บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

การตอบสนองของพืชตระกูลถั่วต่อการใช้ผงเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว

ในความเข้าใจของคนทั่วไป การใช้หัวเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วคลุกเมล็ดก่อนปลูก ทำให้พืชตระกูลถั่วมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีขึ้น แต่โดยข้อเท็จจริงแล้ว การใช้หัวเชื้อดังกล่าวจะได้ผลดีหรือไม่ ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณธาตุอาหารในดิน ความชื้น pH ของดิน อุณหภูมิ และที่สำคัญคือ ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่อยู่เดิมตามธรรมชาติในดิน

ในการที่จะทราบว่าพื้นที่ใดจำเป็นต้องใช้เชื้อไรโซเบียมปลูกถั่วหรือไม่นั้น อาจใช้การสังเกตลักษณะบางประการของต้นถั่วที่ปลูกในแต่ละพื้นที่นั้น ตลอดจนศึกษาถึงปริมาณของเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ในดิน ซึ่ง Vincent, (1970) ได้เสนอแนะความจำเป็นในการใช้เชื้อไรโซเบียมโดยสังเกตการณ์เกิดปม ปริมาณปม สีของปมและตำแหน่งของปมถั่วที่ปลูกโดยไม่คลุกเชื้อ นอกจากนี้อาจจะใช้ข้อมูลด้านสถานภาพของ N ในดินในการพิจารณาอีกด้วย

ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการตอบสนองต่อการคลุกเชื้อไรโซเบียมของพืชตระกูลถั่ว

ปริมาณและประสิทธิภาพของเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ

ปริมาณและประสิทธิภาพของเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ปัจจัยที่มีรายงานว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ ได้แก่ ความเข้มแสง(Lawson และคณะ, 1987) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี(Singleton and Tavares, 1986) และการมีพืชตระกูลถั่วขึ้นอยู่ในพื้นที่ (Yousef และคณะ, 1989) สำหรับเชื้อไรโซเบียมที่เกิดปมกับถั่วลิสงจะพบในดินที่มี organic C 1% หรือต่ำกว่า มีelectrical conductivity 2 mmoh/cm หรือต่ำกว่า pH 7.6 ถึง 8.1 มีปริมาณปูน 20-30% และมี CEC 20-30 meq/100g. (Yousef และคณะ, 1989) การที่พืชตระกูลถั่วจะตอบสนองต่อการคลุกเชื้อไรโซเบียมหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่เดิมในดิน (Vincent, 1954 อ้างโดย Woomer และคณะ, 1988) และความสามารถของเชื้อไรโซเบียมที่ใช้คลุกเมล็ดในการแข่งขันกับเชื้อที่มีอยู่เดิมในดิน (Ham, 1980 อ้างโดย Woomer และคณะ, 1988) สำหรับความล้มเหลวในการคลุกเชื้อมักเกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งดังต่อไปนี้ (Singleton and Tavares, 1986)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. เชื้อที่ใช้คลุกไม่สามารถแข่งขันกับเชื้อที่มีอยู่เดิมในดิน
2. เชื้อที่คลุกไม่สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ เนื่องจากดินมีอุณหภูมิหรือความชื้นต่ำเกินไป
3. ดินที่ใช้ปลูกมีความเป็นประโยชน์ของ N ในดินสูง
4. เชื้อที่มีอยู่เดิมในดินมีประสิทธิภาพดี

สำหรับการประเมินปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว โดยวิธี plant infection count มีหลักเกณฑ์ในการประเมินดังนี้ (Vincent, 1970)

ตาราง 2.1 เกณฑ์การประเมินปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วโดยวิธี plant infection count

ปริมาณเชื้อในดิน cell/g ดินแห้ง	ระดับ
<25	มีน้อยมาก
25 – 1,000	มีน้อย
>1,000 – 100,000	มีมาก
> 100,000	มีมากที่สุด

Woomer และคณะ (1988) ได้ศึกษาเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ในดินเขตร้อน โดยใช้ดินต่างกัน 14 แห่ง ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี ตั้งแต่ 320-1,875 มิลลิเมตร ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 37-1,650 เมตร มี pH ตั้งแต่ 4.6-7.9 พบว่า ปริมาณของเชื้อไรโซเบียมที่หาโดยวิธี plant infection count โดยการใช้พืชตระกูลถั่ว 5 ชนิด คือ *Trifolium repens, Medicago sativa, Vicia sativa, Leucaena leucocephala* และ *Macroptilium atropurpurium* มีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.1-4.8 log cell/g โดยปริมาณของเชื้อไรโซเบียมในดินมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการปลูกพืชตระกูลถั่วที่เชื้อไรโซเบียมเข้าไปอาศัยอยู่ ในพื้นที่ดังกล่าว

จากการศึกษาถึงปริมาณของเชื้อไรโซเบียมต่อการตอบสนองต่อการคลุกเชื้อไรโซเบียม โดยการทดลองในเรือนทดลอง Singleton and Tavares (1986) รายงานว่าพื้นที่ใดที่มีเชื้อไรโซเบียมมากกว่า 20 cell/g และเชื้อมีประสิทธิภาพดี พื้นที่นั้นจะไม่ตอบสนองต่อการคลุกเชื้อ สำหรับการศึกษาในแปลงทดลองนั้น Thies และคณะ (1991) พบว่าพื้นที่ใดที่มีเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วมากกว่า 50 cell/g และเชื้อมีประสิทธิภาพดี พืชตระกูลถั่วที่ปลูกในพื้นที่นั้นจะไม่ตอบสนองต่อการคลุกเชื้อ และการตอบสนองจะมีนัยสำคัญต่อเมื่อเชื้อในดินมีน้อยกว่า 10 cell/g

จากการศึกษาของอำพรรณ (2549) ดินจากศูนย์ฯของโครงการหลวง ซึ่งจะใช้ผลิตพืชอินทรีย์จำนวน 4 ศูนย์ ได้แก่ ศูนย์แม่แฮ อ่างขาง ปางดะ และหนองหอย จำนวนทั้งหมด 36 ตัวอย่างที่ใช้ศึกษา มีเพียง 3 ตัวอย่างที่มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่มในดินตามธรรมชาติมากกว่า 50 cell/g ได้แก่ ดินจากศูนย์ฯแม่แฮและศูนย์หนองหอย ที่เหลืออีก 33 ตัวอย่างมีปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อดังกล่าวต่ำกว่า 50 cell/g จึงถือว่าดินที่ใช้ศึกษามีปริมาณแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่มในดินตามธรรมชาติน้อยตามเกณฑ์ของ Vincent (1970) สำหรับพื้นที่ซึ่งมีเชื้อในดินน้อยกว่า 50 cell/g จำเป็นจะต้องใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่มคลุกเมล็ดก่อนปลูก เพื่อให้ถั่วพุ่มที่จะปลูกในพื้นที่ดังกล่าวมีการเจริญเติบโตดีขึ้น

จากการทดลองของจารุวรรณ (2549) และ สรญา (2549) ได้รวบรวมเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วชนิดต่างๆ ที่จะใช้ปลูกเป็นพืชบำรุงดิน ในการรวบรวมใช้วิธีการแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วจากปมที่รากของพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดที่จะใช้ปลูกบนที่สูง มีจำนวน 84 isolate สำหรับถั่วพุ่มใช้หลักเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของเชื้อของ Ferreira และ Marques (1992) สำหรับเชื้อที่มีประสิทธิภาพ ควรจะมีความสามารถในการทำให้ต้นถั่วที่ได้รับการใส่เชื้อ มีน้ำหนักแห้งหรือการสะสม N ประมาณ 75% หรือมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นถั่วที่ได้รับการใส่ปุ๋ย N (ในอัตรา 70 ppmNO_3^{-2}-N)

ปริมาณของธาตุอาหารต่างๆในดิน

ปริมาณของธาตุอาหารต่างๆในดินมีอิทธิพลต่อการตรึง N ของพืชตระกูลถั่ว โดยมีผลกระทบต่อเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่อาศัยอยู่ในดินโดยตรง หรือมีผลต่อพืชตระกูลถั่ว หรือมีผลต่อการใช้ชีวิตอยู่ร่วมกันระหว่างถั่วกับเชื้อแบคทีเรีย เช่น มีผลต่อการเกิดปม และการทำหน้าที่ของปม (Edward, 1977) การที่ปริมาณธาตุอาหารต่างๆที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และแบคทีเรียมีน้อยเกินไปไม่เพียงพอแก่ความต้องการ ทำให้กระบวนการต่างๆไม่สามารถเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือถ้ามีมากเกินไปจะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อเชื้อแบคทีเรียและพืชตระกูลถั่วซึ่งอาจจะเป็นพิษต่อกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหรือหลายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตรึง (สมศักดิ์, 2525) สำหรับอิทธิพลของธาตุต่างๆมีดังนี้

ความเป็นประโยชน์ของ N ในดิน

ในดินที่มีปริมาณ N อยู่ในระดับสูง สามารถยับยั้งการเกิดปมของพืชตระกูลถั่ว และทำให้ปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงมีน้อยลง (Gibson and Harper, 1985) จากรายงานของ Thies และคณะ (1991) พบว่าเมื่อดินมีปริมาณ N ที่ได้จากกระบวนการ mineralization ในช่วงตั้งแต่ 0.008- 0.044 mg N/g ต่อสัปดาห์ การตอบสนองของพืชตระกูลถั่วต่อการคลุกเชื้อลดลง ในกรณีของถั่ว *Phaseolus vulgaris* จะไม่ตอบสนองต่อการใส่เชื้อไรโซเบียม เมื่อดินมีปริมาณ N จากกระบวนการ mineralization สูงถึง 0.025 mg N/g/week

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟอสฟอรัส (P)

ฟอสฟอรัสมีอิทธิพลต่อพืชตระกูลถั่วและเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว แต่เชื่อว่ามีอิทธิพลต่อถั่วมากกว่า เพราะถั่วต้องการ P ในปริมาณที่มากกว่า การขาด P ทำให้การตรึง N ลดลง เพราะจำกัดการเจริญเติบโตของพืชตระกูลถั่ว การเพิ่มปุ๋ย P จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจึงทำให้มีการตรึง N เพิ่มขึ้น (Anon, 1993) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การขาด P จะทำให้การเกิดปม และประสิทธิภาพของปมลดลง (deMooy และคณะ, 1973 อ้างโดย Edwards, 1977) ทั้งนี้เป็นเพราะ P เป็นองค์ประกอบของสารที่จำเป็นสำหรับระบบถ่ายทอดอิเล็กตรอนไปยัง N แก๊ส เช่น NADPH glucose – 6 – phosphate และ glucose – 6 – phosphate dehydrogenase เป็นต้น นอกจากนี้แหล่งพลังงานที่ใช้ในกระบวนการตรึง N เช่น ATP ก็เป็นสารที่มี P เป็นองค์ประกอบ (สมศักดิ์, 2528)

