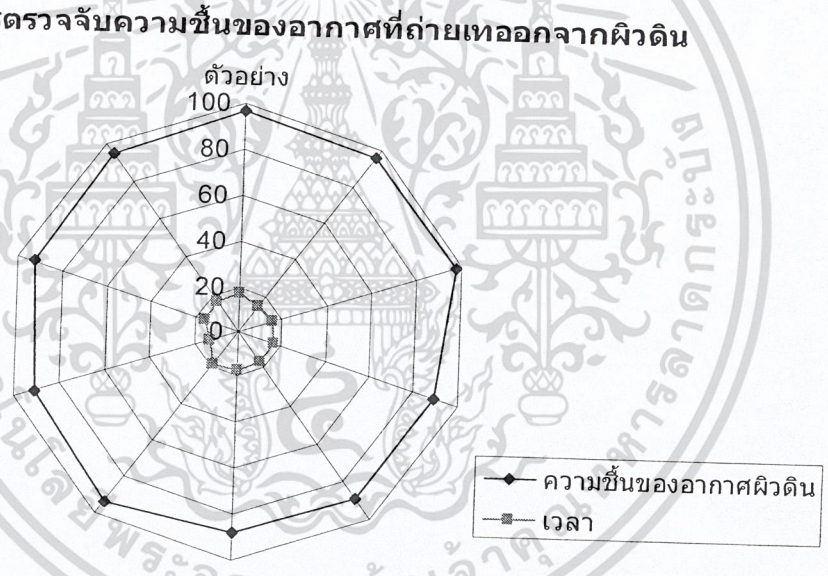
ตารางที่ 1 แสดงค่าอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่ถ่ายเทจากผิวดินสู่บรรยากาศภายนอก กับระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจจับ

ตัวอย่างที่	ค่าที่วัดได้		เวลาที่ใช้ในการตรวจจับ(Minute)	
	อุณหภูมิ(°C)	ความชื้น(%)	อุณหภูมิ	ความชื้น
1	27.7	96.8	12	17
2	27.8	96.3	12	14
3	27.6	97.4	13	15
4	35.3	88.6	14	16
5	34.3	89.1	13	16
6	36.4	87.8	15	17
7	31.3	93.3	16	18
8	31.7	90.4	12	13
9	32.1	92.7	14	15
10	29.9	95.2	15	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของอากาศที่ถ่ายเทจากผิวดิน กับระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจจับ



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นของอากาศที่ถ่ายเทจากผิวดิน กับระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจจับ

จากรูปที่ 4.7 แสดงผลของการตรวจจับอุณหภูมิของอากาศที่ถ่ายเทจากผิวดินออกสู่บรรยากาศภายนอก และระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจจับอุณหภูมิ และ รูปที่ 4.8 แสดงผลของการตรวจจับความชื้นของอากาศที่ถ่ายเทจากผิวดินออกสู่บรรยากาศภายนอก และระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจจับความชื้นในดิน ตัวอย่างทั้ง 10 ตัวอย่าง จากรูปกราฟจะเห็นว่า การตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศที่ถ่ายเทจากผิวดินผ่านตัวโพรบจำเป็นต้องใช้เวลาในการตรวจจับนานพอสมควรที่จะทำให้ได้ค่าอุณหภูมิ และความชื้นที่คงที่ (Steady state) หรืออ่านค่าอุณหภูมิ และความชื้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในเบื้องต้นซึ่งเป็นการตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในผิวดินโดยอาศัยหลักการวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่ระเหย หรือถ่ายเทจากผิวดินออกสู่ภายนอกโดยการวัดจากตัวอย่างดินซึ่งนำมาจากแหล่งต่างๆ 10 ตัวอย่าง จากผลการทดลองคณะผู้ดำเนินการวิจัยเห็นว่าหลักการดังกล่าวไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นในผิวดินโดยเหตุผลที่ไม่เหมาะสมจะใช้หลักการดังกล่าวมีดังนี้