โปแตสเซียม (K)

K มีอิทธิพลโดยทางอ้อมต่อกระบวนการตรึง N โดยที่ K เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญของไรโซเบียมของพืชตระกูลถั่ว คือ K ทำให้พืชตระกูลถั่วมี การเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์แข็งแรง ซึ่งจะส่งผลทำให้มีการตรึง N เพิ่มขึ้นด้วย (สมศักดิ์, 2525) และยังมีรายงานว่าการเกิดปมของต้นถั่วจะตอบสนองต่อการใส่ K (Tewari, 1965 ; deMooy and Pesek, 1966. อ้างโดย Edwards, 1977)

แมกนีเซียม (Mg) และแคลเซียม (Ca)

Mg มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรียปมรากถั่วที่เป็นอิสระในดิน (Norris, 1959 อ้างโดย Edwards, 1977) นอกจากนี้แล้ว Mg ยังเป็นธาตุที่กระตุ้นให้มีปฏิกิริยาการให้พลังงานโดย ATP แก่กระบวนการตรึง N (สมศักดิ์, 2525)

Ca เป็นธาตุที่มีส่วนช่วยในการควบคุมระดับ pH ของดินให้เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียปมรากถั่วที่อาศัยอยู่อย่างอิสระในดินต้องการ Ca สำหรับการเจริญเติบโต ในปริมาณมาก (McCalla, 1973; Norris, 1959 อ้างโดย O'Hara และคณะ, 1988) และ Ca ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย นอกจากนี้ยังมีผลต่อกระบวนการเข้าสู่รากของแบคทีเรียปมรากถั่ว (root infection) และการเกิดปม (Loneragan and Dowling, 1958 ; Lowther and Loneragan, 1968 อ้างโดย Edwards, 1977) เพราะ Ca มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการสลายตัวของเพคติน (pectin) โดยเอนไซม์ pectinase กิจกรรมของเอ็นไซม์ pectinase จะลดลงถ้ามี pH ต่ำ และมี Ca น้อย ซึ่งกระทบกระเทือนการเข้าสู่รากของแบคทีเรียปมรากถั่ว (สมศักดิ์, 2525) นอกจากนี้การขาด Ca ทำให้การตรึง N ลดลงด้วย (Bleving และคณะ, 1977 อ้างโดย O'Hara และคณะ, 1988)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เหล็ก (Fe)

Fe มีความสำคัญมากสำหรับการตรึง N โดยแบคทีเรียปมรากถั่วและพืชตระกูลถั่ว ทั้งนี้นอกจาก Fe จะเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ไนโตรจีเนส โดยรวมอยู่ในทั้ง 2 ส่วนของเอนไซม์ที่เรียกว่า AZOFERMO (Mo – Fe protein) และ AZOFER (Fe – protein) (O'Hara และคณะ, 1988 ; สมศักดิ์, 2528) แล้ว Fe ยังเป็นธาตุที่ทำหน้าที่แทน Mg ในการกระตุ้นหรือทำให้ปฏิกิริยาในการให้พลังงานของ ATP สมบูรณ์มากขึ้น นอกจากนี้แล้ว Fe ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ leghaemoglobin ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญต่อการตรึง N ในปมรากถั่วอีกด้วย (สมศักดิ์, 2525)

นอกจาก Fe จะมีผลต่อกระบวนการตรึง N แล้ว O'Hara และคณะ (1988) ยังรายงานว่าหากปริมาณ Fe ที่มากเกินไป จะจำกัดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียปมราก (*Bradyrhizobium sp.*) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยที่ใน Fe ปริมาณ 1.0 M จะเริ่มจำกัดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียปมรากถั่ว

แมงกานีส (Mn)

ในดินที่เป็นกรดอาจมีความเป็นพิษของ Mn ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต การเกิดปม และการตรึง N ของพืชตระกูลถั่ว มีรายงานว่า Rhizobium meliloti จะมีความสามารถในการทนต่อความเป็นพิษของ Mn (Wilson and Reisenaver, 1920 ; Holding and lowe, 1971 อ้างโดย Edwards, 1977) ในขณะที่ *Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli* มีความสามารถในการทน Mn ได้น้อย และการเติมปูนลงไปในดินที่มีปริมาณ Mn สูงช่วยให้มีการเกิดปมและปริมาณ N ที่สะสมในถั่ว(*Phaseolus vulgaris*) มากขึ้น (Dobereiner, 1966 อ้างโดย Edwards, 1977)

ทองแดง (Cu)

มีรายงานว่าการขาด Cu จะทำให้การเกิดปม และการตรึง N ของ Subterranean clover ลดลง (Snowball และคณะ, 1980 อ้างโดย O'Hara และคณะ, 1988; Greenwood and Hallsworth, 1960 อ้างโดย Edwards, 1977) นอกจากนี้แล้วการเพิ่มปริมาณ Cu ทำให้การสะสม N และการเกิดปมของถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น โดยที่การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักปม (relative increase) จะมากกว่าน้ำหนักพืช แสดงว่า Cu มีความจำเป็นต่อการเกิดปมมากกว่าการเจริญเติบโตของพืช (Hallsworth และคณะ, 1964 อ้างโดย Edwards, 1977)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โบรอน (B)

O'Hara และคณะ (1988) รายงานว่า การขาด B มีผลกระทบต่อการเจริญของเนื้อเยื่อ (meristem) ดังนั้นจึงมีผลต่อการเกิดปม และการสร้างปมด้วย การขาด B มีผลต่อพืชตระกูลถั่วบางชนิด (grain legumes) ในเขตร้อนโดย B มีความสำคัญต่อแบคทีเรียปมรากถั่วในดิน และกระบวนการตรึง N (Rerkasem และคณะ, 1987) แต่อย่างไรก็ตาม Edwards (1977) รายงานว่า B มีความสำคัญต่อกระบวนการตรึง N มากกว่าการเจริญเติบโตของพืช

นอกจากธาตุที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีธาตุอื่นที่มีผลต่อการตรึง N เช่น กำมะถัน (sulfur) เนื่องจาก Mo – Fe protein และ Fe - protein ที่เป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการตรึง N มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมาก ดังนั้น การสังเคราะห์โปรตีนชนิดนี้จะต้องการกำมะถัน นอกจากกำมะถันแล้ว โมลิบดีนัม (Mo) ยังมีความจำเป็นโดยเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ไนโตรจีเนส (Mo – Fe protein หรือ AZOFERMO) และยังมีโคบอลท์ (Co) ซึ่งเป็นองค์ประกอบวิตามิน B_{12} ซึ่งเชื่อกันว่า วิตามิน B_{12} มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ leghaemoglobin (สมศักดิ์, 2525) โดยมีรายงานว่าถั่วเหลืองจะมีการตรึง N ลดลงถ้ามีการขาดกำมะถัน (Wooding และคณะ, 1970 อ้างโดย Edwards, 1977) และโมลิบดีนัม (Hamdi, 1982)

ปัจจัยอื่นๆ

นอกจากปัจจัยด้านปริมาณของธาตุอาหารที่มีผลต่อการตอบสนองต่อการใช้แบคทีเรียปมรากถั่วแล้วยังมีปัจจัยอีกหลายอย่างที่มีผลต่อการตอบสนองต่อการคลุกเชื้อไรโซเบียมเช่นเดียวกัน เช่น

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) จะมีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียปมรากถั่วที่ใช้ชีวิตอยู่อย่างอิสระในดินและการตรึง N โดยการตรึง N จะเกิดขึ้นดีในช่วง pH ระหว่าง 5 – 8 นอกจากนี้ pH ยังเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารอื่นที่มีผลต่อแบคทีเรียปมรากถั่ว โดยทำให้ธาตุอาหารบางชนิดเป็นประโยชน์หรือเป็นพิษเพิ่มขึ้นอีกด้วย เช่น ในสภาวะที่ดินเป็นกรดอาจทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับความเป็นพิษของ Al และ Mn ได้ เป็นต้น (สมศักดิ์, 2525 ; Wheal และ Alexander, 1986)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อการเข้าสู่ราก การสร้างและพัฒนาปม ตลอดจนผลต่อการตรึง N ในด้านผลกระทบต่อกิจกรรมของ nitrogenase enzymes อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการตรึง N จะอยู่ระหว่าง 20 – 30 °C ถ้าอุณหภูมิสูงทำให้ก๊าซ H_2 ถูกปลดปล่อยออกมามากขึ้น ทำให้การสูญ เสียอิเล็กตรอนที่ใช้ในกระบวนการตรึง N ซึ่งจะเห็นได้ว่าในการศึกษาการตรึง N นั้น เขตร้อนจะตรึงได้น้อยกว่าเขตหนาว (สมพร, 2541)

สำหรับผลกระทบต่อการเข้าสร้างปม เชื้อไรโซเบียมจะเข้าสร้างปมในรากพืชตระกูลถั่ว และทำให้ปมพัฒนาได้ดีในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 19-35°C ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ยังสามารถสร้างปมได้ แต่ปมจะมีขนาดเล็ก มีจำนวนน้อยเป็นผลให้ประสิทธิภาพการตรึง N ต่ำ (สมพร, 2541)

ที่อุณหภูมิมากกว่า 30 °C จะทำให้ถั่ว (bean) มีการเกิดปมลดลงมาก (Barriose และคณะ, 1963 อ้างโดย Lie, 1974) โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิดินจะมีผลต่อความอยู่รอดของแบคทีเรียปมรากถั่วเป็นอย่างมาก Salem and Szegi (1971) อ้างโดย Hamdi, (1982) รายงานว่า การเจริญของ *Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli* จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30°C และจะถูกจำกัดที่อุณหภูมิ 40°C

ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินมีผลกระทบกับความอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วในดิน และการเจริญเติบโตของต้นถั่ว และปริมาณน้ำที่มากหรือน้อยเกินไป ยังมีผลต่อการตรึง N การขาดน้ำใน *Trifolium lelpens, Glycine max, Vicia faba* และ *Lipinus arbreus* มีผลต่อการเข้าราก และเกิดปม ดังนั้นจำนวนปมจึงลดลง (Sprint, 1976 อ้างโดย Hamdi, 1982) ในสภาพน้ำขัง ในแปลงถั่วเหลืองมีผลยับยั้งการตรึง N โดยทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างดินกับปมน้อยลงซึ่งจะทำให้ขาดออกซิเจน และในระหว่างนั้นจะทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไนโตรจีเนสลดลง (Huang และคณะ, 1975 อ้างโดย Bergersen, 1977) เหตุที่ปริมาณน้ำในดินมากหรือน้อยเกินไปมีอิทธิพลต่อการตรึง N ของปมนั้น โดยทั่วไปเชื่อกันว่าเกิดจากการรับออกซิเจนหรือการหายใจของแบคทีเรียในปมรากไม่สะดวก ไม่เพียงพอแก่ความต้องการ โดยที่เมื่อขาดน้ำนั้นน้ำในปมถั่วก็จะลดลงทำให้ออกซิเจนลดลงด้วย เนื่องจากช่องว่างระหว่างเซลล์ได้หายไป ทำให้แบคทีเรียขาดออกซิเจน ส่วนในกรณีน้ำมากนั้น ทำให้การแพร่กระจายของออกซิเจนในน้ำเป็นไปในอัตราต่ำมาก เป็นผลให้ปมและแบคทีเรียได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ จึงทำให้อัตราการตรึง N ลดลง (สมศักดิ์, 2525)