(1) จากการทดลองในเบื้องต้นจะเห็นได้ว่า โพรบที่ออกแบบจะใช้เวลาสำหรับการตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้นค่อนข้างนานถึงจะเข้าสู่ช่วงเวลาคงตัว (ช่วงเวลาคงตัว หรือ Steady state หมายถึงช่วงเวลาที่โพรบสามารถตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้นได้คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย)

(2) เนื่องจากโพรบที่ทำการออกแบบจะใช้การตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่ระเหยหรือถ่ายเทมาจากผิวดิน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ต้องใช้เวลานานในการตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้นเพราะมีอากาศจากภายนอกเข้าไปรวมกับอากาศที่ถ่ายเทจากผิวดินตลอดเวลา

(3) มีข้อจำกัดในด้านของสภาพดินที่ทำการตรวจจับนั่นคือ พื้นดินที่มีการอุ้มน้ำมากเกินไปหรือมีน้ำท่วมขังจะไม่สามารถใช้โพรบได้ ทั้งนี้เพราะในตัวโพรบดังกล่าวจะมีส่วนประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งน้ำจะมีสภาพการนำไฟฟ้า น้ำในดินอาจจะทำให้เกิดการลัดวงจรเกิดความเสียหายได้

ในส่วนของการทดลองเพิ่มเติม เพื่อปรับความถูกต้องเที่ยงตรงตามโพรบ หรือเครื่องมาตรฐานนั้น คณะผู้วิจัยไม่ได้ทำการทดลองต่อทั้งนี้เพราะ ถึงแม้ว่าจะออกแบบ หรือทดลองปรับความถูกต้องเทียบตามเครื่องมาตรฐานแล้ว โพรบที่ออกแบบนี้ก็ไม่เหมาะสมที่จะใช้งานเพราะมีข้อจำกัดหลายอย่างอาทิเช่น ต้องใช้เวลานานในการตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้น