การตรึง N ของถั่วพุ่ม

ถั่วพุ่ม (cowpea, *Vigna unguiculata*) เป็นพืชตระกูลถั่วที่นิยมใช้สำหรับปลูกเพื่อเป็นปุ๋ยพืชสดในเขตค่อนข้างแห้งแล้งในเอเชียใต้ นอกจากนี้ยังมีการใช้เป็นอาหารและใช้เลี้ยงสัตว์ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เขตแห้งแล้งใน sub-Saharan ในแอฟริกา พืชตระกูลถั่วชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็วและตรึง N ได้มาก แต่ให้ผลผลิตเมล็ดค่อนข้างต่ำ (Franzluebbers และคณะ, 1994) จากรายงานของ Morris และคณะ (1986), Singh และคณะ (1981) ซึ่งอ้างโดย Franzluebbers และคณะ (1994) ถั่วพุ่มซึ่งปลูกในอินเดียและฟิลิปปินส์ที่มีอายุ 6 สัปดาห์ สามารถสะสม N ในส่วนเหนือดินได้ถึง 70-80 กก.N/เฮกตาร์ นอกจากนี้ถั่วพุ่มยังมีความสามารถทนแล้งและความเป็นกรดของดินได้ดี (John และคณะ, 1992)

จากรายงานของ Singh และคณะ (1981) ซึ่งอ้างโดย Franzluebbers และคณะ (1994) การสะสม N ของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพไร่นา มีค่าคงที่ในช่วงเวลาระหว่าง 4-6 สัปดาห์หลังปลูก และลดลงในช่วง 6 และ 7 สัปดาห์หลังปลูก สำหรับ N ทั้งหมดที่อยู่ในส่วนเหนือดินของถั่วพุ่มในช่วง 6 สัปดาห์แรกภายหลังปลูกได้มาจาก N ในดิน แต่ในช่วงเวลาหลังจากนั้น N ได้มาจากการตรึง N (Awonaike และคณะ, 1991 อ้างโดย Franzluebbers และคณะ, 1994)

เนื่องจาก cowpea เป็นถั่วชนิดหนึ่งซึ่งเปลี่ยนรูป N ที่ได้จากการตรึง N ที่ปมถั่วให้เป็นสารประกอบยูริไอด์ และเคลื่อนย้าย N ในรูปสารประกอบยูริไอด์จากปมไปยังส่วนเหนือดินผ่านทาง xylem ดังนั้นในการประเมินปริมาณ N ที่ได้จากการตรึง N ของถั่วพุ่ม จึงสามารถใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของ N ในน้ำเลี้ยงจาก xylem ได้ (Mcclurre และ Tsrael, 1979 อ้างโดย Herridge และ Peoples, 2002) ซึ่งเทคนิคดังกล่าวเรียกว่า xylem solute method หรือ ยูริไอด์ method สำหรับวิธีการแนะนำในการวัดการตรึง N ของถั่วชนิดต่างๆ ที่อยู่ในกลุ่มของ ยูริไอด์ exporter จำเป็นต้องใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากการปลูกถั่ว 6-8 ครั้ง ตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบจนถึงช่วงท้ายของระยะเจริญพันธุ์ (Heridge, 1982 ; Peoples และคณะ (1989) อ้างโดย Herridge และ Peoples, 2002)

การเก็บข้อมูลหลายครั้งเป็นผลให้ความนิยมในการใช้เทคนิคดังกล่าวในการศึกษาการตรึง N ไม่แพร่หลายเท่าที่ควร แม้ว่าวิธีนี้เป็นวิธีการที่สามารถประเมินปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงตลอดฤดูปลูกได้และมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ต่ำกว่าวิธีการที่ใช้ stable isotope ^{15}N

อย่างไรก็ตาม Herridge และ Peoples (2002) ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ N โดยยูริไอด์เทคนิคที่ใช้การเก็บตัวอย่างพืชและวิเคราะห์องค์ประกอบจากน้ำเลี้ยงใน xylem เพียง 1 ครั้งตลอดฤดูปลูก ในการศึกษาใช้พืชตระกูลถั่ว 4 ชนิดได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม ถั่วเขียวผิวมัน (*V. radiata*) ถั่วเขียวผิวดำ (black gram, *V. mango*) เก็บตัวอย่างน้ำเลี้ยงจาก xylem ที่ระยะ R3.5 ถึง R4 ซึ่งเป็นระยะที่ฝักเริ่มติดเมล็ดเพียงระยะเดียว เพื่อใช้วิเคราะห์หาสัดส่วน(%) ของ ยูริไอด์-N ในน้ำเลี้ยงจาก xylem เมื่อเปรียบเทียบกับ N ทั้งหมด และประเมินหา % ของ N ที่ได้จากการตรึง (%N derived from air, %Ndfa) จากสัดส่วนของ ยูริไอด์-N ในน้ำเลี้ยง พบว่า วิธีการที่พัฒนาโดยการใช้การเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อมูลเพียง 1 ครั้งที่ระยะ R3.5-R4.0 เป็นวิธีการที่ใช้ได้ดี %Ndfa ที่เกิดจากการวิเคราะห์สัดส่วนของ ยูริไอด์-N ที่ระยะการเจริญเติบโตดังกล่าว ใกล้เคียงกับ %Ndfa ที่ได้จากการวิเคราะห์ ^{15}N ของส่วนเหนือดินที่ระยะ R6-7 สำหรับดัชนีของสหสัมพันธ์ระหว่าง %Ndfa ที่ได้จากการวิเคราะห์ยูริไอด์-N ในน้ำเลี้ยงจาก xylem กับ %Ndfa ที่ได้จากการวิเคราะห์ ^{15}N มีนัยสำคัญโดยมีค่า r ในช่วง 0.73-0.79

สำหรับการคำนวณ %Ndfa ของถั่วพุ่ม จากสัดส่วนของ ยูริไอด์-N ในน้ำเลี้ยงจากตอรากที่ระยะ R3.5-R4 Heridge and Peoples (2002b) ได้เสนอสมการสำหรับคำนวณโดยใช้ regression ระหว่าง %ยูริไอด์-N ของน้ำเลี้ยงจากตอรากกับเปอร์เซ็นต์ N ที่ได้จากการตรึงโดยการวิเคราะห์ ^{15}N (%Pfix) ดังนี้

$$y = 8.6 + 0.75x \qquad (r = 0.97)$$

เมื่อ y คือ %ยูริไอด์-N ของน้ำเลี้ยงจากตอราก
x คือ %Pfix หรือ %Ndfa

ชนิดของปุ๋ยพืชสดที่เหมาะสมสำหรับภาคเหนือ

พืชตระกูลถั่วที่นิยมนำใช้เป็นปุ๋ยพืชสดมีหลายชนิดแต่ที่เหมาะสมในไทยและนิยมใช้ในภาคเหนือมีดังนี้ ถั่วพร้า (*Canavalia ensiformis*) ให้น้ำหนักสดประมาณ 3 ตัน/ไร่ ให้ N 10 – 20กก./ไร่ ถั่วพุ่ม (Vigna unguiculata Walp.) ให้น้ำหนักสดประมาณ 1-4 ตัน/ไร่ ให้ธาตุ N 10 – 20 กก./ไร่ ปอเทือง (Crotalaria juncea L.) ให้น้ำหนักสด 1.5–3ตัน/ไร่ ให้ธาตุ N 10–20กก./ไร่ โสนอัฟริกัน (Susbania rostrata)ให้น้ำหนักประมาณ 2-4ตัน/ไร่ ให้ธาตุ N ประมาณ 12 – 20กก./ไร่ ถั่วมะแฮะ (Cajanus cajan (L.) Millsp.) เป็นไม้พุ่มขนาดเล็กสามารถเจริญเติบโตข้ามปีได้ เมล็ดนำมาใช้ประกอบอาหารได้ รากของถั่วมะแฮะหยั่งลึกมากสามารถหมุนเวียนธาตุอาหารพืชที่อยู่ระดับลึกมาใช้ประโยชน์ได้ ให้น้ำหนักประมาณ 6 ตัน/ไร่ (คณะกรรมการกำหนดมาตรการ และจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำ และการจัดการดิน, 2540 ; พงศ์ปิยะ, 2547)

หลักการเกี่ยวกับการลำเลียง N ในถั่ว

น้ำหล่อเลี้ยงลำต้น (Xylem sap) เป็นตัวนำสารประกอบ N จากรากไปยังลำต้น ในถั่วการลำเลียงนี้มีจุดเริ่มจาก (ก) ปม คือ N ที่ตรึงได้จากอากาศ และ (ข) ดิน คือ N ที่รากดูดขึ้นมา ความสามารถแยกแยะสารประกอบไนโตรเจนที่มาจากสองแหล่งนี้อย่างชัดเจน ย่อมเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การประเมินอัตราส่วน N ที่ตรึงได้จากอากาศ และที่ดูดขึ้นมาจากดินได้ (สมพร, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

N ที่รากดูดขึ้นมาจากดินและปุ๋ยจะอยู่ในรูปไนเตรทและแอมโมเนียม แต่ในพื้นที่เกษตรกรส่วนใหญ่กระบวนการ Nitrification ทำให้เกิดการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็ว ดังนั้น โดยทั่วไปรูปสารประกอบ N ที่มีความสำคัญที่สุดในการเจริญเติบโตของพืชในสภาพไร่คือไนเตรท ในกรณีนี้ไนเตรทที่รากดูดจะถูกลำเลียงเข้าสู่ท่อ xylem ในรูปสารประกอบอินทรีย์ไนเตรท หรือในรูปสารประกอบอินทรีย์ซึ่งเป็นผลของ Nitrate Reduction ที่เกิดขึ้นในรากเช่น กรดอะมิโน แอสปาระจีน (สมพร, 2541)

ในระบบการเพาะปลูกที่มีสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อกระบวนการ Nitrate Reduction เช่น การปลูกถั่วในนาตามหลังข้าว หรือในดินกรดจัด หรือดินที่มีอัตราส่วน C:N สูง N ส่วนใหญ่จะถูกดูดจากดินในรูปแอมโมเนียม แต่เนื่องจากแอมโมเนียมีปฏิกิริยาเป็นพิษต่อเซลล์สูง การลำเลียงขึ้นสู่ลำต้นจึงดำเนินไปหลังจากการที่แอมโมเนียได้ถูกเปลี่ยนแปลง โดยการนำเข้าสู่ขบวนการสังเคราะห์สารอินทรีย์ โดยเฉพาะกรดอะมิโน (สมพร, 2541)

ในถั่วที่ได้ N โดยการตรึงจากอากาศเพียงแหล่งเดียว มีสารประกอบ N หลายชนิดที่พบในน้ำหล่อเลี้ยงลำต้นที่อยู่ในระบบท่อ xylem แต่มีเพียงอยู่ 2 ชนิดที่มีความสำคัญเด่นชัดในการลำเลียง N จากปมสู่ต้นและใบ ถั่วเมืองร้อนส่วนใหญ่ขนส่ง N ที่ตรึงได้ออกจากปมในรูปยูรีไอด์ (ยูริไอด์) อะลันโทอิน (Allantoin) และกรดอะลันโทอิก (Allantoic acid) ตัวอย่างเช่นถั่วเหลือง ในถั่วหลายชนิดพบยูริไอด์ในปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ในกรณีเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างที่ไม่มีข้อมูลบ่งบอกระดับการมีปมและตรึง N จึงไม่อาจบ่งชี้ได้ถึงความสำคัญของยูรีไอด์ในการลำเลียงออกจากปมในรูปเอไมด์ (Amides) แอสปาระจีน (Asparagine) และกลูตามีน (Glutamine) ตัวอย่างเช่นถั่วลิสง (สมพร, 2541)

1. ถั่วที่ลำเลียง N ในรูปยูรีไอด์ (ยูริไอด์ exporters)

ในรากของถั่วกลุ่มที่ลำเลียง N ในรูปยูรีไอด์ ขบวนการ Nitrate Reductase มีบทบาทน้อยมาก ไนเตรทที่รากดูดขึ้นมาจะถูกส่งเข้าระบบท่อ Xylem โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในถั่วที่ได้ N จากการตรึงเพียงอย่างเดียว N ในน้ำเลี้ยงจะอยู่ในรูปยูรีไอด์เป็นส่วนใหญ่ไนเตรทเป็นส่วนน้อย ในถั่วที่ดูด N จากดินมากขึ้นและได้ N จากการตรึงน้อยลงปริมาณสารประกอบ N ในรูปยูรีไอด์จะลดลง ในขณะที่ N ในรูปไนเตรทจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกัน ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของสารประกอบ N ในรูปยูริไอด์ในน้ำหล่อเลี้ยงลำต้นและการตรึง N นี้มีลักษณะที่คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง จึงได้มีการวัดปริมาณยูริไอด์สัมพัทธ์(อัตราส่วน N ที่อยู่ในรูปยูรีไอด์ต่อ N ทั้งหมดในน้ำหล่อเลี้ยงในท่อ Xylem) เพื่อใช้เป็นตัวประเมินระดับการตรึง N ในถั่วกลุ่มนี้ (Rerkasem และคณะ, 1989)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ถั่วที่ลำเลียง N ในรูปเอไมด์ (Amide exporters)

เนื่องจากสารประกอบ N ที่ได้จากการตรึงและที่รากดูดมาจากดิน ในถั่วกลุ่มถูกลำเลียงในลักษณะไม่แตกต่างกัน ถั่วที่ลำเลียงเอไมด์บางชนิดมีปฏิกิริยา Nitrate Reductase ในรากระดับสูง ดังนั้นลักษณะสารประกอบ N ในน้ำหล่อเลี้ยงในระบบท่อ Xylem จึงมีความสัมพันธ์กับแหล่ง N ว่ามาจากการตรึงหรือจากดินแต่อย่างใด แต่มีถั่วกลุ่มนี้บางชนิดที่มีปฏิกิริยา Nitrate Reductase ในรากค่อนข้างต่ำ ดังนั้นเมื่อถั่วดูด N จากดินมากขึ้นในขณะที่ได้จากการตรึงโดยปมน้อยลงอัตราส่วน N ที่อยู่ในรูปไนเตรทในน้ำหล่อเลี้ยงในระบบท่อ Xylem ก็จะเพิ่ม พร้อมกับการลดลงของอัตราส่วน N ในรูปเอไมด์และกรดอะมิโน ในกรณีนี้ ปริมาณ N ในรูปไนเตรทคิดเป็นสัดส่วนของ N ทั้งหมดในน้ำหล่อเลี้ยงลำต้น อาจใช้ในการประเมินอัตราส่วน N ที่มาจากดินได้ (สมพร, 2541)

การสลายตัวของปุ๋ยพืชสดในดิน

การปลูกพืชสดมีประโยชน์หลายประการ เช่น ปกคลุมดินในช่วงที่ไม่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจ และเมื่อไถกลบลงไปในดินก็มีผลกระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและทำให้ดินมีธาตุอาหารเพิ่มขึ้น (Breland, 1994; อ้างโดย Breland, 1994) ภายหลังการไถกลบ สารอินทรีย์ในปุ๋ยพืชสดจะเกิดการสลายตัว จุลินทรีย์ดินที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของสารอินทรีย์เป็นจุลินทรีย์พวก heterotroph ซึ่งต้องการคาร์บอนและพลังงานจากสารอินทรีย์ในการสร้างเซลล์ (Alexander, 1967) สำหรับการสลายตัวของสารประกอบอินทรีย์ N โดยจุลินทรีย์ดินเรียกว่ากระบวนการ mineralization (Tisdale และ Nelson, 1975) ซึ่งทำให้สารอินทรีย์ N เปลี่ยนรูปเป็น NH_4^+-N มีสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกเรียกว่า aminization ตัวอย่างของปฏิกิริยา ดังกล่าว มีดังนี้

$$\text{protein} \longrightarrow \text{R-NH}_2 + \text{CO}_2 + \text{energy} + \text{other product}$$

ขั้นตอนที่ 2 เรียกว่า ammonification ซึ่งได้ NH_3 เป็นผลผลิตของปฏิกิริยา ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{R-NH}_2 + \text{HOH} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{R-OH} + \text{energy}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับ NH_3 ที่เกิดขึ้น สามารถแปรสภาพต่อไปเป็น NO_2^- และ NO_3^- โดยกระบวนการ nitrification ของ autotrophic แบคทีเรียที่ต้องการพลังงานจากปฏิกิริยา oxidation ของ NH_4^+ และ NO_2^- ดังต่อไปนี้

$$2NH_4^+ + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- 2H_2O + 2H^+$$

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^-$$

สำหรับจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิด ammonification มีทั้งแบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีส จุลินทรีย์แต่ละประเภท หรือแม้แต่ประเภทเดียวกันแต่ต่าง genus หรือ species มีความแตกต่างกันในด้านชนิดของสารอินทรีย์Nที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายและอัตราในการย่อยสลาย ดังนั้นปริมาณของ NH_3 ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้จึงขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังผันแปรตามชนิดของสารอินทรีย์ N ชนิดของดิน และสภาพแวดล้อม (Alexander, 1967)

สำหรับ NH_3 ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ ammonification นอกจากจะเกิดปฏิกิริยา oxidation และเปลี่ยนรูปเป็น NO_2^- และ NO_3^- -N แล้ว บางส่วนจะรับ proton จากน้ำที่เกาะยึดกับผิว clay และเกิดเป็น NH_4^+ ion (Mortland และ Wolcott, 1965) สะสมอยู่ในดินหรือถูกดูดใช้โดยต้นพืช บางส่วนก็อาจถูกจุลินทรีย์พวก heterotroph นำไปใช้ในการสร้างเซลล์และอาจถูกตรึง (fix) ไว้ในหลืบ (lattice) ของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 (Tridale และ Nelson ,1975) ซึ่งNH_4^+-N ที่ถูกตรึงไว้ในหลืบของแร่ดินเหนียวไม่สามารถเป็นประโยชน์ได้ และไม่สามารถสกัดออกมาโดยการใช้น้ำยาสกัดดิน (Nommik, 1965)

Tietlma และ Wessel (1992) รายงานว่าจุลินทรีย์ พวก heterotroph มีความสามารถแก่งแย่งเอา NH_4^+-N ไปใช้ในการสร้างเซลล์ได้ดีกว่า nitrifier แบคทีเรีย ตราบใดที่ยังมีสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในดินในปริมาณที่มากพอการใช้ NH_4^+-N ของจุลินทรีย์พวก heterotorph (NH_4^+ - immobilization) จะมีมากกว่าการใช้ NH_4^+-N ของ nitrifier แบคทีเรีย นอกจากนี้ จุลินทรีย์พวก heterotroph หลายชนิดยังสามารถแปรสภาพ NH_4^+-N หรือ N ในรูปสารอินทรีย์บางประเภท ให้เป็น NO_2^- -N และ NO_3^- -N ได้ด้วย (Alexander, 1967)

อัตราการย่อยสลายของซากพืชจะเร็วหรือช้านั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของซากพืช และปัจจัยสิ่งแวดล้อมในดิน (Syers และCraswell, 1995) สำหรับคุณภาพของซากพืชใช้เกณฑ์ในการชี้วัด 3 ประการด้วยกัน ประการแรกคือจำนวนเยื่อใยหรือเนื้อไม้ ประการที่สองได้แก่ ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช เช่น N P และ S (Rose, 1989 อ้างโดย Blair และคณะ,1995) ซากพืชมีส่วนประกอบดังนี้ cellulose hemicellulose lignin protein น้ำตาลและแป้ง fats and wax polyphenols (Brady และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Well, 2002) สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนจะถูกย่อยสลายก่อน ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ในใบหรือยอดอ่อน ตามด้วยส่วนที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนน้อย สำหรับสารอินทรีย์ ซึ่งมีโครงสร้างซับซ้อนมาก เช่น ลิกนิน และแทนนิน จะทนต่อการย่อยสลายมาก ลิกนิน จะพบในส่วนของเนื้อไม้และมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุพืช ส่วน polyphenols เช่น แทนนินจะพบในส่วนประกอบของใบและเปลือกของต้นพืช เช่น เปลือกสีน้ำตาลของต้นชา สัดส่วนของ C/N ratio ก็มีผลต่อการย่อยสลายของซากพืชคือ ถ้าซากพืช C/N ratio ที่กว้างก็จะย่อยสลายช้า และจากการย่อยซากพืชที่มี C/N ratio กว้างจะทำให้ดินขาด N ในระยะเวลาหนึ่งโดยกระบวนการที่เรียกว่า N-immobilization แต่ถ้าพืชมี C/N ratio ที่แคบจะไม่เกิดปรากฏการณ์นี้ สำหรับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในดินนั้นจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน โดยมีผลส่งเสริมหรือยับยั้งการย่อยสลาย โดยทั่วไปแล้วจุลินทรีย์ดินจะทำงานได้ดีจะต้องมี pH ดินค่อนข้างเป็นกลาง ความชื้นดินจะต้องมีอย่างพอเพียงและอุณหภูมิที่เหมาะสม 25-35 °C (Brady และ Well, 2002; Paul และ Clark, 1996)