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

ถึงแม้ว่าหลักการที่กล่าวไปในข้างจะไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นของผิวดิน แต่ก็ยังมีพารามิเตอร์ หรือคุณสมบัติอื่น ๆ ของดิน ที่จะใช้ในการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิ และความชื้นได้ อาทิเช่น ค่าเพอร์มิติวิตี้(Permittivity) สภาพความต้านทานจำเพาะ (Resistivity) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการรับข้อมูลจากตัวโพรบเพื่อส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์

```
/*
Filename      T_H_15.C
Description   SHT15 HUMIDITY & TEMPERATURE EXAMPLE PROGRAM
Hardware      START-C51
Clock         AT89S55 + 11.0592 MHz (Speed x2)
Compiler      Keil CA51 V7.0
Project       T_H_15.C + STARTC51.A51
Operate       Send data to RS232 use Terminal program  (Hyper-Term,Telix,Netterm) on PC Baudrate = 9600
*/

#include <AT89s53.h>
#include <intrins.h>
#include <math.h>
#include <stdio.h>

typedef union
{ unsigned int i;
  float f;
} value;

/***** modul-var ******/

enum {TEMP,HUMI};

#define   DATA P1_1
#define   SCK  P1_0
#define   noACK 0
#define   ACK   1
                    //adr  command  r/w
#define STATUS_REG_W 0x06       //000   0011    0
#define STATUS_REG_R 0x07       //000   0011    1
#define MEASURE_TEMP 0x03       //000   0001    1
#define MEASURE_HUMI 0x05       //000   0010    1
#define RESET        0x1e       //000   1111    0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/***** writes a byte on the I2C-bus and checks the acknowledge *****/

char s_write_byte(unsigned char value)
{
 unsigned char i,error=0;
 for (i=0x80;i>0;i/=2)             //shift bit for masking
 { if (i &value) DATA=1;           //masking value with i , write to I2C-BUS
  else DATA=0;
  SCK=1;                           //clk for I2C-BUS
  _nop_();                         //pulswith approx. 5 us
  _nop_();
  _nop_();
  _nop_();
  _nop_();
  _nop_();
  SCK=0;
 }
 DATA=1;                           //release DATA-line
 SCK=1;                            //clk #9 for ack
 error=DATA;                       //check ack (DATA will be pulled down by SHT11)
 SCK=0;
 return error;                     //error=1 in case of no acknowledge
}

/***** reads a byte form the I2C-bus and gives an acknowledge in case of "ack=1" *****/

char s_read_byte(unsigned char ack)
{
 unsigned char i,val=0;
 DATA=1;                           //release DATA-line
 for (i=0x80;i>0;i/=2)             //shift bit for masking
 { SCK=1;                          //clk for I2C-BUS
  if (DATA) val=(val | i);         //read bit
  SCK=0;
}
DATA=!ack;                         //in case of "ack==1" pull down DATA-Line
SCK=1;                             //clk #9 for ack
_nop_();                           //pulswith approx. 5 us
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    SCK=0;
    DATA=1;                    //release DATA-line
    return val;
  }

  /***** generates a transmission start *****/

  void s_transstart(void)

  {
    DATA=1; SCK=0;             //Initial state
    _nop_();
    SCK=1;
    _nop_();
    DATA=0;
    _nop_();
    SCK=0;
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    SCK=1;
    _nop_();
    DATA=1;
    _nop_();
    SCK=0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*** communication reset: DATA-line=1 and at least 9 SCK cycles followed by transstart ***/

void s_connectionreset(void)

{
 unsigned char i;
 DATA=1; SCK=0;                  //Initial state
 for(i=0;i<9;i++)                //9 SCK cycles
 { SCK=1;
  SCK=0;
 }
 s_transstart();                 //transmission start
 }
 /**reset the sensor by softreset*///
 char s_softreset(void)
{
 unsigned char error=0;
 s_connectionreset();
 error+=s_write_byte(RESET);
 return error;
 }

 /**read the status register with checksum (8 bit)*///
char s_read_statusreg(unsigned char *p_value, unsigned char *p_checksum)
{
unsigned char error=0;
s_transstart();
error=s_write_byte(STATUS_REG_R);
*p_value=s_read_byte(ACK);
*p_checksum=s_read_byte(noACK);
return error;
}
/**writes the status register with checksum (8 bits)*/
char s_write_statusreg(unsigned char *p_value)
{
unsigned char error=0;
s_transstart();
error+=s_write_byte(STATUS_REG_W);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  error+=s_write_byte(*p_value);
  return error;
  }

  /**** makes a measurement (humidity/temperature) with checksum ****/

  char s_measure(unsigned char *p_value, unsigned char *p_checksum, unsigned char mode)
  {
   unsigned error=0;
   unsigned int i;

  s_transstart();                              //transmission start
  switch(mode){                                //send command to sensor
    case TEMP     : error+=s_write_byte(MEASURE_TEMP); break;
    case HUMI     : error+=s_write_byte(MEASURE_HUMI); break;