จากรายงานของ Paul, 1994 ซึ่งอ้างโดย Mengel (1996) พบว่า การไถกลบเศษเหลือของถั่วลันเตา (Pea) ในอัตราที่ให้ N 122 -126 กก.N/เฮกตาร์ ลงไปในดินแล้วปลูกข้าวสาลี N ที่ปลดปล่อยจากถั่วลันเตามีประมาณ 35-45% ของ N ทั้งหมด

Muriuki และคณะ (2001) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ N ในดินที่ใส่ปุ๋ย KNO_3 และถั่ว clover ซึ่งติดฉลาก(label) ด้วย ^{15}N โดยการบ่มดินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 22-24 °C ภายใต้สภาพที่มีออกซิเจนเป็นเวลา 26 สัปดาห์ พบว่าปริมาณของอนินทรีย์ N ในดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีมากกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยพืชสดและดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีน้อยที่สุด แต่อัตราการสะสมของอนินทรีย์ N และความเข้มข้นของ N ในรูปสารอินทรีย์และ N ในมวลจุลินทรีย์ของทุกตำรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตลอดช่วงเวลาของการบ่มดิน ดินที่ใส่ปุ๋ยพืชสด พบว่ามี ^{15}N ในมวลจุลินทรีย์มากกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนการระเหยของ NH_3 พบว่าน้อยมาก หลังสัปดาห์ที่ 26 ปริมาณของ ^{15}N ที่พบในดินในแต่ละตำรับการทดลองมีดังนี้ อนินทรีย์ N ในดิน 66 % สำหรับตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี และ 40% สำหรับตำรับที่ใส่ปุ๋ยพืชสด อินทรีย์ N 18% สำหรับตำรับที่ใส่ปุ๋ยพืชสด 50% สำหรับตำรับที่ใส่ปุ๋ยพืชสด N ในมวลจุลินทรีย์ 0.75% สำหรับตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีและ 15% สำหรับตำรับที่ใส่ปุ๋ยพืชสด ปริมาณ N ที่สูญเสียโดยกระบวนการ denitrification 16% สำหรับตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี และ 10% สำหรับตำรับที่ใส่ปุ๋ยพืชสด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปลดปล่อย N

พืชตระกูลถั่วในเขตร้อนส่วนใหญ่เช่น ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม มักขนส่งสารประกอบ N ออกจากปมรากในรูปของสารจำพวกยูริไอด์ (ureides) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของยูเรีย เช่น อะแลนโทอิน (allantoin) กรดอะแลนโทอิก (allantoic acid) ซิทรุลลิน (citrulline) NH_3 ที่เป็นผลผลิตจากการตรึง N โดย ไรโซเบียมจะเคลื่อนที่ออกสู่ไซโทพลาซึมของเซลล์เจ้าบ้าน แล้วเปลี่ยนเป็นกลูตามีน (glutamine) ซึ่งจะเปลี่ยนต่อไปเป็นเพียวรีน (purine) ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์เป็นกรดยูริก (uric acid) จากนั้นกรดยูริกจะเคลื่อนที่ออกจากเซลล์เจ้าบ้านที่มีเชื้อไรโซเบียมอาศัยอยู่ (infected cell) เข้าสู่เซลล์ของปมรากที่ไม่มีไรโซเบียมอาศัยอยู่แล้วเปลี่ยนเป็นอะแลนโทอินโดยกิจกรรมของเอนไซม์ภายในไมโครบอดี จากนั้นอะแลนโทอินจะเปลี่ยนเป็นกรดอะแลนโทอิกภายในร่างแหเอนโดพลาสมิกแล้วขนส่งเข้าสู่ไซเลมของปมราก ซึ่งต่อเนื่องกับท่อไซเลมของราก ซึ่งจะขนส่งกรดอะแลนโทอิกไปให้ส่วนต่างๆของพืชต่อไป (ปิยะดา, 2540)

การปลดปล่อย N ของปุ๋ยพืชสดมีความแตกต่างจากปุ๋ยเคมี คือ ปุ๋ยพืชสดจะต้องถูกย่อยสลายหรือเกิดกระบวนการ Mineralization ก่อนจึงจะเกิด N ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้ปุ๋ยพืชสดยังมีผลต่ออินทรียวัตถุของดิน 2 ประการคือ เป็นแหล่ง N ได้อย่างรวดเร็วและเป็นประโยชน์มากต่อพืช เมื่อปลูกตามในระยะเวลาสั้นๆ หลังการไถกลบ ถ้าเป็นปุ๋ยพืชสดที่ย่อยสลายช้าก็จะมีผลต่อการปลดปล่อย N ในปริมาณน้อยต่อพืชแรกที่ปลูก แต่ในระยะเวลายาวจะมีผลต่อการสะสมปริมาณอินทรียวัตถุ

การปลดปล่อย N จากการเน่าเปื่อยสลายตัวของพืชตระกูลถั่วที่ใช้เป็นปุ๋ย

Franzluebbers และคณะ (1995) ศึกษาการปลดปล่อย N จากการสลายตัวของถั่วพุ่มที่ใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในดิน silty clay loam ซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวประมาณ 310 กรัม/กก. และมี pH 8.2 (ดิน:น้ำ 1:2) ดินที่ใช้ทดลองมีมวลชีวภาพ (microbial biomass) แตกต่างกัน สำหรับดินที่มีมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในระดับสูง (1,042±149 มก.C/กก.) เป็นดินที่ได้จากทุ่งหญ้าที่ใช้ปลูกหญ้าเบอร์มิวดา(*Cynodon dactylon*) เป็นเวลานานมากกว่า 30 ปี ส่วนดินที่มีมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในระดับปานกลาง (497±22 มก.C/กก.) เป็นดินที่ได้จากแปลงเพาะปลูกข้าวสาลีและถั่วเหลืองซึ่งมีการปลูกโดยวิธีการเพาะปลูกที่ใช้ดินทั่วไปเป็นเวลานาน 9 ปี สำหรับดินที่มีมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในระดับต่ำ(301±10 มก.C/กก.)ได้จากแปลงที่ใช้เพาะปลูกข้าวสาลีด้วยวิธีการที่ไม่มีการไถพรวนเป็นเวลา 9 ปี ส่วนดินที่มีมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในระดับต่ำมาก (<10 มก.C/กก.) เป็นดินชั้นล่างซึ่งมีความลึกต่ำกว่าดินชั้นบนประมาณ 1 ม. ระดับของมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองอยู่ในช่วงที่พบได้ในดินที่ใช้ในการเกษตร (Smith และ Paul, 1990 อ้างโดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Franzluebbers และคณะ, 1995) ถั่วพุ่มที่ใช้ไถกลบลงไปในดินใช้เฉพาะใบที่ 3 กับ ใบที่ 6 นับจากส่วนล่างของต้นถั่วที่มีอายุ 44 วันและปลูกในเรือนทดลอง โดยตัดใบถั่วให้มีขนาดเล็กประมาณ 50 มม. เก็บตัวอย่างพืชไว้ที่อุณหภูมิ 40˚C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองใช้ใบถั่วสดที่เก็บรักษาไว้ใส่ลงไปในดินที่มีความชื้น โดยใช้ดินชื้น 100 กรัมต่อภาชนะที่มีความจุ 465 มล. บ่มดินไว้ที่อุณหภูมิ 30˚C ในที่มืดเป็นเวลา 60 วันผลการทดลองพบว่า ในช่วงแรกการสลายตัวของใบถั่วในดินที่มีมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในระดับต่ำ ช้ากว่าดินที่มีมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในระดับสูงกว่า แต่จุลินทรีย์ในดินมีการปรับตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการใส่อินทรียวัตถุลงไปในดินเป็นผลให้ปริมาณ N สุทธิที่ได้จากการสลายตัวของใบถั่วในดินทั้ง 4 ชนิดที่ใช้ศึกษาไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดย N ที่ได้จากการสลายตัวของใบถั่วพุ่มที่ใส่ลงไปในดินมีค่าเฉลี่ยประมาณ 34.8% ของปริมาณ N ในใบถั่วในระยะเริ่มต้นของการบ่มดิน

สำหรับการปลดปล่อย N จากถั่วพุ่มซึ่งมีอายุแตกต่างและดินที่ไถกลบถั่วพุ่มเป็นดินทราย Franzluebbers และคณะ (1994) ใช้วิธีการศึกษาโดยการบ่มดินเป็นเวลา 10 สัปดาห์ โดยดินที่ใช้มี pH 5.5 ปรับความชื้นของดินให้อยู่ในระดับ 50-75% ของความชื้นที่ดินอุ้มไว้ได้เต็มที่ตลอดช่วงที่มีการบ่มดินที่อุณหภูมิ 28˚C และใช้ต้นถั่วพุ่มที่ติดฉลากด้วย ^{15}N ในการใส่ลงไปในดิน ผลการศึกษาพบว่าถั่วพุ่มที่มีอายุ 7 สัปดาห์มีการสะสม N มากกว่าถั่วที่มีอายุ 5 สัปดาห์ ภายหลังการใส่ต้นถั่วพุ่มลงไปในดิน ปริมาณ N ที่ปลดปล่อย จากต้นถั่วพุ่มที่มีอายุ 5 สัปดาห์มีประมาณ 24 % ส่วนที่มีอายุ 7 สัปดาห์ มีประมาณ 27% ของ N ทั้งหมดในต้นถั่ว อัตราในการเกิด N- mineralization จากใบและลำต้นเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นถั่ว แต่ N-mineralization จากรากกลับลดลงเมื่อต้นถั่วมีอายุมากขึ้น ปริมาณ N ที่เกิดจากกระบวนการ N-mineralization ของถั่วพุ่มที่มีอายุ 7สัปดาห์ มีมากกว่าปริมาณ N ที่ปลดปล่อยจากถั่วพุ่มที่มีอายุ 5 สัปดาห์ประมาณ 235% เนื่องจากถั่วที่มีอายุ 7 สัปดาห์ นอกจากจะมีปริมาณ N มากกว่า ยังสลายตัวได้เร็วกว่า สำหรับใบที่ปลดปล่อย N ได้มีมากที่สุด คือ ใบถั่วพุ่มจากต้นที่มีอายุ 7 สัปดาห์ โดยปลดปล่อยได้ประมาณ 74% ส่วนใบที่ได้จากต้นถั่วอายุ 5 สัปดาห์ปลดปล่อยได้ 65% ของปริมาณ N ทั้งหมดที่ได้จากการสลายตัวของต้นถั่ว %N ที่ได้จากกระบวนการ N mineralization มีสหสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับความเข้มข้นของ N ในส่วนต่างๆ ของต้นถั่วและ C:N ratio

จากการศึกษาการสลายตัวของถั่ว *Medicago litloralis* ที่ติดฉลากด้วย ^{14}C และ ^{15}N ที่ไถกลบลงไปในดิน calcareous ที่เป็นดินร่วนปนทราย ภายใต้สภาพการทดลองในไร่นาในอัตราตั้งแต่ 23.0-92.1 กก.N/เฮกตาร์ (Ladd และคณะ, 1983) พบว่าหลังการไถกลบลงไปในดินเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ปริมาณอินทรีย์ C จากต้นถั่วที่เหลืออยู่ในดินมีประมาณ 65% ของปริมาณ C ที่ใส่ลงไปในดิน แต่หลังจากไถกลบเป็นเวลา 4 ปี เหลือเพียง 18% ปริมาณของ ^{14}C ในรูปของสารอินทรีย์และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

^{15}N ที่เหลืออยู่ในดิน เป็นสัดส่วนกับปริมาณของ C และ N ที่เติมลงไปในดินในระยะเริ่มต้นของการทดลอง และสัดส่วนดังกล่าวผันแปรตามปริมาณของอินทรียวัตถุที่ไถกลบอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุที่ใส่ลงไปในดิน การสลายตัวก็ยังมีมากขึ้นภายในระยะเวลา 2-4 ปีที่มีการศึกษา จากการสลายตัวของต้นถั่วที่ไถกลบ มีผลทำให้ปริมาณ ^{14}C และ ^{15}N ในมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ดินในดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามระยะเวลาของการสลายตัว นอกจากนี้สัดส่วนของ ^{14}C และ ^{15}N ในมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ดินยังลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามการเพิ่มของอัตราการใส่ต้นถั่ว จากข้อมูลดังกล่าว Ladd และคณะ (1983) สรุปว่า เมื่อมีการใส่อินทรียวัตถุลงไปในดินในอัตราต่ำ เสถียรภาพของสารประกอบอัตราต่างๆที่จุลินทรีย์ดินขับออกมานอกเซลล์และผลิตผลต่างๆที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ไม่มีผลต่อความมากน้อย(%)ของปริมาณ ในการที่เศษเหลือของพืชที่ตกค้างอยู่ในดิน ปัจจัยที่สำคัญกว่า คือ ปัจจัยที่มีผลทำให้ C และ N ที่ได้จากสารอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดิน สะสมอยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์ดิน

ในแง่ของผลของการไถกลบถั่วพุ่มต่อผลผลิตพืช Franzluebbers และคณะ (1994) พบว่าในดินทรายในอเมริกาตะวันตก การปลูกลูกเดือย (millet) ในดิน ร่วมกับถั่วพุ่มในช่วงแรกของฤดูการเพาะปลูก และไถกลบถั่วพุ่มที่มีอายุ 5-6 สัปดาห์เป็นปุ๋ยพืชสด ในระหว่างแถวของลูกเดือยในอัตราที่ให้น้ำหนักแห้ง 460-570 กก./เฮกตาร์ ทำให้ผลผลิตของลูกเดือยเพิ่มขึ้น เมื่อปีที่เพาะปลูกมีฝนตกมากพอในช่วงแรก เพราะในช่วง 3 สัปดาห์แรกภายหลังการไถกลบ ต้นถั่วที่ไถกลบมีการสลายตัวอย่างรวดเร็วและปลดปล่อยธาตุอาหารสู่ดิน อย่างไรก็ตาม ในปีที่มีฝนตกน้อยในช่วงแรกถั่วพุ่มที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นในพื้นที่ อาจมีการแก่งแย่งน้ำและธาตุอาหารกับลูกเดือยที่ปลูกร่วมกับถั่วพุ่ม วิธีการปลูกลูกเดือยโดยการไถกลบถั่วพุ่มในอัตรา 2,000 กก./เฮกตาร์ และใช้เศษเหลือจากการเก็บเกี่ยวลูกเดือยเป็นวัสดุคลุมดินในอัตรา 3,000 กก./เฮกตาร์ ทำให้ลูกเดือยมีผลผลิตเพิ่มขึ้น เศษเหลือของลูกเดือยที่ใช้เป็นวัสดุคลุมผิวหน้าดินมีอัตราการสลายตัวสูง เฉพาะในช่วง 3 วันแรกที่มีฝนตก และ C จาก เศษเหลือดังกล่าว สูญหายไปในรูปของ CO_2 ประมาณ 34% ในช่วงฤดูฝนเพียง 1 ฤดูกาล สำหรับเศษเหลือของลูกเดือยที่เหลืออยู่บนดินภายหลังฤดูฝนขึ้นกับการมีหรือไม่มีปลวก อย่างไรก็ตามเศษเหลือของลูกเดือยที่ใช้เป็นวัสดุคลุมดินทำให้ปริมาณของอินทรีย์ C ในดินเพิ่มขึ้น และการใช้เศษเหลือของลูกเดือยและถั่วพุ่มมีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินและผลผลิตของลูกเดือยมากกว่าการใส่ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด เพราะมีอัตราการใส่สูงกว่าและมีการสลายตัวช้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การประเมินความเป็นประโยชน์ของ N ในดิน

ในการใช้ปุ๋ย N อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงกระบวนการเปลี่ยนรูปของสารประกอบ N ในดินในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ให้เป็น N ในรูปสารประกอบ อนินทรีย์ (Nitrogen Mineralization) สำหรับ N ที่เป็นประโยชน์ได้หมายถึง N ในบริเวณรากพืชซึ่งพืชสามารถดูดใช้ได้ทันที N ในรูปนี้ได้มาจากปุ๋ย การตรึง N และการสลายตัวของ N ในรูปสารอินทรีย์ (Scarsbrook, 1965 อ้างโดย Keeney, 1982)

สำหรับดินชั้นบนโดยทั่วไปแล้ว จะมีปริมาณ N ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.08-0.4% ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ (Bremner, 1965a อ้างโดย Keeney, 1982) ถ้า N ในรูปดังกล่าวเกิดการแปรสภาพโดยกระบวนการ mineralization ประมาณ 1-3% ในช่วงที่มีการปลูกพืช (Bremner, 1965b อ้างโดย Keeney, 1982) N ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมีในช่วงตั้งแต่ 8-120 กก.N/เฮกตาร์ โดยปกติแล้วปริมาณ N ที่เป็นประโยชน์ได้ในปริมาณดังกล่าว ไม่ค่อยเพียงพอต่อความต้องการของพืชและยังปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ช้า ซึ่งพืชส่วนใหญ่ต้องการ N ในปริมาณมากในช่วงต้นฤดูกาลเพาะปลูก (Viets, 1965 อ้างโดย Keeney,1982)

ผลของปัจจัยบางอย่างที่มีต่อกระบวนการ N – mineralization

จากรายงานของ Hassink (1994) พบว่าในดินทุ่งหญ้าในประเทศเดนมาร์ก ปริมาณ clay ในดินไม่มีผลกระทบต่อการเกิด C-mineralization แต่มีผลกระทบต่อ N-mineralization โดยทำให้ N-mineralization ลดลง เมื่อปริมาณ clay เพิ่มขึ้น สำหรับรายงานของ Franzluebbers และคณะ, 1996 อ้างโดย Franzluebbers (1999) ดินจากรัฐเทคซัส ปริมาณ clay ในดินไม่มีผลกระทบต่อ C และ N-mineralization ความแตกต่างของผลกระทบของปริมาณ clay ต่อกระบวนการ C และ N-mineralization ในดินอาจขึ้นอยู่กับชนิดของ clay สำหรับ clay ที่มีประจุที่ผิว clay ในปริมาณมาก เช่น montmorillonite clay สามารถดูดยึดประจุบวกใน functional group ของสารอินทรีย์บางชนิดและป้องกันสารอินทรีย์เหล่านั้นไม่ให้ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ง่าย (Creswell และ Warning, 1972 อ้างโดย Franzluebbers, 1999) นอกจากนี้ผลกระทบของเนื้อดินต่อ C และ N-mineralization ยังอาจขึ้นกับคุณภาพของอินทรียวัตถุอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

pH ของดิน

N-mineralization เป็นกระบวนการที่ได้รับผลกระทบจาก pH ถ้าให้ปัจจัยอื่นๆเท่าเทียมกันหมด ปริมาณของ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินที่มี pH เป็นกลางมีมากกว่าดินที่เป็นกรด ความเป็นกรดของดินมีผลทำให้กระบวนการนี้เกิดน้อยลงแต่ไม่ยับยั้งกระบวนการ การใช้ปูนในดินที่เป็นกรดมี

ผลทำให้กระบวนการ N-mineralization เกิดได้ดีขึ้น สำหรับกระบวนการ nitrificationn ซึ่งเป็นกระบวนการออกซิไดซ์สารประกอบ NH_4^+ ให้เป็น NO_2^- และ NO_3^- ปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมาก คือ ความเป็นกรดของดิน ในดินที่เป็นกลางปริมาณแบคทีเรียที่ทำให้เกิด nitrification มีมากที่สุด แต่ pH ที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียขึ้นกับแหล่งกำเนิดของจุลินทรีย์ สายพันธุ์ที่มาจากดินที่เป็นกรดจะทนต่อ pH ต่ำได้ดีกว่าสายพันธุ์ที่มีกำเนิดมาจากดินที่เป็นกรดหรือดินที่เป็นด่างมี pH ที่เหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยา ประมาณ 7.8 (Alexander, 1967)

จากการศึกษาผลของ pH ดินและความเป็นประโยชน์ของ N ต่อ nitrification สุทธิ (net nitrification) ของดินจากป่าไม้ต่างๆ 5 ชนิด Marie และ Pare (1999) ใช้วิธีการบ่มดินในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ในดินจาก Jack pine ซึ่งมี pH ต่ำสุด (4.82) และมี exchangeable base ต่ำสุด (20.04 mol./กก.) แต่มี C/N ratio กว้างที่สุด (30.9) ไม่สามารถตรวจพบ NO_3^- ในดินมากที่สุด ดินจากป่า White spruce และ White cedar ซึ่งมี pH 5.65 และ 5.16 ตามลำดับ มีการสะสม NO_3^- ต่ำ การที่ดินจากป่า Jack pine ไม่มีการสะสม NO_3^- เป็นเพราะดินดังกล่าวไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิด nitrification การเพิ่มจุลินทรีย์เหล่านี้ลงไปในดินมีผลให้ nitrification ในดินเกิดดีขึ้น การเติม NH_4^+ ลงไปในดินไม่มีผลทำให้การเกิด nitrification เพิ่มขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ แต่การเพิ่ม pH ของดินในป่าเหล่านี้ให้สูงกว่า 6.5 ทำให้ nitrification ของดินเพิ่มขึ้นสำหรับดินของป่าไม้ที่มีการเกิด nitrification น้อยหรือไม่มีการเกิดกระบวนการดังกล่าวเลย เพราะมีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมกับ แบคทีเรียพวก autotrophic nitrifier (Alexander, 1967)