    default     : break;
  }
  for (i=0;i<65535;i++) if(DATA==0) break; //wait until sensor has finished the measurement
  if(DATA) error+=1;                           // or timeout (~2 sec.) is reached
  *(p_value)  =s_read_byte(ACK);               //read the first byte (MSB)
  *(p_value+1)=s_read_byte(ACK);               //read the second byte (LSB)
  *p_checksum =s_read_byte(noACK);             //read checksum
  return error;
}

/********** SET RS232 PARAMETER **********/

void init_uart()
{SCON  = 0x52;                                 //9600 bps @ 11.059 MHz
 TMOD  = 0x20;
 TCON  = 0x69;
 TH1   = 0xfd;
 TL1   = 0xfd;
 TR1   = 1;
}

/********** calculate humidity & temperature **********/
// input :  humi [Ticks] (12 bit)
// temp [Ticks] (14 bit)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// output:  humi [%RH]
// temp [?C]

void calc_sht11(float *p_humidity ,float *p_temperature)
{ const float C1=-4.0;                  // for 12 Bit
 const float C2= 0.0405;                // for 12 Bit
 const float C3=-0.0000028;             // for 12 Bit
 const float T1=-0.01;                  // for 14 Bit
 const float T2=0.00008;                // for 14 Bit

 float rh=*p_humidity;                  // rh:     Humidity [Ticks] 12 Bit
 float t=*p_temperature;                // t:      Temperature [Ticks] 14 Bit
 float rh_lin;                          // rh_lin:  Humidity linear
 float rh_true;                         // rh_true: Temperature compensated humidity
 float t_C;                             // t_C   :  Temperature [?C]

 t_C=t*0.01 - 40;                       //calc. temperature from ticks to [?C]
 rh_lin=C3*rh*rh + C2*rh + C1;          //calc. humidity from ticks to [%RH]
 rh_true=(t_C-25)*(T1+T2*rh)+rh_lin;    //calc. temperature compensated humidity [%RH]

 *p_temperature=t_C;                    //return temperature [?C]
 *p_humidity=rh_true;                   //return humidity[%RH]
}

/********** calculate dewpoint **********/
// calculates dew point
// input:   humidity [%RH], temperature [?C]
// output:  dew point [?C]

float calc_dewpoint(float h,float t)
{ float logEx,dew_point;
 logEx=0.66077+7.5*t/(237.3+t)+(log10(h)-2);
 dew_point = (logEx - 0.66077)*237.3/(0.66077+7.5-logEx);
 return dew_point;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/********** MAIN **********/
// sample program that shows how to use SHT11 functions
// connection reset
// measure humidity [ticks](12 bit) and temperature [ticks](14 bit)
// calculate humidity [%RH] and temperature [?C]
// calculate dew point [?C]
// print temperature, humidity, dew point to rs232
void main()

{ value humi_val,temp_val;
 float dew_point;
 unsigned char  error, checksum;
 unsigned int i;
 init_uart();
 s_connectionreset();
 while(1)
 {
  error=0;
  error+=s_measure((unsigned char*)& humi_val.i,&checksum,HUMI);      //measure humidity
  error+=s_measure((unsigned char*)& temp_val.i,& checksum,TEMP);     //measure temperature
  if(error!=0) s_connectionreset();
          else
          {
          humi_val.f=(float)humi_val.i;                               //converts integer to float
  temp_val.f=(float)temp_val.i;                                       //converts integer to float
  calc_sht11(&humi_val.f,&temp_val.f);                                //calculate humidity, temperature
  dew_point=calc_dewpoint(humi_val.f,temp_val.f);                     //calculate dew point
  printf("temp:%5.1fC humi:%5.1f%% dew point:%5.1fC\n",temp_val.f,humi_val.f,dew_point);
 }
//**** wait approx 0.8s*/
for(i=0;i<40000;i++);
}
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1.] คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิยา. 2535. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

[2.] ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

[3.] กรมส่งเสริมคุณภาพสิงแวดล้อม (www.environnet.in.th)

[4.] ราตรี ภารา, 2538: 43 มูลนิธิโลกสีเขียว, ม.ป.ป.: 10

[5.] http://www.ipst.ac.th/globe/soil/protocol22-24.pdf

[6.] ดิน. http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil.html

[7.] ดิน. http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil15.html

[8.] ดิน. http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil16.html

[9.] ดิน.http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil17.html

[10.] ดิน. http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil18.html

[11.] ดิน. http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil33.html

[12.] ดิน. http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil35.html

[13.] ดิน. http://www.environnet.in.th/evdb/info/soil/soil35.html

[14.] ดิน. http://www.ipst.ac.th/globe/soil/protocol22-24.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้