ความชื้นในดิน

เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกระบวนการ ammonification มีทั้ง จุลินทรีย์พวก aerobic และ anaerobic ดังนั้นการแปรสภาพของสารประกอบอินทรีย์ N ให้เป็น NH_4^+-N จึงเกิดได้ดีในดินที่มีความชื้นในระดับปานกลางจนถึงสูง และเกิดน้อยในดินที่มีความชื้นต่ำกว่าระดับ permanent wilting point ระดับความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเกิดกระบวนการ ammonification อยู่ในช่วง 50-75% ของความชื้นที่ดินสามารถอุ้มไว้ได้สูงสุด และแม้ดินอยู่ในสภาวะน้ำขังกระบวนการ ammonification ก็ไม่ถูกยับยั้งและยังเกิดได้อย่างรวดเร็ว ในดินนาที่ใช้ปลูกข้าวนาดำซึ่งมีปริมาณออกซิเจนในดินน้อย ในกรณีของกระบวนการ nitrification กลับพบว่าเมื่อดินมีออกซิเจนจำกัด กระบวนการนี้จะมีน้อยลง โดยทั่วไปการเกิด NO_3^- จะเกิดได้ดีในดินที่มีความชื้นประมาณ 1/3 – 1/2 ของความชื้นที่ดินสามารถอุ้มไว้ได้เต็มที่ อย่างไรก็ตามดินต่างชนิดกันจะมีระดับความชื้นที่เหมาะสมแก่การเกิด nitrification แตกต่างกัน (Alexander, 1967)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชตระกูลถั่วในดินที่เป็นกรด

จากผลงานของนักวิจัยหลายคนที่ได้ศึกษาสภาพดิน ปัญหาในการปลูกถั่วที่ใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ ในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ผลของความเป็นกรดของดินและการปรับปรุงดินต่อการมีชีวิตอยู่รอดของเชื้อไรโซเบียมและการเกิดปม ซึ่งอ้างโดย Peoples และคณะ (1995) พบว่าในแถบตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศออสเตรเลียซึ่งมีช่วงฤดูหนาวยาวนานกว่าฤดูอื่น มีฝนตกชุก (>500 มม.) ดินในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ซึ่งมีการปลูกถั่วพืชอาหารสัตว์ในทุ่งหญ้ามีความเป็นกรดสูง ถั่วพืชอาหารสัตว์ที่ปลูกในทุ่งหญ้าเหล่านี้จะให้ผลผลิตต่ำซึ่งเป็นผลมาจากความเป็นพิษของ Al กับ Mn ซึ่งมีปริมาณมากในสารละลายดิน นอกจากนี้ ถั่วที่ปลูกในดิน ทุ่งหญ้าที่เป็นกรด ยังมีการตรึง N ต่ำอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม การที่ดินเป็นกรดมีความเป็นประโยชน์ของ P ในดินต่ำก็อาจมีผลทำให้ถั่วพืชอาหารสัตว์ที่ปลูกในดินทุ่งหญ้าที่เป็นกรดให้ผลผลิตต่ำได้เช่นกัน ดังนั้นการใส่ปูนอย่างเดียวอาจไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการเพิ่มผลผลิตของถั่วพืชอาหารสัตว์ที่ปลูกบนดินทุ่งหญ้าที่เป็นกรดซึ่งมีความเป็นประโยชน์ของ P ต่ำ จากผลงานวิจัยของ Peoples และคณะ (1995) ซึ่งได้ศึกษาผลของการใส่ปูนโดยการหว่านบนผิวดินและการใส่ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในดินทุ่งหญ้าที่เป็นกรด 4 ชนิดซึ่งมี pH ($CaCl_2$) ในช่วง 4.17-4.54 และมี available ในดินในช่วง 3.5-24.4 มก.P/กก. ใส่ปูนในอัตรา 2500 กก./เฮกตาร์ และปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในอัตรา 0 10 และ 20 กก.P/เฮกตาร์ พบว่าหลังการใส่ปูนและปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในดินทุ่งหญ้าได้ 18 เดือน pH ของดินชั้นบนเพิ่มขึ้นจาก 4.2-4.5 เป็น 4.9 และทำให้ความเข้มข้นของปริมาณ Al กับ Mn ในดินทุกชนิดที่ใช้ศึกษาที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัด $CaCl_2$ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใส่ปูนหรือปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต มีผลทำให้การเจริญเติบโตของหญ้าในทุ่งหญ้าและปริมาณ N ในถั่ว subterranean clover เพิ่มขึ้นเฉพาะในทุ่งหญ้าเพียงหนึ่งแห่งเท่านั้น จากการวิเคราะห์ P ในพืชพบว่า ความเป็นประโยชน์ของ P ที่ต่ำเป็นปัจจัยทำให้ต้นพืชที่ปลูกในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ไม่ตอบสนองต่อการใส่ปูนอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าในการทดลองจะมีการใส่ P ในดินในอัตรา 10 หรือ 20 กก.P/เฮกตาร์ ก็ตาม การเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ย P จาก 10 กก.P/เฮกตาร์ เป็น 50 กก.P/เฮกตาร์ สำหรับทุ่งหญ้าทุกพื้นที่ในฤดูใบไม้ผลิทำให้ N ที่สะสมในพืชในทุ่งหญ้าในช่วงปลายฤดูใบไม้ผลิเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า สำหรับพื้นที่ทุ่งหญ้า ณ Braidwood Beechworth และ Bungendore เพิ่มขึ้น 24-61% จากการตรวจสอบปริมาณ N ที่ได้จากการตรึง Nของถั่ว subterranean clover โดยวิธี ^{15}N natural abundance พบว่าถั่วที่ปลูกที่ Bungendore และ Braidwood N ที่ได้จากการตรึงมีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 50-73% ในปีแรกที่ศึกษาและเพิ่มเป็น 81-97% ในปีที่ 2 ปริมาณ N ที่ได้จากการตรึงจากพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่งอยู่ในช่วงตั้งแต่น้อยกว่า 2 กก.N/เฮกตาร์จนถึง 119 กก.N/เฮกตาร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรายงานของ Jessop และ Mahoney (1982) ซึ่งได้ศึกษาการตอบสนองของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกเพื่อผลผลิตเมล็ด ได้แก่ chickpea faba bean (*Vicia faba* CPI22613) pea (*Pisum sativum* cv.Buckley) lupin (*Cicer ariltinum* CPI56289) ซึ่งปลูกในดินทรายที่เป็นกรด และปริมาณอนุภาคดินทรายขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินมีมากถึง 97% และมี pH 5.4 (ดิน:น้ำ 1:5) ใส่หินปูนบดในปริมาณต่างๆ เพื่อเพิ่ม pH ของดินให้อยู่ในระดับต่างๆ ตั้งแต่ 5.4-9.2 ตรวจสอบการเกิดปมน้ำหนักแห้งและการสะสม N ในต้นพืชเมื่อต้นพืชมีอายุได้ 8 สัปดาห์ พบว่า ในบรรดาถั่วทั้ง 4 ชนิดที่ใช้ศึกษา chickpea เป็นถั่วที่ได้รับผลกระทบจากระดับ pH และ Ca ที่ใช้ทดสอบน้อยที่สุดในแง่ของการเจริญของรากและส่วนเหนือดิน ถั่วทุกชนิดมีจำนวนปมมากที่สุดที่ pH 7 หรือ 8 ส่วนถั่ว lupin ให้น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินมากที่สุดที่ pH 6.0 และลดลงทันทีเมื่อ pH ของดินมากกว่า 7 ถั่ว pea และ chickpea faba bean มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากที่สุดในช่วง pH 7-8

จากผลงานของ Evans และคณะ (1988) ซึ่งได้ศึกษาผลของการใส่ปูนและการใส่เชื้อไรโซเบียมต่อการเกิดปมของ subterranean clover ในพื้นที่ลาดชันทางใต้ของรัฐนิวเซาท์เวลส์ ซึ่งเป็นดินกรด พบว่า ในสภาพเดิมของดินที่ไม่มีการใส่ปูน การเจริญเติบโตของถั่ว subterranean clover ลดลง การเพิ่ม pH ของดินโดยการใส่ปูนมีผลทำให้ปริมาณเชื้อ *Rhizobium trifolii* ในดินเพิ่มขึ้นและเพิ่มปริมาณปมต่อต้น ในฤดูใบไม้ร่วงดินที่ใส่ปูนมีปริมาณเชื้อ *R. trifolii* อยู่ในช่วง 104-105 เซลล์/กรัม ในช่วงที่เมล็ดกำลังงอก ซึ่งมากกว่าปริมาณเชื้อในดินที่ไม่ใส่ปูน 40-200 เท่า ในฤดูใบไม้ผลิดินที่ไม่ได้ใส่ปูนมีปริมาณเชื้อ *R. trifolii* เพิ่มขึ้นอย่างมาก จนเกือบเท่าปริมาณเชื้อในดินที่ได้รับการใส่ปูน ในช่วงฤดูร้อนปริมาณเชื้อ *R. trifolii* ในดินทั้งที่ใส่และไม่ใส่ปูนลดลงอย่างเด่นชัด การใส่ Ca โดยที่ pH ของดินไม่เพิ่มขึ้น ไม่สามารถทำให้จำนวนปมต่อต้นเกิดขึ้นได้สูงสุด ผู้วิจัยได้ให้ข้อคิดเห็นว่าเมื่อปริมาณเชื้อ *R. trifolii* ในดินลดลงอย่างมากในช่วงฤดูร้อนอัตราการเพิ่มปริมาณเชื้อดังกล่าว ในช่วงฤดูกาลถัดไป คือ ช่วงฤดูใบไม้ร่วงมีผลต่อความมากน้อยของจำนวนปมต่อต้น นอกจากนี้ การที่ถั่วที่ปลูกบนดินกรด ให้น้ำหนักแห้งน้อยอาจเป็นเพราะถั่วมีการตรึง N ต่ำ เพราะจากการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ย N ทำให้ต้นถั่วไม่มีการตอบสนองต่อการใส่ปูน จากการศึกษาสายพันธุ์ของเชื้อไรโซเบียมในปมถั่ว พบว่าการที่ถั่วมีปมที่เกิดจากเชื้อสายพันธุ์ซึ่งมีประสิทธิภาพในการตรึง N น้อยกว่าสายพันธุ์ที่ใช้คลุก ไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้ต้นถั่วมีการตรึง N ลดลงด้วย

จากการศึกษาผลของปริมาณ N ในดินและชนิดของพืชที่ปลูกก่อนหน้าการปลูกถั่วต่อการตรึง N ของถั่ว Barrel medic (*Medicago treencatula*) Alston และ Graham (1982) พบว่า ภายใต้สภาพการทดลองในกระถางในเรือนทดลอง และใช้ดินที่มีปริมาณ N ทั้งหมดในช่วงตั้งแต่ 1.2-2.7 กรัม/กก. ในการปลูกถั่ว Barrel medic โดยดินที่ใช้ทดลองได้เคยใช้ปลูกธัญพืชและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หญ้าเลี้ยงสัตว์มาก่อน สำหรับดินที่เคยใช้ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์มีปริมาณ mineralizable N มากกว่าดินที่เคยใช้ปลูกธัญพืช ต้นถั่ว Medic ที่ปลูกในดินที่เคยใช้หญ้าเลี้ยงสัตว์ โดยทั่วไปมีน้ำหนักแห้งและ N มากกว่า Medic ที่ปลูกในดินที่ใช้ปลูกธัญพืช แต่การตรึงN โดยวิธี acetylene reduction assay (ARA) กลับมีน้อยกว่า แต่ความแตกต่างดังกล่าวมีน้อยลงในช่วงเวลาต่อมา ความแตกต่างของข้อมูลต่างๆที่บันทึกดังระบุไว้ข้างต้นไม่สัมพันธ์กับปริมาณของ N ทั้งหมดในดิน แต่มีความสัมพันธ์อย่างมากกับ N ที่เกิดจากกระบวนการ N-mineralization การตรึง N โดยการวัดด้วยวิธี ARA ไม่ขึ้นกับปริมาณ N ทั้งหมดในดิน แต่ขึ้นกับปริมาณ inorganic N โดยการตรึงNลดลงเมื่อดินมีปริมาณ inorganic N มาก

จากการศึกษาของ Cordero และ Blair (1978) ซึ่งศึกษาการตอบสนองของถั่ว compressus ที่ปลูกในดินทรายที่มี pH 5.0 ต่อการใส่ปูน พบว่าถั่วทั้ง 3 ชนิดให้ผลผลิตและการสะสม N ในผลผลิต ตลอดจนมีจำนวนปมมากที่สุด เมื่อมีการใส่ปูน และใส่ปูนร่วมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต จากการตรวจสอบปริมาณ Caในพืช ชี้ให้เห็นว่าการตอบสนองต่อการใส่ปูน เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของ pH ของดิน มากกว่าการเป็น Ca ถั่ว *T. glomeratum* มีการตอบสนองต่อการใส่ปูนดีที่สุดของถั่วชนิดนี้ ต่ำกว่าการเจริญของถั่วอีก 2 ชนิดประมาณ 50% ซึ่งสำหรับถั่วอีก 2 ชนิด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยมีการเจริญเติบโตที่ pH 5.9 และที่ pH 4.4 ไม่แตกต่างกัน

สภาพ pH ของดินบนพื้นที่สูง

จากรายงานเกี่ยวกับคุณสมบัติของดินที่ใช้ปลูกกาแฟบนที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 600-2600 เมตร และมีความลาดชันโดยเฉลี่ยเกินกว่า 30% พบว่าดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดจัด มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในระดับต่ำ บางแห่งมีธาตุ Ca, Mg และ Zn อยู่ในระดับต่ำด้วย (ดุสิต และคณะ, 2528) จากรายงานของ Bryan (1923 a,b) ซึ่งอ้างโดย Foy (1984)

เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว alfalfa จะตายเมื่อดินมี pH 5.0 ส่วนเชื้อสำหรับถั่ว red clover ตายเมื่อดินมี pH 4.5-4.7 เชื้อสำหรับถั่วเหลืองจะตายเมื่อดินมี pH 3.5-3.9 ซึ่งการเกิดปมได้ดีอยู่ในระดับเดียวกับ pH ที่ถั่วสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ปริมาณปมจะมีมากที่สุดในดินที่มี pH 7.0 สำหรับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วเหลืองมีชีวิตรอดอยู่ได้ในช่วง pH ตั้งแต่ 4.8-8.3 แต่การเกิดปมจะลดลงในช่วง pH 3.8-4.6 ในระดับ pH 5.6 แบคทีเรียปมรากถั่วจะทำงานได้ดี ระดับ pH ของดินที่เหมาะสำหรับถั่วชนิดต่างๆมีดังนี้ 6.2 สำหรับถั่ว alfalfa 6.5 สำหรับ red clover และ sweet clover และ 6.0 สำหรับ lepedeza (Doolar 1930 อ้างโดย Foy, 1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วอ่อนไหวต่อความเป็นกรดของดินมาก ระดับ pH ที่เหมาะสมสำหรับการเข้าสู่รากจะสูงกว่า pH ที่จำเป็นสำหรับการมีชีวิตรอดของเชื้อ อิทธิพลของ pH ต่อการทำงานของปมผันแปรตามชนิดของถั่วที่เป็นพืชอาศัย ต้นถั่วที่ได้รับปุ๋ย N จะทนต่อ pH ต่ำได้ดีกว่าถั่วที่พึ่งพาอาศัย N จากกระบวนการตรึง N

จากรายงานของ France และ Munns (1982) ซึ่งอ้างโดย Foy (1984) พบว่าการที่ pH ของสารละลายดินลดลงจาก pH 5.5 เป็น 5.0 ทำให้ bean มีปมน้อยลง แต่ในช่วง pH 4.5-5.5 ไม่มีผลต่อการเจริญของปมและการตรึงไนโตนเจนของปม เชื้อแต่ละสายพันธุ์ทนต่อระดับ pH ของดินได้แตกต่างกัน และยังมีความแตกต่างกันในด้านความสามารถในการเกิดปมรากกับพืชอาศัยแต่ละชนิดที่ปลูกอีกด้วย ในการเกิดปมสำหรับถั่วพุ่มและถั่วเหลือง pH ต่ำและความเข้มข้นของ Al มีความสำคัญมากกว่าความเป็นพิษของ Mn และการขาด Ca (Keyser และ Munns, 1979)

รายละเอียดของพื้นที่ที่ใช้ศึกษา

ที่ตั้ง

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย ตั้งอยู่ที่หมู่ 7 บ้านหนองหอยเก่า ตำบลแม่แรม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ พิกัด E 481674 เมตร N 2092978 เมตร ระวาง 4746 I (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2548)

สภาพภูมิอากาศ

จากสถิติภูมิอากาศศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย เฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ.2537 - 2543 พบว่ามีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 17.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงที่สุดในเดือนเมษายน 36.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคม 12.0 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนรวม 1,416.8 มิลลิเมตร โดยปริมาณน้ำฝนสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม 253 มิลลิเมตร และต่ำที่สุดในเดือนมกราคม 1.4 มิลลิเมตร ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 86 %เดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุดคือเดือนกันยายน และเดือนตุลาคม 96 % และเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดคือเดือนมีนาคม 69% (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย เป็นที่สูง ภูเขา ลูกลื่นลอนลาด และที่ราบตามหุบเขาและแนวลำห้วย ความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 500 – 1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2548)

ระดับความสูง

พื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยส่วนใหญ่ร้อยละ 28.09 เป็นพื้นที่ที่มีความสูงระหว่าง 700 - 800 เมตร รองลงมาเป็นพื้นที่ที่มีความสูงระหว่าง 800 - 900 เมตร คิดเป็นร้อยละ 23.14 รองลงมาเป็นพื้นที่ที่มีระดับความสูง 600 – 700 เมตร คิดเป็นร้อยละ 15.81 รองลงมาเป็นพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1,000 - 1,100 เมตร คิดเป็นร้อยละ 15.16 ที่เหลือเป็นพื้นที่ที่มีระดับความสูง 900 – 1,000 เมตร, 1,100 - 1,200 เมตร และ 500 - 600 เมตร คิดเป็นร้อยละ 13.88 3.91 และ 0.01 ตามลำดับ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2548)

ความลาดชัน

แผนที่ความลาดชันได้จากการนำเส้นชั้นความสูงที่มีช่วงต่างเส้นชั้น (Interval) 20 เมตร จากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 มาสร้างเป็น TIN (Triangulated Irregular Network) เพื่อให้ได้สภาพภูมิประเทศตามพื้นที่จริง และสร้างเป็นแผนที่ความลาดชัน ซึ่งช่วงชั้นของความลาดชันได้กำหนดตามกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อให้สอดคล้องกับแผนการใช้ที่ดิน และแผนที่ดิน ที่จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดินสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยมีความลาดชันระหว่างร้อยละ 35 – 50 คิดเป็นร้อยละ 26.40 ของพื้นที่ศูนย์ รองลงมาเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันระหว่างร้อยละ 50 – 75 คิดเป็นร้อยละ 22.93 อันดับถัดมาเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันระหว่างร้อยละ 0 – 2 คิดเป็นร้อยละ 21.83 ซึ่งเป็นบริเวณที่ราบระหว่างภูเขา หรือที่ราบตามแนวลำห้วย รองลงมาเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 75 ร้อยละ 12 – 20 และ ร้อยละ 5 - 12 คิดเป็นร้อยละ 4.44และ 0.05 ตามลำดับ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2548)

ทรัพยากรแร่ธาตุและธรณีวิทยา

ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยเป็นหินอัคนี (Igneous Rock) หินชั้นและหินแปร (Sedimentary and metamorphic rocks) ได้แก่ หินทราย หินเกรแวค หินดินดาน หินเชริ์ต หินกรวดมน หินปูน กรวดทรายและทราย (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลุ่มดิน

การสำรวจและจำแนกดินได้จัดทำขึ้นโดยพรมพัฒนาที่ดิน จำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil taxonomy) ถึงระดับชุดดิน (Soil series) หรือดินคล้าย (Soil variant) และใช้ประเภท (phase) ของชุดดินหรือดินคล้าย และหน่วยแผนที่อื่นๆเป็นหน่วยของแผนที่ และได้

กำหนดชื่อชุดดินตามชื่อของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย โดยใช้ตัวย่อเป็นภาษาอังกฤษ NH ย่อมาจากคำว่า Nong Hoi (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2548)

อัตราการชะล้างพังทลายของดิน

แผนที่การชะล้างพังทลายของดินจัดทำขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน โดยใช้ปัจจัยทางด้านการใช้ที่ดิน ปริมาณน้ำฝน ความลาดชัน ซึ่งอัตราการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ในประเทศไทยเป็น 2 ตัน/ไร่/ปี การสูญเสียในระดับนี้ไม่ทำให้สมรรถนะของดินสำหรับการเกษตรเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 25 ปี สำหรับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยพบว่า ส่วนใหญ่ร้อยละ 80.05 มีอัตราการสูญเสียดิน 0 – 2 ตัน/ไร่/ปี เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่มีสภาพเป็นป่าไม้ ส่วนพื้นที่ที่มีการสูญเสียดิน มากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี คิดเป็นร้อยละ 16.45 ที่เหลือมีสัดส่วนน้อยมาก (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved