

ผลงานฉบับเต็ม

เรื่อง

การปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ปลูกผัก
ในพื้นที่โครงการหลวง

The Soil Improvement on the Royal Project's Vegetables
Planting Areas by Land Development Department

ของ

นางสุพัตรา บุตรพลวง

ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ 659

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ

ตำแหน่งเลขที่ 659

ผู้เชี่ยวชาญด้านพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตารางภาคผนวก	ซ
บทคัดย่อ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินงาน	4
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	4
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
เอกสารอ้างอิง	5
บทที่ 2 ข้อมูลทั่วไปโครงการหลวง	6
2.1 ความเป็นมาของโครงการหลวง	6
2.2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง	6
2.3 แนวทางการพัฒนา	9
2.4 วัตถุประสงค์ของการพัฒนา	10
2.5 เป้าหมายการพัฒนา	10
2.6 การดำเนินงานของโครงการหลวง	10
2.7 ผลการดำเนินงานตามแผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2550-2554)	13
เอกสารอ้างอิง	15
บทที่ 3 พืชผักโครงการหลวง	16
3.1 ชนิดพืชผักโครงการหลวง	16
3.2 มาตรฐานการผลิตผักโครงการหลวง	19
3.3 พื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง	28
3.4 ผลผลิตและมูลค่าผลผลิตพืชผักโครงการหลวง	29
เอกสารอ้างอิง	36
บทที่ 4 กรมพัฒนาที่ดินและการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง	37
4.1 ความเป็นมา	37
4.2 ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง	38
4.3 แนวคิดการพัฒนาที่ดิน	39
4.4 เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดิน	40
4.5 ดินปัญหาและแนวทางการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดิน	40
เอกสารอ้างอิง	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 การวิเคราะห์สภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไขในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง	42
5.1 การวิเคราะห์ดิน	42
5.2 ผลการวิเคราะห์	42
5.3 ปัญหาการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง	53
5.4 ดินปัญหาและแนวทางการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดิน	53
5.5 แนวทางการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง	62
เอกสารอ้างอิง	64
บทที่ 6 ทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่โครงการหลวง	66
6.1 การจัดทำฐานข้อมูลดิน ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง	66
6.2 การศึกษาสภาวะธาตุอาหารพืชกับระบบการปลูกพืช	70
6.3 การจัดทำฐานข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน	70
เอกสารอ้างอิง	71
บทที่ 7 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และโครงสร้างปัจจัยพื้นฐาน	72
7.1 การเสื่อมโทรมของดิน	72
7.2 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ	72
7.3 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานในพื้นที่ปลูกผักของ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงโดยกรมพัฒนาที่ดิน	79
7.4 โครงสร้างปัจจัยพื้นฐาน	85
7.5 ขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และโครงสร้างพื้นฐาน ในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง	86
เอกสารอ้างอิง	88
บทที่ 8 การจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง	90
8.1 ความต้องการน้ำของพืชผัก	90
8.2 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช	120
8.3 การนำแบบจำลองและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัย ความต้องการน้ำของพืช	121
8.4 การขมิ้นน้ำและอัตราการขมิ้นน้ำเข้าสู่ผิวดิน	123
8.5 วิธีการให้น้ำ	124
8.6 แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง	129
เอกสารอ้างอิง	130
บทที่ 9 การจัดการดินและธาตุอาหารพืชในดิน	132
9.1 ดินและความสำคัญของการปรับปรุงบำรุงดิน	132
9.2 สมบัติของดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก	133

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
9.3 ธาตุอาหารพืช	135
9.4 หน้าที่ของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและการผิดปกติต่าง ๆ	138
9.5 ปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อกันของธาตุอาหาร ต่อการเจริญเติบโตของพืช	142
9.6 พฤติกรรมและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน	144
9.7 ระดับธาตุอาหารในพืช	146
9.8 แผนการจัดการธาตุอาหาร	148
9.9 การประเมินเปรียบเทียบพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยเคมี	151
9.10 การคำนวณความต้องการอินทรีย์วัตถุจากปุ๋ยพืชสดของดิน	155
9.11 หลักการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ	156
9.12 การประเมินประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ย	157
9.13 การผลิตพืชและธาตุอาหารพืช	161
9.14 การตรวจสอบดินภาคสนาม	163
9.15 ชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน	163
9.16 ชุดตรวจสอบดินภาคสนามของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	163
9.17 โปรแกรมการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง	163
เอกสารอ้างอิง	164
บทที่ 10 ผลสำเร็จของการดำเนินงานด้านการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดิน	165
10.1 การจัดทำแผนที่ดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน	165
10.2 ผลการดำเนินงานก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและโครงสร้างพื้นฐาน	165
10.3 ผลการดำเนินงานปรับปรุงบำรุงดิน	168
10.4 การส่งเสริมกิจกรรมพิเศษ	174
10.5 ผลผลิตและมูลค่าผลผลิตฝัก	179
เอกสารอ้างอิง	180
บทที่ 11 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	181
11.1 ผลสำเร็จของการดำเนินงานด้านการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ปลูกฝักในพื้นที่โครงการหลวง	181
11.2 สรุปผล	183
11.3 ข้อเสนอแนะ	183
เอกสารอ้างอิง	185
ภาคผนวก	186

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	พื้นที่กลุ่มศูนย์ที่มีระดับความสูงค่อนข้างต่ำ (ระดับความสูงระหว่าง 400-800 เมตร)
2.2	พื้นที่กลุ่มศูนย์ที่มีระดับความสูงปานกลาง (ระดับความสูงระหว่าง 800-1,000 เมตร)
2.3	พื้นที่กลุ่มศูนย์ที่มีระดับความสูงค่อนข้างมาก (ระดับความสูงมากกว่า 1,000 เมตร)
3.1	ระยะเวลาของแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืชผักโครงการหลวง
3.2	เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐาน GAP และ GLOBAL-GAP
3.3	เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์
3.4	พื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง
3.5	จำนวนเกษตรกร พื้นที่ และมูลค่าผักโครงการหลวง ประจำปี 2555
3.6	จำนวนเกษตรกร พื้นที่ และมูลค่าผักโครงการหลวง ประจำปี 2556
5.1	สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติดินในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2555
5.2	ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดิน ในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง ประจำปี 2555
5.3	แหล่งที่มาและปริมาณโลหะหนักที่พบในแหล่งต่าง ๆ
5.4	ค่ามาตรฐาน และระดับเกณฑ์พื้นฐานโลหะหนักในดิน พืช แหล่งน้ำและอาหาร
7.1	ระยะทางแถวหญ้าแฝกที่ปลูกในพื้นที่ตามความลาดชัน
8.1	แสดงหน่วยของอัตราการคายระเหย และค่าที่ใช้สำหรับปรับเปลี่ยนระหว่างหน่วยความลึกของลำน้ำเป็นหน่วยปริมาตรน้ำและพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ตามลำดับ
8.2	ปริมาณความต้องการน้ำหรือศักยภาพในการคายระเหยของพืชผักแต่ละชนิดตลอดฤดูปลูก
8.3	ค่าสัดส่วนของจำนวนชั่วโมงกลางวันที่มีแสงต่อจำนวนชั่วโมงกลางวันตลอดปี
8.4	แสดงข้อมูลดัชนีภูมิอากาศที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณค่าการคายระเหยอ้างอิง (ETO) จากสมการหรือรูปแบบจำลองต่างๆที่นิยมใช้กันทั่วไป
8.5	ค่าน้ำสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในแต่ละระยะการเจริญเติบโต
8.6	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของผักแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ภายใต้สภาวะอากาศแบบต่าง ๆ
8.7	ปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของน้ำในดิน .ในช่วงความลึก 1 เมตร ในเนื้อดินประเภทต่าง ๆ
8.8	ค่าวิกฤตความชื้นในดินสำหรับปลูกผักแต่ละชนิด
8.9	ปริมาณความชื้นในดินที่พืชเริ่มเหี่ยวถาวร ปริมาณความชื้นที่ต้นสามารถดูดซับไว้ได้สูงสุด และปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช
8.10	ค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของผลผลิต ตลอดชีพจักรของพืชแต่ละชนิด
9.1	การแบ่งกลุ่มของธาตุอาหาร โดยอาศัยหน้าที่ทางชีวเคมีและทางสรีรวิทยาของพืช
9.2	ผลของปฏิสัมพันธ์ส่งเสริมกันระหว่างธาตุอาหารกับธาตุอาหาร และการจัดการต่าง ๆ กับธาตุอาหารที่เป็นการส่งเสริมหรือเกิดการเพิ่มขึ้นของผลผลิต

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
9.3	ชนิดของธาตุอาหารที่จำเป็น รูปที่พืชดูดใช้ และปริมาณที่พบได้ในพืช	147
9.4	การเปลี่ยนน้ำหนักของธาตุอาหาร N, P ₂ O ₅ และ K ₂ O ไปเป็นน้ำหนักของแม่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ที่ต้องนำมาผสม	150
9.5	แสดงน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญในพืชปุ๋ยสด	151
9.6	การประเมินธาตุไนโตรเจนในพืชปุ๋ยสดเมื่อไถกลบเป็นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยยูเรีย	153
9.7	การประเมินธาตุฟอสฟอรัสที่พืชปุ๋ยสดปล่อยสู่ดินเมื่อมีการไถกลบ พืชปุ๋ยสดและทำการเปรียบเทียบกับปริมาณปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต	153
9.8	การประเมินธาตุโพแทสเซียมในพืชปุ๋ยสดปล่อยสู่ดินเมื่อมีการไถกลบเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์	154
9.9	ประเมินมูลค่าปริมาณธาตุอาหารพืชปุ๋ยสดที่ปลดปล่อยในดิน	154
9.10	การประเมินปริมาณการใช้พืชปุ๋ยสดสามารถเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน ในพื้นที่ 1 ไร่	156
9.11	คำนิยาม การคำนวณ การแปลผลของการประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน	160
9.12	ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชของปีทูท	162
10.1	งานก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 13 ศูนย์ จำนวน 4,501 ไร่	166
10.2	งานซ่อมแซมระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เดิม จำนวน 5,000 ไร่	166
10.3	งานก่อสร้างเส้นทางลำเลียงภูเขา ระยะทาง 55.190 กิโลเมตร	167
10.4	งานซ่อมแซมเส้นทางลำเลียงภูเขา ระยะทาง 20 กิโลเมตร	167
10.5	งานก่อสร้างระบบส่งน้ำชลประทาน ระยะทาง 15 กิโลเมตร	167
10.6	งานซ่อมแซมระบบส่งน้ำชลประทาน ระยะทาง 5 กิโลเมตร	168
10.7	จำนวนเกษตรกรที่มีปัญหาดินกรด, ความต้องการปูนโดโลไมท์, ระดับอินทรีย์วัตถุ และความต้องการปุ๋ยหมักของดินในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2556	170
10.8	ระดับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินในแปลงปลูกผักเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2556	173
10.9	จำนวนเกษตรกรที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ของการวิเคราะห์โลหะหนักในดิน ในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง ประจำปี 2556	176
11.1	สรุปผลการวิเคราะห์จำนวนเกษตรกรที่ดินมีปัญหาด้านความเป็นกรดของดิน, ความต้องการปูนในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2555-2556	182
11.2	ผลการวิเคราะห์จำนวนเกษตรกรที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ค่าโลหะหนักในดิน ในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง ประจำปี 2555-2556	182

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงพื้นที่ตั้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 38 แห่ง	7
3.1	ปริมาณและมูลค่าผัก ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2555	29
7.1	อาคารชะลอแบบเกเบี้ยน	82
7.2	บ่อบำบัดน้ำขนาด 60 ลูกบาศก์เมตร	85
7.3	ระบบชลประทาน	85
7.4	เส้นทางลำเลียงภูเขา	86
8.1	งบดุลของน้ำในบริเวณรากพืช และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช	112
9.1	Mulder chart แสดงถึงสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชต่าง ๆ	143
9.2	แสดงความเหมาะสมของ pH ของดินต่อพืชชนิดต่าง ๆ	146
9.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจนกับผลผลิตพืช	158
10.1	ปริมาณและมูลค่าผักโครงการหลวง ระหว่างปี 2552 - 2556	179

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่		หน้า
1	รายละเอียดแผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะ ๕ ปี (พ.ศ. ๒๕๕๕-๒๕๕๙) ตามยุทธศาสตร์การอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ	187
2	รายละเอียดแผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะ ๕ ปี (พ.ศ. ๒๕๕๕-๒๕๕๙) ตามยุทธศาสตร์การอนุรักษ์และหน่วยงาน	188
3	เกณฑ์มาตรฐานของค่าวิเคราะห์ดิน	189
4	เกณฑ์มาตรฐานของค่าโลหะหนักในดิน	182
5	เกณฑ์มาตรฐานค่าวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยอินทรีย์ คุณภาพสูง	193
6	เกณฑ์มาตรฐานค่าวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลว	194

บทคัดย่อ

มูลนิธิโครงการหลวงมุ่งเน้นการพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ของชาวเขา โดยส่งเสริมการปลูกผักชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่นั้น ๆ เป็นกิจกรรมหลักที่สร้างรายได้ที่มั่นคงและต่อเนื่องให้แก่เกษตรกรชาวเขา ภายใต้มาตรฐานคุณภาพผลผลิตผักในระบบ GAP GLOBAL-G.A.P. และ Organic โดยใช้ทรัพยากรดินเป็นปัจจัยหลักในการผลิตผัก จากรายงานผลการปฏิบัติงานพัฒนาและส่งเสริมผัก ปี 2555 ของมูลนิธิโครงการหลวงพบว่าผลิตผักมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2554 และ 2555 ที่มีผลผลิตผักทั้งหมด 11,559 และ 11,065 ตันต่อปี ทำให้รายได้ของเกษตรกรภายใต้มูลนิธิโครงการหลวงลดลง 15 ล้านบาทต่อปี เนื่องจากมีปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ ดังนั้นศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง กรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่ในเขตพื้นที่สูง และรองรับงานของมูลนิธิโครงการหลวงทั้ง 38 ศูนย์ จึงมีความจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน ในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง โดยการใช้เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อเพิ่มศักยภาพของดินในการผลิตผัก โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อรวบรวมผลสำเร็จ ประมวลแนวคิด และข้อเสนอแนะตลอดจนเป็นต้นแบบและแนวทางการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวง เพื่อการปลูกผักอย่างยั่งยืน โดยดำเนินการในปีงบประมาณ ตุลาคม 2555 - กันยายน 2556

ผลการวิเคราะห์สภาพปัญหาของดินปี 2555 ในแปลงปลูกผักของเกษตรกรในพื้นที่โครงการหลวง จำนวน 444 ราย จากพื้นที่ศูนย์ฯ 35 ศูนย์ฯ โดยการวิเคราะห์สมบัติดิน และธาตุโลหะหนัก และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการผลิตผัก แล้วสังเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาแนวทางและทำการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินให้สอดคล้องกับมาตรฐานการผลิตผักของโครงการหลวงทั้ง 3 มาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ปัญหาดินเสื่อมโทรมของเกษตรกรในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง ได้แก่ ปัญหาดินกรด (เกษตรกร 84.85 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ 28 ศูนย์ฯ) ปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน (เกษตรกร 53.57 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ 27 ศูนย์ฯ) ปัญหาความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชในดิน และปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก ผลสำเร็จของการดำเนินงานสามารถสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานได้สำเร็จตามเป้าหมาย แก้ไขปัญหาสภาพดินเป็นกรด ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่อยู่ในระดับต่ำลดลง และปัญหาโลหะหนักตกค้างในดิน ปี 2556 ลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2555 ถึง 19.46, 0.63, 15.31, 1.77 และ 11.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่งผลให้โครงการหลวงมีปริมาณผลผลิตพืชผักในปี 2556 เพิ่มขึ้นจากปี 2555 ถึง 16.96 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นมูลค่า 30.95 ล้านบาท

นอกจากนี้ยังผลสำเร็จที่ได้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยเป็นแนวทางในการวางแผนการปลูกและการจัดการพืชอื่น ตลอดจนสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อกำหนดเป็นแผนงานและแผนปฏิบัติการอย่างเป็นขั้นเป็นตอนอย่างมีระบบ เพื่อการปรับปรุงบำรุงดินในการปลูกผักอย่างยั่งยืนในพื้นที่โครงการหลวงและพื้นที่อื่น ๆ ได้จากการรวบรวมข้อมูล องค์ความรู้จากสาขาที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง เช่น การจัดการธาตุอาหารในดิน การจัดการน้ำ และรูปแบบวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้กล่าวไว้ในเอกสารวิชาการเล่มนี้

คำสำคัญ: การปรับปรุงบำรุงดิน, แปลงผักโครงการหลวง, กรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันศูนย์พัฒนาโครงการหลวงมีทั้งหมด จำนวน 38 ศูนย์ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 5 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดพะเยา จังหวัดลำพูนและจังหวัดแม่ฮ่องสอน จำนวน 23 อำเภอ 476 กลุ่มบ้าน 36,460 ครัวเรือน พื้นที่ 2,919 ตารางกิโลเมตร และประชากร 166,911 คน พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเกินกว่า 800 เมตร มีสภาพเป็นพื้นที่ในหุบเขาหรือพื้นที่ป่าสงวน จึงต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิดไม่ให้เกิดการชะล้างพังทลายของผิวดินและเกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแต่ละแห่งมีสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันไป ทั้งสภาพแวดล้อมและปัญหาประชากรที่อยู่อาศัย ซึ่งสภาพดังกล่าวก่อให้เกิดความได้เปรียบเสียเปรียบหลายประการแตกต่างกันไป

นโยบายและแนวทางการดำเนินงานของมูลนิธิโครงการหลวงซึ่งถือปฏิบัติตามพระราชปณิธานดั้งเดิมตามเบื้องพระยุคลบาทมาโดยตลอด กล่าวคือให้ความสำคัญกับความอยู่ดีกินดีของผู้ที่อยู่บนที่สูงโดยมิให้ตัดไม้ทำลายป่าและปลูกพืชเสพติด แต่ให้มีการปลูกพืชและกิจกรรมอื่น ๆ ที่จะทำให้อัตลักษณ์ความเป็นอยู่ดีขึ้น ดังนั้นงานผลิตของมูลนิธิโครงการหลวงจึงควรมีประสิทธิภาพ มีคุณภาพ มีความปลอดภัยและมีชื่อเสียงเป็นที่ต้องการของตลาด จากนโยบายดังกล่าวการกำหนดแนวทางการดำเนินงานจึงเป็นการดำเนินงานตามความต้องการของตลาด การแก้ไขปัญหาและพัฒนาทางด้านการผลิต การปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตให้มีความเหมาะสมและปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อม ดำเนินงานอยู่บนฐานของภูมิปัญญา วัฒนธรรม ที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการดำเนินงานเพื่อพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ ทั้งชนิดใหม่ สายพันธุ์ใหม่ และนวัตกรรมใหม่ที่มีศักยภาพและความเป็นไปได้ที่จะสามารถปรับใช้ได้เหมาะสมได้ผลคุ้มค่าให้กับชุมชนบนที่สูง รวมถึงให้ความสำคัญงานด้านการอนุรักษ์ฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ ดิน น้ำ และป่าไม้ การมีส่วนร่วมของชุมชนกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ สร้างความเข้มแข็งของชุมชนให้มีความเป็นอยู่อย่างพอเพียงตามสภาวะของแต่ละชุมชน ตลอดจนการจัดทำฐานข้อมูลการจัดการความรู้เพื่อการบริหารจัดการองค์กรแบบบูรณาการซึ่งถือเป็นกิจกรรมการดำเนินงานครบวงจรเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้สู่การพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน

มูลนิธิโครงการหลวงได้มุ่งเน้นการพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ของชาวเขา ลดการปลูกฝิ่น และฟื้นฟูป่าต้นน้ำลำธาร พร้อมทั้งส่งเสริมการปลูกผักชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่หนาวเย็นได้ ซึ่งการส่งเสริมปลูกพืชผักเป็นหนึ่งในกิจกรรมหลักที่สามารถสร้างรายได้ที่มั่นคงให้แก่เกษตรกรชาวเขาได้อย่างกว้างขวางและต่อเนื่องซึ่งในปัจจุบันมูลนิธิโครงการหลวงได้มีการพัฒนาระบบการผลิตภายใต้ระบบการรับรองมาตรฐานคุณภาพผลผลิตในระบบ GAP GLOBAL-G.A.P. และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งถือว่าเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการทำเกษตรที่ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสร้างผลผลิตที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภครวมทั้งสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภคเป็นอย่างมาก แต่ภายในปี 2558 จะมีการเปิดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asean Economics Community, AEC) ที่มุ่งให้เกิดการรวมตัวกันทางเศรษฐกิจ และอำนวยความสะดวกในการติดต่อค้าขายระหว่างกัน อันจะทำให้ภูมิภาคมีความเจริญมั่งคั่ง และสามารถแข่งขันกับภูมิภาคอื่นๆ ได้ เพื่อความอยู่ดีกินดีของประชาชนในประเทศอาเซียน (งานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง, 2555) นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงชุมชนทั่วโลก ภายใต้กระแสการพัฒนาของโลก ชุมชนบนโลกไม่ได้โดดเดี่ยวในพื้นที่ห่างไกลอีกต่อไป แต่กำลังถูกเปลี่ยนสถานภาพเป็นชุมชนหนึ่งของภูมิภาคและของโลก ทำให้ได้รับผลกระทบจากกระแสเศรษฐกิจโลกและเงื่อนไขทางการค้าการลงทุนต่างๆ ตลอดจนภาวะโลกร้อนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งทุกชุมชนบนโลกต้องปรับตัวโดยกำหนดยุทธศาสตร์ และแนวทางการพัฒนาด้านเองให้สามารถพึ่งพาตนเองได้และยืนหยัดอยู่บนเวทีโลก

อย่างรู้เท่าทันและมีศักดิ์ศรี ซึ่งยุทธศาสตร์การพัฒนาชุมชนบนพื้นที่สูงภายใต้บริบทของสังคมไทยและในบริบทของโลก จำเป็นต้องใช้กลยุทธ์การพัฒนามาหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและทฤษฎีใหม่ มุ่งเสริมสร้างกระบวนการมีส่วนร่วม ความเอื้ออาทรตามวิถีไทย ตลอดจนการบูรณาการทุนความรู้วัฒนธรรม ทรัพยากรและทรัพยากรที่มีอยู่ในชุมชนเข้าด้วยกัน รวมทั้งการรวมกลุ่ม เพื่อการผลิตและการตลาดตลอดจนเพื่อให้เกิดพลังสำหรับการปรับตัวให้อยู่บนวิถีโลกได้อย่างรู้เท่าทัน (พิทยา, 2552)

สำหรับผลกระทบที่มีต่อประเทศไทย มีทั้งด้านบวกและลบ โดยเฉพาะผลกระทบที่มีต่อภาคเศรษฐกิจและการแข่งขันทางการค้าของไทย ซึ่งมูลนิธิโครงการหลวงมีรายได้หลักจากการผลิตผัก ดังนั้นการผลิตผักของมูลนิธิโครงการหลวงจึงได้รับผลกระทบในด้านการผลิตพืชผักออกสู่ตลาด อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จากรายงานผลการปฏิบัติงานพัฒนาและส่งเสริมผัก ปี 2555 และแผนปฏิบัติงานปี 2556 ของมูลนิธิโครงการหลวงรายงานว่ามูลนิธิโครงการหลวงได้ผลิตผักในปี พ.ศ. 2554 และ 2555 มีผลผลิตผักทั้งหมด 11,065 และ 11,559 ตันต่อปี คิดเป็นรายได้มูลค่า 249 และ 234 ล้านบาทต่อปี ตามลำดับ และมีปัญหาเรื่องดินเสื่อมคุณภาพ (งานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง, 2555) แสดงให้เห็นว่ามูลนิธิโครงการหลวงใช้ทรัพยากรดินเป็นปัจจัยหลักในกระบวนการผลิตผัก ซึ่งผลผลิตผักของมูลนิธิโครงการหลวงมีปริมาณและคุณภาพลดลง พร้อมกับการเสื่อมลงของคุณภาพดินจากผลวิเคราะห์ดินในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวงของศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ปี พ.ศ. 2554-2555 พื้นที่ปลูกผักส่วนใหญ่สภาพดินมีความเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.6 และมีแนวโน้มเป็นกรดมากขึ้น ถึงแม้จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก และในขณะเดียวกันก็มีการใช้รูปแบบที่ดินในการทำเกษตรเพื่อผลิตผักที่เข้มข้นขึ้นอีกด้วย ดังนั้นปริมาณและผลผลิตผักของโครงการหลวงจึงขึ้นอยู่กับผลผลิตภาพของดิน (Soil productivity) ซึ่งเป็นการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ

การแก้ไขปัญหาและฟื้นฟูทรัพยากรดินในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวงอย่างถูกต้องและเหมาะสม รวมทั้งแนวทางที่เหมาะสมในการจัดระบบการปลูกพืชผักในพื้นที่ของโครงการหลวงซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่สูงและลาดชัน ต้องบูรณาการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ คำนึงถึงการดูแลและรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ดิน น้ำ และป่าไม้เป็นสำคัญ และการปลูกผักของโครงการหลวง ซึ่งเป็นการทำการเกษตรบนพื้นที่สูงจำเป็นต้องมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ตลอดจนโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานที่ถูกต้องมีประสิทธิภาพและเกษตรกรรมบนพื้นที่สูงต้องใช้พื้นที่ดินเดิมในการผลิตพืชชนิดต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

กรมพัฒนาที่ดินจึงได้บูรณาการข้อมูลทรัพยากรดินและการจัดการธาตุอาหารพืชโดยจำแนกดินในพื้นที่โครงการหลวงออกเป็นชุดดินต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของดินนั้นจะมีค่าเป็นช่วงหรือเป็นค่าในเชิงคุณภาพทำให้ดินในชุดเดียวกันก็มีความแตกต่างกันได้และหลังจากที่เกษตรกรได้ใช้ดินในการเกษตรกรรมก็ได้มีการจัดการดินในลักษณะที่แตกต่างกันไปยิ่งส่งผลให้ดินในแต่ละบริเวณมีความแตกต่างกันมากยิ่งขึ้นไปอีกการจะจำแนกดินให้มีความจำเพาะในทุกๆแปลงนั้นเป็นไปได้เพราะสมบัติของดินมีความแปรปรวนได้ง่าย โดยสมบัติดินในรายละเอียดชุดดินเดียวกันจะมีความแตกต่างกันในแต่ละบริเวณแต่สมบัติดินหลาย ๆ ประการเป็นสมบัติที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ยากขณะเดียวกันมีสมบัติดินบางประการที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายได้แก่ ความเป็นกรดของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชผักอย่างชัดเจนสมบัติด้านธาตุอาหารพืชในดิน คือไนโตรเจนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้มากจึงหมดไปจากดินได้มากหากไม่มีการเพิ่มเติมให้กับดินในรูปของปุ๋ยสำหรับสมบัติทางด้านกายภาพของดินได้แก่ โครงสร้างของดิน และความหนาแน่นของดินที่มีผลต่อความพรุนที่มีการถ่ายเทอากาศและน้ำของดินได้ดี (Aeration porosity or Air capacity) ซึ่งจะเกี่ยวพันถึงการหมดไปของอินทรีย์วัตถุในดินดินในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นจะมีการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุอย่างรวดเร็วหากในการจัดการดินไม่มีการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุให้กับดินจะทำให้ดินแน่นทึบ ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารจะลดลงเนื่องจากรากพืชไม่สามารถแผ่กระจายได้เท่าที่ควรเป็นเหตุให้ปุ๋ยต่าง ๆ ที่ใส่ให้กับพืชดูเสมือนไม่ได้ผลโดยสมบัติ

ที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายเหล่านี้มักเกิดในดินชั้นบนโดยเฉพาะบริเวณหน้าดินซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ปลูกผักโครงการหลวง โดยส่วนที่เป็นรากพืชจะแผ่กระจายดูดธาตุอาหารขึ้นไปเพื่อการเจริญเติบโตของพืชฉะนั้นหากดินในชุดเดียวกัน แต่มีการจัดการที่แตกต่างกันก็จะทำให้มีต้นทุนธาตุอาหารคงเหลือในดินที่แตกต่างกันไปด้วย ฉะนั้นการปรับปรุงบำรุงดินในแปลงผักโครงการหลวงให้อยู่ในสภาพที่มีธาตุอาหารพืช และธาตุอาหารในรูปปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดนั้นจึงมุ่งเน้นที่จะกำหนดแนวทางการจัดการให้เจาะจงตามข้อมูลดินพืชและภูมิอากาศ ณ แล่งนั้นๆเป็นสำคัญซึ่งจำเป็นต้องมีค่าวิเคราะห์ดินทั้งทางเคมีและทางกายภาพที่เจาะจงเฉพาะพื้นที่หรือรายแปลงเป็นหลัก

นอกจากการจัดการดินแล้วยังต้องจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงการใช้น้ำอย่างถูกต้องประหยัดและมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นเนื่องจากปัจจุบันทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่มีค่าและมีปริมาณจำกัดมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะบนพื้นที่สูง เพราะต้นทุนในการผลิตน้ำชลประทานที่มีคุณภาพมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ และปริมาณน้ำฝนตามธรรมชาติที่ไม่แน่นอนเนื่องจากผลกระทบจากภาวะโลกร้อน โดยต้องจัดสรรทรัพยากรน้ำให้เพียงพอแต่การเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด ในแต่ละฤดูกาลเพาะปลูกซึ่งโดยทั่วไปหากไม่คำนึงถึงปริมาณน้ำและวิธีการให้น้ำที่ถูกต้องและเหมาะสมกับความต้องการน้ำของพืชในช่วงอายุการเจริญเติบโตต่างๆ ของพืชและชนิดของดินที่ใช้ปลูกพืชนั้น ๆ อาจทำให้สูญเสียน้ำจำนวนมากโดยเปล่าประโยชน์เป็นการสูญเสียประสิทธิภาพการให้น้ำและการใช้น้ำ ตลอดจนเกิดการชะล้างธาตุอาหารเลयरากพืชลึกลงไปในดินชั้นล่างหรือไหลไปกับน้ำไหลบ่าบนผิวดิน และในทางกลับกันหากให้น้ำแก่พืชในปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำของพืชหรือการใช้น้ำของพืช จะทำให้ศักยภาพในการให้ผลผลิตของดินและพืชลดต่ำกว่าปกติเช่นเดียวกัน

ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่ในเขตพื้นที่สูง และรองรับงานของมูลนิธิโครงการหลวงด้านการก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ก่อสร้างระบบส่งน้ำชลประทาน ก่อสร้างเส้นทางลำเลียงภูเขาบริการเมล็ดพันธุ์พืชปศุสัตว์ การปรับปรุงบำรุงดินและหญ้าแฝกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ วิจัยพัฒนา สาธิต ทดสอบการใช้อินทรีย์วัตถุเพื่อผลผลิตปลอดภัย และลดต้นทุนการผลิตของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทั้ง 38 ศูนย์ฯ เพื่อให้เกษตรกรรู้จักใช้ทรัพยากรที่ดินบนพื้นที่สูงได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดอันเป็นพื้นฐานของผลการปฏิบัติงานของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง รวมทั้งกิจกรรมพิเศษต่าง ๆ

ดังนั้นศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง จึงมีความจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาการเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง โดยการใช้เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินในการปรับปรุงดินให้มีสภาพที่เหมาะสมกับพืชผัก ซึ่งเป็นการจัดการธาตุอาหารพืชในดิน และจัดสรรทรัพยากรน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของพืชผักแต่ละชนิดในแต่ละฤดูกาลเพาะปลูกตลอดจนลดต้นทุนการผลิตผักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดการใช้ทรัพยากรดินและน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อเพิ่มผลผลิตภาพของดิน (Soil productivity) ในการผลิตผักและสร้างระบบการผลิตผักโครงการหลวง มีคุณภาพ และมั่นคง ตลอดจนเกิดความยั่งยืนในพื้นที่ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

การศึกษาการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง โดยกรมพัฒนาที่ดินครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1.2.1 เพื่อรวบรวมผลสำเร็จการดำเนินงานด้านการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวง

1.2.2 เพื่อประมวล แนวคิด และข้อเสนอแนะ ด้านการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อการปลูกผักอย่างยั่งยืน

1.2.3 เพื่อเป็นต้นแบบและแนวทางการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อการปลูกผักอย่างยั่งยืน

1.3 ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินงาน

ดำเนินการในปีงบประมาณ เดือนตุลาคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2556 โดยศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดิน โครงการหลวง สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 ตำบลดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

การศึกษาวิจัยผลสำเร็จของการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวง ครั้งนี้ได้มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานกล่าวโดยสังเขปทั้งหมด 4 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.4.1 ดำเนินการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและผลการดำเนินงานด้านการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวง และข้อมูลวิชาการที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ดำเนินการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลผลการดำเนินงานด้านการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวงและงานวิชาการที่เกี่ยวข้องแยกออกเป็นหมวดหมู่

1.4.3 เขียนรายงานโดยรวบรวมอย่างเป็นระบบและจัดแบ่งเนื้อหาออกเป็นหัวข้อให้แต่ละหัวข้อมีเนื้อหาสาระที่มีความเกี่ยวข้องกันเพื่อสะดวกต่อการค้นคว้าและทำความเข้าใจตามลำดับก่อนหลังของวิธีการเขียนเอกสารทางวิชาการ

1.4.4 จัดทำรายงานเอกสารทางวิชาการของศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่ได้จากการศึกษาการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง โดยกรมพัฒนาที่ดินครั้งนี้คาดว่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยเป็นแนวทางในการวางแผนและปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงและพื้นที่อื่น ๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชอันเป็นการเพิ่มผลผลิตภาพของดินอย่างมีนัยสำคัญ ดังต่อไปนี้

1.5.1 ได้ทราบข้อมูลและผลสำเร็จของการดำเนินงานด้านการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวง

1.5.2 ได้รูปแบบและแนวทางการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อการปลูกผักอย่างยั่งยืน

1.5.3 สามารถเข้าไปศึกษาดูงานในพื้นที่จริงที่มีผลสำเร็จจากการดำเนินงานด้านการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวง

1.5.4 สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อกำหนดเป็นแผนงานและแผนปฏิบัติอย่างเป็นขั้นเป็นตอนอย่างมีระบบเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินในการปลูกผักอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

งานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง. 2555. ผลการปฏิบัติงานพัฒนาและส่งเสริมผักปี 2555 และแผนปฏิบัติงานปี 2556. เชียงใหม่: มูลนิธิโครงการหลวง. น. 260-261.

พิทยา สรวมศิริ. 2552. ชุมชนวิถีโลก ข้อเสนอแนะแนวทางสร้างภูมิคุ้มกันให้กับชุมชนบนพื้นที่สูงภายใต้กระแสพัฒนาเศรษฐกิจโลก ใน รายงานผลการวิจัยเชิงบูรณาการเชื่อมโยงมิติเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อม ภายใต้ความร่วมมือไทย-เยอรมัน (NRCT-DFG) โครงการวิจัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการพัฒนาชนบทบนพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนในภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้. เชียงใหม่: วนิตการพิมพ์. 112 น.

บทที่ 2

ข้อมูลทั่วไปโครงการหลวง

ในการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดิน โดยกรมพัฒนาที่ดินนั้น จะต้องทราบความเป็นมาของสภาพพื้นที่เป้าหมายแนวทางการดำเนินงาน ขอบข่ายการทำงานของโครงการหลวงก่อน เพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงาน ทำให้การดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมายและมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงได้รวบรวมข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง โดยมีหัวข้อประกอบด้วย 2.1) ความเป็นมาของโครงการหลวง 2.2) สภาพทั่วไปของพื้นที่โครงการหลวง 2.3) แนวทางการพัฒนา 2.4) วัตถุประสงค์ของการพัฒนา 2.5) เป้าหมายของการพัฒนา 2.6) ผลการดำเนินงานตามแผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2550-2554) และแผนแม่บทงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ระยะที่ 4 (พ.ศ. 2555-2559) โดยหัวข้อทั้งหมดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ความเป็นมาของโครงการหลวง

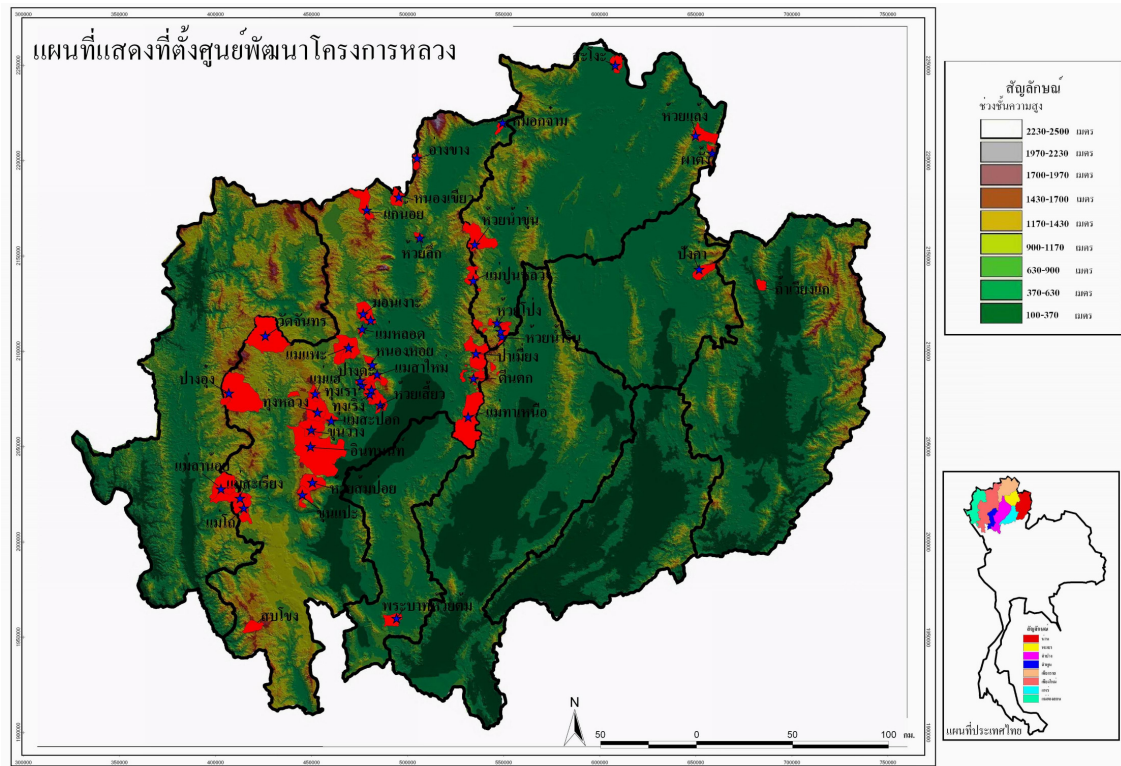
เมื่อปีพุทธศักราช 2512 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จพระราชดำเนินไปทอดพระเนตรชีวิตของชาวเขาที่บ้านดอยปู่ไถ่พระตำหนักภูพิงคราชนิเวศน์ จึงทรงทราบว่าชาวเขาปลูกฝิ่นแต่ยากจน รับสั่งถามว่า นอกจากปลูกฝิ่นแล้ว เขามีรายได้จากพืชชนิดอื่นอีกหรือไม่หรือเปล่า ทำให้ทรงทราบว่า นอกจากฝิ่นแล้ว เขายังเก็บท้อพื้นเมืองขาย แม้ว่าลูกจะเล็กก็ตามแต่ก็ยังได้เงินเท่า ๆ กัน โดยที่ทรงทราบว่า สถานีทดลองดอยปู่ไถ่ ซึ่งเป็นสถานีทดลองไม้ผลเขตร้อนของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้นำกิ่งพันธุ์ท้อลูกใหญ่มาต่อกับต้นตอท้อพื้นเมือง และยังได้ค้นคว้าหาพันธุ์ท้อที่เหมาะสมสำหรับบ้านเรา เพื่อให้ได้ท้อผลใหญ่ หวานฉ่ำ ที่ทำรายได้สูงไม่แพ้ฝิ่น โดยพระราชทานเงินจำนวน 200,000 บาท ให้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับจัดหาที่ดินเพื่อดำเนินงานวิจัยไม้ผลเขตร้อนเพิ่มเติมจากสถานีวิจัยดอยปู่ไถ่ซึ่งมีพื้นที่คับแคบ ซึ่งเรียกพื้นที่นี้ว่า สวนสองแสน ต่อมาทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ตั้งโครงการหลวงขึ้น โดยเมื่อ พ.ศ. 2512 เริ่มต้นโครงการหลวงเป็นโครงการส่วนพระองค์ ในระยะแรกมีชื่อเรียกว่า “โครงการหลวงพระบรมราชานุเคราะห์ชาวเขา” ต่อมา พ.ศ. 2534 ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ เปลี่ยนแปลงสถานภาพโครงการหลวง โดยตั้งเป็นมูลนิธิโครงการหลวง เพื่อเป็นองค์กรสาธารณประโยชน์ ที่ถาวรในการดำเนินการต่อเนื่องจากโครงการหลวง โดยมีพระราชประสงค์เพื่อช่วยเหลือราษฎรชาวไทยภูเขา ในท้องถิ่นทุรกันดารและยากจนโดยให้ปรับเปลี่ยนจากการดำรงชีวิตด้วยการทำไร่เลื่อนลอยมาปลูกพืชเศรษฐกิจ เพื่อสร้างรายได้ทดแทน และอยู่ร่วมกับสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนโดยมีหม่อมเจ้าภีศเดช รัชนี เป็นผู้รับสนองพระบรมราชโองการในตำแหน่งผู้อำนวยการ และได้พระราชทานพระราชทรัพย์ส่วนพระองค์ร่วมกับเงินที่มีผู้ทูลเกล้าฯ ถวาย สำหรับเป็นงบประมาณดำเนินงานต่าง ๆ ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง

2.2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปัจจุบันมีทั้งหมด จำนวน 38 ศูนย์ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 5 จังหวัดภาคเหนือตอนบน (ภาพภาคผนวกที่ 1) ประกอบด้วย 21 อำเภอ 476 กลุ่มบ้าน 36,560 ครัวเรือน และประชากร 166,911 คน ดังแสดงที่ตั้งไว้ในภาพที่ 2.1 พื้นที่ส่วนใหญ่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอยู่ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเกินกว่า 800 เมตร มีสภาพเป็นพื้นที่ในหุบเขาหรือพื้นที่ตามเชิงเขาที่มีความลาดชันอยู่ในท้องถิ่นทุรกันดารที่ห่างไกลจากชุมชนทั่วไป ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าสงวนจึงต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิด ไม่ให้เกิดการชะล้างพังทลายของผิวดินที่ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแต่ละแห่งมีสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันไป ทั้ง

สภาพแวดล้อมปัญหาประชากร และที่อยู่อาศัย ซึ่งสภาพดังกล่าวก่อให้เกิดความได้เปรียบเสียเปรียบหลายประการแตกต่างกันไป

ภาพที่ 2.1 พื้นที่ตั้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 38 แห่ง



ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556)

เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการปฏิบัติงานจึงแบ่งกลุ่มพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงออกเป็น 3 กลุ่มตามระดับความสูง ดังนี้

2.2.1. พื้นที่กลุ่มศูนย์ที่มีระดับความสูงค่อนข้างต่ำ (ระดับความสูงระหว่าง 400–800 เมตร)

พื้นที่ศูนย์ในกลุ่มนี้ มีสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่บริเวณเชิงเขาและไหล่เขา มีพื้นที่ราบอยู่ระหว่างหุบเขา บางส่วนเป็นเนินเตี้ย ๆ สภาพอากาศค่อนข้างร้อน โดยเฉพาะฤดูหนาวและฤดูร้อนจะแห้งแล้งกว่าพื้นที่อื่น ๆ อุณหภูมิเฉลี่ย 23.6 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยประมาณ 1,481 มิลลิเมตร สภาพพื้นที่ป่าไม้หลายแห่งเป็นพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมเนื่องจากถูกตัดนำมาทำเป็นฟืนและแปรรูปไม้ก่อนโครงการหลวงเข้าดำเนินการยกเว้นพื้นที่บริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก ที่มีพื้นที่ป่าค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ เกษตรกรในกลุ่มศูนย์นี้ส่วนใหญ่เป็นชาวเขาเผ่ากระเหรี่ยง ม้ง มูเซอ ละว้า คนเมืองและจีนฮ่อ มีการปลูกข้าวไร่เพื่อยังชีพ รายได้ทางการเกษตรมาจากไม้ผล ได้แก่ ลิ้นจี่ ลำไยมะม่วง ส้มโอ พลับ ฯลฯ ไม้ดอก ได้แก่ ดอกหน้าวัว เบญจมาศ แกลดิโอลัส พืชผัก ได้แก่ ผักกาดหอมหัว ผักกาดขาวปลี แตงกวาญี่ปุ่นฯ พืชไร่ ได้แก่ ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ส่วนการเลี้ยงสัตว์เลี้ยงเพื่อบริโภคในครัวเรือนและเป็นรายได้เสริม นอกจากนี้เกษตรกรยังมีรายได้ทางอื่น เช่น รับจ้างและหัตถกรรมต่าง ๆ โดยมีพื้นที่ศูนย์ทั้งหมด 14 แห่ง ตั้งอยู่ในพื้นที่ 12 อำเภอ 4 จังหวัดดังแสดงไว้ในตารางที่

2.1

2.2.2. พื้นที่กลุ่มศูนย์ที่มีระดับความสูงปานกลาง (ระดับความสูงระหว่าง 800-1,000 เมตร)

พื้นที่ศูนย์กลุ่มนี้มีทั้งหมด 8 แห่ง ตั้งอยู่ในพื้นที่ 8 อำเภอ 3 จังหวัด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2 เกษตรกรในกลุ่มศูนย์นี้ส่วนใหญ่เป็นชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ลัวะ และคนเมือง ซึ่งยังนิยมการปลูกพืชแบบไร่หมุนเวียน ทำให้มีพื้นที่ถือครองค่อนข้างมาก บางพื้นที่เป็นแหล่งปลูกชาพื้นเมือง รายได้ทางการเกษตรมาจากพืชผัก ได้แก่ พริก หวาน บล๊อกโคลี่ และมะเขือเทศ เป็นต้น ส่วนไม้ผล ได้แก่ อโวคาโด มะม่วง บัวและพลับ เป็นต้นและไม้ดอก ได้แก่ ลิ้นจี่ สลิลลิ้น เพ็ญหนึ่งและเบญจมาศ เป็นต้น

พื้นที่ศูนย์ในกลุ่มนี้เป็นพื้นที่ภูเขาหรือหุบเขาสลับซับซ้อน มีความสูงชัน พื้นที่เพาะปลูกเป็นที่ราบระหว่างเขาตามแนวลำห้วยหรือพื้นที่ตามไหล่เขา บางแห่งมีพื้นที่ลอนลาดเป็นคลื่น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีความเป็นกรดเล็กน้อย ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยประมาณ 1,230 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 22.7 องศาเซลเซียส

2.2.3. พื้นที่กลุ่มศูนย์ที่มีระดับความสูงค่อนข้างมาก (ระดับความสูงเกิน 1,000 เมตร)

พื้นที่ศูนย์กลุ่มที่ 3 นี้มีทั้งหมด 16 แห่ง ตั้งอยู่ในพื้นที่ 8 อำเภอ 3 จังหวัด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาหรือหุบเขาสลับซับซ้อน มีความสูงล้อมรอบด้วยพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่บางแห่งเป็นที่ลาดชันเชิงซ้อน (Slope complex) พื้นที่เพาะปลูกเป็นพื้นที่ราบระหว่างหุบเขาตามแนวลำห้วยหรือพื้นที่ตามไหล่เขา บางแห่งมีพื้นที่ลอนลาดเป็นคลื่น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีความเป็นกรดเล็กน้อย ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยประมาณ 1,519 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 19.7 องศาเซลเซียส

เกษตรกรในกลุ่มของศูนย์นี้ส่วนใหญ่เป็นชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ม้ง มูเซอและจีนฮ่อ เน้นการปลูกพืชเพื่อยังชีพไว้บริโภค เช่น ข้าว และข้าวไร่ เป็นต้น รายได้ทางการเกษตรที่สำคัญมาจากไม้ผลเมืองหนาว เช่น บัวสาส์ พลับ พลัมและพืช เป็นต้น ซึ่งปลูกบนพื้นที่ลาดชันหรือตามไหล่เขาและปลูกพืชล้มลุก เช่น พืชผัก ไม้ตัดดอก ในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยหรือใกล้แหล่งน้ำ ส่วนพื้นที่ในหุบเขาเป็นพื้นที่นา โดยเฉพาะหมู่บ้านกะเหรี่ยง เนื่องจากมีข้อจำกัดของพื้นที่ การเลี้ยงสัตว์จึงเป็นการเลี้ยงเพื่อบริโภคและเป็นรายได้เสริม

ตารางที่ 2.1 พื้นที่กลุ่มศูนย์ที่มีระดับความสูงค่อนข้างต่ำ (ระดับความสูงระหว่าง 400-800 เมตร)

ลำดับที่	พื้นที่ศูนย์/สถานีโครงการหลวง	อำเภอ	จังหวัด
1.	สะโงะ	เชียงแสน	เชียงราย
2.	หมอกจ๋าม	แม่ฮ่าย	เชียงใหม่
3.	พระบาทห้วยต้ม	ลี้	ลำพูน
4.	แม่ทาเหนือ	แม่ออน	เชียงใหม่
5.	ห้วยลี้	เชียงดาว	เชียงใหม่
6.	แม่สะป๊อก	แม่วาง	เชียงใหม่
7.	ทุ่งเร้ง	หางดง	เชียงใหม่
8.	ห้วยเสี้ยว	หางดง	เชียงใหม่
9.	ปึงค่า	ปง	พะเยา
10.	แม่หลอด	แม่แตง	เชียงใหม่
11.	ดืงตัก	แม่ออน	เชียงใหม่
12.	ทุ่งเรา	สะเมิง	เชียงใหม่
13.	หนองเขียว	เชียงดาว	เชียงใหม่
14.	ห้วยโป่ง	เวียงป่าเป้า	เชียงราย
รวม	14 แห่ง	12 อำเภอ	4 จังหวัด

ที่มา: มูลนิธิโครงการหลวง (2557)

ตารางที่ 2.2 พื้นที่กลุ่มศูนย์ที่มีระดับความสูงปานกลาง (ระดับความสูงระหว่าง 800-1,000 เมตร)

ลำดับที่	พื้นที่ศูนย์/สถานีโครงการหลวง	อำเภอ	จังหวัด
1.	ป่าเมี่ยง	ดอยสะเก็ด	เชียงใหม่
2.	แม่สาใหม่	แม่ริม	เชียงใหม่
3.	วัดจันทร์	กัลยาณิวัฒนา	เชียงใหม่
4.	ปางตะ	สะเมิง	เชียงใหม่
5.	ทุ่งหลวง	แม่วาง	เชียงใหม่
6.	ห้วยน้ำริน	เวียงป่าเป้า	เชียงราย
7.	ห้วยแล้ง	เวียงแก่น	เชียงราย
8.	แม่สะเรียง	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน

ที่มา: มูลนิธิโครงการหลวง (2557)

ตารางที่ 2.3 พื้นที่กลุ่มศูนย์ที่มีระดับความสูงค่อนข้างมาก (ระดับความสูงมากกว่า 1,000 เมตร)

ลำดับที่	พื้นที่ศูนย์/สถานีโครงการหลวง	อำเภอ	จังหวัด
1.	แม่ลาน้อย	แม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน
2.	ห้วยน้ำขุ่น	แม่สรวย	เชียงราย
3.	แม่ปุนหลวง	เวียงป่าเป้า	เชียงราย
4.	ผาตั้ง	เวียงแก่น	เชียงราย
5.	อินทนนท์	จอมทอง	เชียงใหม่
6.	ม่อนเงาะ	แม่แตง	เชียงใหม่
7.	ปางอุ๋ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่
8.	อ่าางช้าง	ฝาง	เชียงใหม่
9.	ห้วยส้มป่อย	จอมทอง	เชียงใหม่
10.	ขุนวาง	แม่วาง	เชียงใหม่
11.	แม่แอ	แม่แจ่ม	เชียงใหม่
12.	หนองหอย	แม่ริม	เชียงใหม่
13.	แม่โถ	ฮอด	เชียงใหม่
14.	ขุนแปะ	จอมทอง	เชียงใหม่
15.	แก่น้อย	เชียงดาว	เชียงใหม่
16.	แม่พะ	สะเมิง	เชียงใหม่
รวม	15 แห่ง	8 อำเภอ	3 จังหวัด

ที่มา: มูลนิธิโครงการหลวง (2557)

2.3 แนวทางการพัฒนา

มูลนิธิโครงการหลวงได้สนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวตามเป้าหมายที่ได้รับพระราชทาน คือ

2.3.1 ช่วยชาวเขาเพื่อมนุษยธรรม

2.3.2 ช่วยชาวไทยโดยลดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ คือ ป่าไม้และต้นน้ำลำธาร

2.3.3 กำจัดการปลูกฝิ่น

2.3.4 รักษาดิน และใช้พื้นที่ให้ถูกต้อง คือ ให้ป่าอยู่ส่วนที่เป็นป่า และทำไร่ ทำสวน ในส่วนที่ควรเพาะปลูกอย่าให้สองส่วนนี้รุกร้าซึ่งกันและกัน

2.4 วัตถุประสงค์ของการพัฒนา

มูลนิธิโครงการหลวงได้สนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวตามเป้าหมายที่ได้รับพระราชทาน โดยมีวัตถุประสงค์ของการพัฒนา คือ

2.4.1 เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ประชากรในพื้นที่โครงการหลวงดำรงชีวิตภายใต้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและแนวทางของโครงการหลวง

2.4.2 เพื่อส่งเสริมการพัฒนาเชิงบูรณาการ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของคน ครอบครัวและชุมชน

2.4.3 เพื่อพัฒนาศูนย์โครงการหลวงให้เป็นแหล่งเรียนรู้ของการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน

2.4.4 เพื่อรักษาความสมดุลและเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.5 เป้าหมายการพัฒนา

มูลนิธิโครงการหลวงได้สนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวตามเป้าหมายที่ได้รับพระราชทาน โดยมีเป้าหมายของการพัฒนา คือ

2.5.1 ประชากรในพื้นที่โครงการหลวงดำรงชีวิตตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสามารถพึ่งพาตนเองได้ โดยอาศัยฐานความรู้จากโครงการหลวง มีความมั่นคงทางด้านอาหารและมีรายได้พอเพียงสมดุลกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและสภาพแวดล้อม

2.5.2 ชุมชนมีความปลอดภัยและมั่นคง ประชากรมีความสุข มีคุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นไทย รักษาอัตลักษณ์และวัฒนธรรมของชนเผ่า เน้นกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน

2.5.3 ทรัพยากรดิน น้ำและป่าไม้ ในพื้นที่โครงการหลวงได้รับการอนุรักษ์ พื้นฟู ให้มีสภาพดีและอุดมสมบูรณ์ สามารถให้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน

2.6 การดำเนินงานของโครงการหลวง

การดำเนินงานต่าง ๆ ของโครงการหลวงในระยะเริ่มต้นนั้น ไม่มีใครทราบว่าควรปลูกชนิดใดบนดอย ซึ่งมีอากาศหนาวเย็น โครงการหลวงจึงเริ่มดำเนินงานวิจัยเพื่อทดลองการปลูกไม้ผลเขตหนาวที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่สูงของประเทศไทย โดย พ.ศ. 2512 ได้ตั้งสถานีเกษตรหลวงอ่างขางเพื่อเป็นสถานีทดลองการปลูกพืชเขตหนาวชนิดต่าง ๆ ในบริเวณหุบเขาสูงของดอยอ่างขาง ตำบลม่อนปิ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ดอยอ่างขางเป็นพื้นที่อยู่ตอนเหนือเกือบสุดของประเทศไทย บริเวณสถานีเป็นหุบเขายาว ๆ ล้อมรอบด้วยภูเขาทุกด้าน ด้านเหนือติดประเทศพม่าบริเวณดังกล่าวมีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,400 เมตร มีอากาศหนาวเย็น อ่างขางในเวลานั้นเป็นทุ่งหญ้าคา ช่วงฤดูหนาวมีฝิ่นปลูกอยู่ทั่วไป โดยมีอาสาสมัครจากมหาวิทยาลัยและหน่วยงานต่าง ๆ ส่วนใหญ่เป็นนักวิชาการด้านต่าง ๆ ปฏิบัติงานถาวร

ส่วนการพัฒนาชาวเขานั้นในระยะแรกไม่มีเจ้าหน้าที่ไปอยู่ประจำในหมู่บ้านชาวเขา แต่มีคณะทำงาน ซึ่งเป็นอาสาสมัครไปเยี่ยมเยือนชาวเขาในหมู่บ้านต่าง ๆ เป็นประจำทุกสัปดาห์ เพื่อให้คำแนะนำและสาธิตการปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์ชนิดต่าง ๆ เรียกว่าหมู่บ้านดังกล่าวว่าเป็นหมู่บ้านเยี่ยมเยือนเมื่อเกษตรกรกลับไปยังหมู่บ้านของตน จึงเริ่มนำความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมไปปฏิบัติงาน โครงการหลวงได้มอบหมายให้คณะทำงานซึ่งเป็นอาสาสมัคร ประกอบด้วยคณะอาจารย์จากมหาวิทยาลัย สถาบันการศึกษา และหน่วยราชการต่าง ๆ ได้ออกไป

เยี่ยมเยือนเกษตรกรในหมู่บ้านเป็นประจำทุกสัปดาห์ เพื่อให้คำแนะนำ สาธิตการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ ได้แก่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีหน้าที่รับผิดชอบในพื้นที่บ้านช่างเคียน แม่สาใหม่ อ่างาง และแกน้อย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีหน้าที่รับผิดชอบในพื้นที่บ้านปางปาคา ห้วยผักไผ่ ปูหมื่นโน บ้านใหม่ร่มเย็น อำเภอเวียงแก้ว และบ้านสวด สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ปัจจุบันเป็นมหาวิทยาลัยแม่โจ้มีหน้าที่รับผิดชอบในพื้นที่บ้านวังดิน (ศูนย์หมอกจามในปัจจุบัน) ผาหมี สะเงาะและเมืองงาม กรมวิชาการเกษตรมีหน้าที่รับผิดชอบการส่งเสริมกาแฟอราบิก้า (ร่วมกับกรมประชาสัมพันธ์ซึ่งมีศูนย์พัฒนา และส่งเสริมชาวเขาบ้านแม่ลำน้อย) ในพื้นที่บ้านห้วยฮ่อม บ้านดง ป่าแป๊ะและรากไม้ ต่อมาทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานพันธุ์ไม้ผลเขตหนาว ได้แก่ แอปเปิ้ล ท้อ พลัม และพืชไร่ที่เหมาะสมต่อการปลูกบนเขาสูง ได้แก่ ถั่วแดงหลวง รวมทั้งสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ ได้แก่ วัวพันธุ์บราห์มัน ห่าน และแกะ เป็นต้น ซึ่งเป็นการให้ชาวเขายืมพันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์เหล่านี้ไปทดสอบเพาะปลูก และเลี้ยงดู ถ้าได้ผลก็จะขอคืน

ต่อมาเมื่อ วันที่ 10 มกราคม 2517 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จพระราชดำเนิน เยี่ยมคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้พระราชทานพระราชดำรัสในโอกาส เรื่องช่วยชาวเขาและโครงการชาวเขา ความว่า "เรื่องที่ช่วยชาวเขาและโครงการชาวนั้น มีประโยชน์โดยตรงกับชาวเขา เพื่อที่จะส่งเสริมและสนับสนุนให้ชาวเขามีความเป็นอยู่ดีขึ้น สามารถที่จะเพาะปลูกสิ่งที่จะเป็นประโยชน์ และเป็นรายได้กับเขาเอง ที่มีโครงการเช่นนี้จุดประสงค์อย่างหนึ่งก็คือมนุษยธรรม อยากที่จะให้ผู้ที่อยู่ในที่ทุรกันดารสามารถที่จะมีความรู้และพียงตัวมีความเจริญได้ อีกอย่างหนึ่งก็เป็นเรื่องช่วยในทางที่ทุกคนเห็นว่าควรจะช่วย เพราะเป็นปัญหาใหญ่ ก็คือปัญหาเรื่องยาเสพติด ถ้าเราสามารถที่จะช่วยชาวเขาให้ปลูกพืชที่เป็นประโยชน์มาก เขาจะเลิกปลูกฝิ่น ทำให้นโยบายการระงับการปราบการสูบฝิ่นและการค้าฝิ่นได้ผลดี อันนี้เป็นผลอย่างหนึ่ง ผลอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญมากก็คือ ชาวเขาตามที่เรา เป็นผู้ทำการเพาะปลูกที่อาจทำให้บ้านเมืองเราไปสู่หายนะได้ โดยที่ถางป่าและเพาะปลูกโดยวิธีที่ไม่ถูกต้อง ถ้าพวกเราทุกคนไปช่วยเขา ก็เท่ากับช่วยบ้านเมืองให้มีความอยู่ดีกินดี และปลอดภัยได้อีกทั้งประเทศ เพราะว่าถ้าเราสามารถทำโครงการนี้ได้สำเร็จ ให้ชาวเขาอยู่เป็นหลักแหล่ง สามารถที่จะมีการอยู่ดีกินดีพอควร และสนับสนุนนโยบายที่จะรักษาป่าไม้ รักษาดิน ให้เป็นประโยชน์ต่อไป ประโยชน์อันนี้จะยั่งยืนมาก."

ผลจากความร่วมมือของอาสาสมัครนักวิชาการด้านต่าง ๆ จากมหาวิทยาลัยและหน่วยงานต่าง ๆ ที่ปฏิบัติงานถวายทำให้การปฏิบัติงานก้าวหน้าอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลงานวิจัยการปลูกพืชเขตหนาว ชนิดต่าง ๆ เกษตรกรสามารถนำไปปลูกทดแทนฝิ่นได้ผลดีซึ่งต่อมากกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) และมิตรประเทศต่าง ๆ ได้ทูลเกล้าถวายพันธุ์พืชเขตหนาว และสนับสนุนงบประมาณดำเนินการวิจัยข้างต้น

พ.ศ. 2513 หม่อมเจ้าภีศเดช รัชนี เสด็จไปยังสาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) และสนพระทัยงานการปลูกพืชเขตหนาวของฟาร์มพูซุชาน ซึ่งเป็นหมู่บ้านบนภูเขาเป็นอย่างมาก ต่อมาเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2513 คณะกรรมการส่งเสริมอาชีพทหารผ่านศึกได้จัดส่งนายซุง ชิงหยุน รองผู้จัดการฟาร์มพูซุชาน เดินทางมาประเทศไทยเพื่อศึกษาสภาพพื้นที่โครงการหลวง เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของความร่วมมือทางวิชาการระหว่างโครงการหลวงและไต้หวัน โดยคณะกรรมการส่งเสริมอาชีพทหารผ่านศึกจีนไต้หวัน (VARCR) ได้ให้การสนับสนุนโดยส่งพันธุ์พืชชนิดต่าง ๆ ได้แก่ สาลี่ ท้อ บ๊วย พลัม พลัม วอลนัท เห็ดหอม เห็ดหูหนูตังกุยเก็กฮวย ดอกไม้จีน ไม้โตเร็ว และเมล็ดพันธุ์ผักชนิดต่าง ๆ พร้อมทั้งส่งผู้เชี่ยวชาญเดินทางมาปฏิบัติงานในโครงการหลวง จำนวน 2-3 นาย ทุกปี รวมทั้งสนับสนุนให้คณะอาจารย์ (อาสาสมัคร) และเจ้าหน้าที่โครงการหลวง ไปศึกษาดูงานและฝึกงานที่ฟาร์มพูซุชาน และสถานีนบนภูเขาของไต้หวัน

พ.ศ. 2515 องค์การสหประชาชาติได้เห็นความสำคัญของการปลูกพืชทดแทนฝิ่นจึงให้การสนับสนุนการดำเนินงานโครงการ UN/Thai Program for Drug Abuse Control โดยมีหม่อมเจ้าภีศเดช รัชนี ผู้อำนวยการ

โครงการหลวงพระบรมราชานุเคราะห์ชาวเขา เป็นผู้อำนวยการโครงการอีกตำแหน่งหนึ่ง อาจนับเป็นการเริ่มต้นของหน่วยงาน Alternative Development Unit ของ UNODC ในปัจจุบัน โดยโครงการ UN/Thai Program for Drug Abuse Control ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณและส่งเจ้าหน้าที่มาช่วยเหลือเป็นครั้งคราวแก่โครงการพระบรมราชานุเคราะห์ชาวเขา ซึ่งในตอนนั้นได้ส่งเสริมและพัฒนาชาวบ้านแม่เฒ่า อำเภอฮอด, บ้านพุย อำเภอแม่แจ่ม, บ้านขุนวาง อำเภอสันป่าตอง, บ้านขุนช่างเคี่ยน อำเภอเมือง, ดอยสามหมื่น อำเภอเชียงดาว และบ้านคุ้ม อำเภอฝาง

พ.ศ. 2516 กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA/ARS) ได้ให้การสนับสนุนทุนแก่โครงการหลวงในการวิจัยการเกษตรบนที่สูงปีละประมาณ 20 ล้านบาท ทำให้มีองค์ความรู้ด้านการเกษตรมากขึ้น โดยเฉพาะการศึกษาวิจัยเพื่อหาชนิดและพันธุ์พืชที่เหมาะสมต่อการปลูกบนพื้นที่สูง การศึกษาวิธีการปลูกและการปฏิบัติรักษา รวมทั้งงานวิจัยด้านอื่น ๆ เช่น ไม้ผลเขตหนาว การเลี้ยงผึ้ง กาแฟอาราบิก้า ชา ไม้ตัดดอก สตรอเบอร์รี่ ระบบการปลูกพืช การเพาะเห็ดหอม ไม้พุ่ม พืชย้อมสี การอนุรักษ์ดิน การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง การผสมพันธุ์และการผลิตหอมหัวใหญ่ พืชผักเขตหนาว ธัญพืช สมุนไพร เพร้นแห้ง แก้วฮวย พืชน้ำมันเพื่อการอุตสาหกรรม การใช้น้ำอย่างประหยัด การปรับปรุงและผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ การป้องกันและกำจัดศัตรูพืช และการควบคุมวัชพืช เป็นต้น ต่อมาเมื่อ พ.ศ. 2522 โครงการหลวงได้พิจารณาเห็นว่าผลงานวิจัยต่าง ๆ สามารถนำไปสู่การใช้ประโยชน์ของชาวเขาได้ กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกาก็ให้การสนับสนุนงบประมาณเพื่อพัฒนาชุมชนชาวเขาทดแทนการปลูกฝิ่นในพื้นที่โครงการหลวง รวม 5 แห่ง

พ.ศ. 2537 โครงการควบคุมยาเสพติดของสหประชาชาติ (UNDCP) ได้ทูลเกล้าฯ ถวายเหรียญทองเพื่อสดุดีพระเกียรติคุณในการแก้ปัญหาเสพติด โดยส่งเสริมให้ชาวเขาเลิกปลูกฝิ่น แต่ปลูกพืชอื่นแทน จึงกล่าวได้ว่าโครงการหลวงเป็นโครงการปลูกพืชทดแทนฝิ่นแห่งแรกของโลก

พ.ศ. 2535 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้โครงการหลวงจดทะเบียนเป็นมูลนิธิโครงการหลวง โดยพระราชทานเงินเพื่อเป็นทรัพย์สินของมูลนิธิฯ เริ่มแรก 500,000 บาท เพื่อให้เป็นองค์กรสาธารณประโยชน์ที่ถาวรมั่นคง สามารถดำเนินการอย่างต่อเนื่อง มีระบบงานที่แน่นอนรองรับ มีการบริหารงานภายในคล่องตัว มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานและเกิดผลดียิ่งขึ้นในอนาคต พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงดำรงตำแหน่งนายกิตติมศักดิ์ และหม่อมเจ้าภีศเดช รัชนี ทรงเป็นประธานมูลนิธิ โดยมี ดร.จิรายุ อิศรางกูร ณ อยุธยา เป็นเลขาธิการมูลนิธิ

จากผลการดำเนินงานในปี พ.ศ. 2521 จะเห็นว่า พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จเยี่ยมราษฎรชาวเขาในพื้นที่ต่าง ๆ ทรงพบชาวเขาซึ่งอยู่ในถิ่นทุรกันดาร มีสภาพยากจน และยากแก่การเข้าถึง ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้พัฒนาหมู่บ้านชาวเขาในพื้นที่ทุรกันดารเหล่านั้น เพื่อพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ของชาวเขา ลดการปลูกฝิ่นและฟันฟูป่าต้นน้ำลำธาร โดยหม่อมเจ้าภีศเดช รัชนี ได้หารือกับผู้บริหารของหน่วยราชการต่าง ๆ เพื่อส่งอาสาสมัครไปเป็นผู้รับผิดชอบในการบริหารโครงการ เรียกว่า ผู้ประสานงานโครงการ เนื่องจากเห็นว่าในการพัฒนาชุมชนชาวนั้นจำเป็นต้องร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ หลายหน่วยงาน โดยมีหน่วยงานที่มีอาสาสมัครปฏิบัติงานด้านการพัฒนาชาวเขา ประกอบด้วย สำนักงานเกษตรภาคเหนือ สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ กรมส่งเสริมการเกษตร และกรมประชาสัมพันธ์ ระยะแรกทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานพระราชทรัพย์เพื่อเป็นงบประมาณสำหรับการดำเนินงาน เรียกชื่อโครงการการพัฒนาหมู่บ้านของชาวเขาในระยะนั้นว่า โครงการหลวง โดยโครงการหลวงแต่ละแห่งจะครอบคลุมพื้นที่ 4-9 หมู่บ้าน ได้แก่ โครงการหลวงแม่แอโครงการหลวงทุ่งหลวง โครงการหลวงแม่ปุนหลวง โครงการหลวงปางอุ๋ง และโครงการหลวงแม่ลำน้อย ตามลำดับ เมื่อผลจากการวิจัยเริ่มปรากฏมากขึ้น พ.ศ. 2522 หม่อมเจ้าภีศเดช รัชนี ทรงขอความร่วมมือจากกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA/ARS) เพื่อให้การสนับสนุนการพัฒนาชีวิตและความเป็นอยู่ของชาวเขาในพื้นที่ต่าง ๆ รวม 5 แห่ง เพื่อให้ชาวเขามีอาชีพการเกษตรอื่น ๆ ทดแทนการปลูกฝิ่น โดยเริ่มการสนับสนุนงบประมาณการ

ดำเนินงานโครงการหลวงแต่ละแห่ง เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2523 ปีละ 50,000 เหรียญสหรัฐ (1 เหรียญเท่ากับ 20 บาท) ซึ่งแต่ละโครงการต้องส่งรายงานความก้าวหน้าปีละ 2 ครั้ง จนถึง พ.ศ. 2529 สหรัฐอเมริกาได้เปลี่ยนหน่วยงานให้ความช่วยเหลือจาก USDA/ARS มาเป็นหน่วยงานด้านยาเสพติด (NAU) ของสถานเอกอัครราชทูตสหรัฐอเมริกาประจำประเทศไทยแทน

จากผลการดำเนินงานด้านการพัฒนาในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่ผ่านมาถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2557) มีหน่วยงานส่วนราชการ และภาคเอกชนทั้งหมด 22 หน่วยงาน ที่ได้ให้การสนับสนุนการดำเนินงานของมูลนิธิโครงการหลวงในการดำเนินงานเพื่อให้เป็นไปตามแนวพระราชดำริข้างต้น และเพื่อให้ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเป็นต้นแบบการพัฒนาอย่างยั่งยืนพร้อมทั้งประยุกต์องค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสม เสริมสร้างชุมชนให้มีความเข้มแข็ง พื้นฟูธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้สมบูรณ์ ทำให้ปัจจุบันมีพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง จำนวน 38 แห่ง ครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ประกอบด้วย เชียงใหม่ 27 ศูนย์ เชียงราย 7 ศูนย์ แม่ฮ่องสอน 2 ศูนย์ ลำพูน 1 ศูนย์ และพะเยา 1 ศูนย์ มีประชากรที่ได้รับประโยชน์จำนวน 295 หมู่บ้าน 35,540ครัวเรือน 161,905 คน การพัฒนาได้เน้นกระบวนการปฏิบัติในการนำความรู้ไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิสังคมของพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแต่ละแห่ง จึงทำให้ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแต่ละแห่งมีความโดดเด่นแตกต่างกันไป ทำให้ปัจจุบันศูนย์พัฒนาโครงการหลวงได้กลายเป็นแหล่งเรียนรู้หรือเป็นต้นแบบการพัฒนาชุมชนบนพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนภายใต้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และขยายผลไปสู่ชุมชนบนพื้นที่สูงอื่น ๆ โดยมีแผนการดำเนินงานดังต่อไปนี้ (ฝ่ายพัฒนา มูลนิธิโครงการหลวง, 2557)

2.7 ผลการดำเนินงานตามแผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2550-2554)

แผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ได้เริ่มจัดทำมาตั้งแต่ พ.ศ. 2540 เพื่อกำหนดกรอบการดำเนินการให้เป็นไปตามแนวพระราชดำริข้างต้น โดยการบูรณาการการดำเนินงานด้านต่าง ๆ กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งสิ้น 20 หน่วยงาน โดยมีทิศทางการพัฒนาเพื่อให้ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเป็นต้นแบบการพัฒนาโครงการหลวงอย่างยั่งยืน เป็นการประยุกต์องค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสม การเสริมสร้างชุมชนที่มีความเข้มแข็ง ภูมิใจในวัฒนธรรมและมีส่วนร่วมในการฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติให้สมบูรณ์ ทั้งนี้แผนแม่บทมีเป้าหมายหลักคือให้เกษตรกรในพื้นที่โครงการหลวงมีรายได้พอเพียงจากการประกอบอาชีพภาคเกษตรกรรมและนอกภาคเกษตรกรรม ชุมชนมีความสุข มีคุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นไทย รวมทั้งการรักษาอัตลักษณ์และวัฒนธรรมของชนเผ่าตลอดจนประชากรในพื้นที่โครงการหลวงสามารถเข้าใจและใช้ภาษาไทยได้

ปัจจุบันแผนแม่บทของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะที่ 3 ได้สิ้นสุดระยะเวลาการดำเนินงานลงแล้วในปี พ.ศ. 2554 ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความต่อเนื่อง หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ จึงได้จัดทำแผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะที่ 4 (พ.ศ. 2555-2559) เพื่อใช้เป็นกรอบการดำเนินงานพัฒนาพื้นที่สูงของทุกหน่วยงานต่อไป ซึ่งจะมีความครอบคลุมอย่างเป็นระบบบริบทของโลกและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจที่มีผลกระทบต่อพื้นที่สูง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งการใช้ข้อมูลพื้นที่ลุ่มน้ำกำหนดขอบเขตในการจัดทำแผนแม่บท เพื่อการพัฒนาที่เน้นความสมดุลในมิติทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม บนฐานข้อมูลของการตัดสินใจที่สอดคล้องกับบริบทของชุมชน ตลอดจนการเสริมสร้างการมีส่วนร่วมและการพัฒนาองค์กรชุมชนให้เข้มแข็ง เพื่อเป็นกลไกการขับเคลื่อนแผนในอนาคตต่อไป (ฝ่ายพัฒนา มูลนิธิโครงการหลวง, 2556) ซึ่งรายละเอียดแผนแม่บทงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ระยะที่ 4 (พ.ศ. 2555-2559) โดยสังเขปมีดังต่อไปนี้

2.7.1 แผนแม่บทงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ระยะที่ 4 (พ.ศ. 2555-2559)

คณะกรรมการวิจัยและคณะกรรมการบริหารมูลนิธิโครงการหลวง ได้กำหนดข้อเสนอร่างยุทธศาสตร์ และแผนงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ระยะ 5 ปี พ.ศ. 2555-2559 ไว้ 5 ยุทธศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. ยุทธศาสตร์การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตที่คำนึงถึงภูมิสังคมและแข่งขันได้
2. ยุทธศาสตร์สร้างการตลาดอย่างมีประสิทธิภาพ
3. ยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน
4. ยุทธศาสตร์การพัฒนาคนและชุมชนสู่สังคมของการเรียนรู้และการพึ่งพาตนเอง
5. ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการองค์การแบบบูรณาการ

สำหรับยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับกรมพัฒนาที่ดิน คือ ยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนโดยรายละเอียดแผนแม่บทของดังกล่าว ได้แก่ แนวทาง และแผนงานวิจัยตลอดจนกิจกรรมของได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1.1 ได้แสดงไว้ในงานวิจัยมูลนิธิโครงการหลวงระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559) ในภาคผนวก ก

เอกสารอ้างอิง

- ฝ่ายพัฒนา มูลนิธิโครงการหลวง. 2556. รายงานผลการพัฒนามูลนิธิโครงการหลวง ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555. เชียงใหม่: มูลนิธิโครงการหลวง. 378 น.
- ฝ่ายวิจัย มูลนิธิโครงการหลวง. 2555. ร่างแผนแม่บทงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559). เชียงใหม่: มูลนิธิโครงการหลวง. 73 น.
- ฝ่ายพัฒนา มูลนิธิโครงการหลวง. 2557. รายงานผลการพัฒนามูลนิธิโครงการหลวง ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556. เชียงใหม่: มูลนิธิโครงการหลวง. 393 น.
- ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง. 2556. รายงานผลการปฏิบัติงาน ปี 2555. เชียงใหม่: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน. 23 น.

บทที่ 3

พืชผักโครงการหลวง

มูลนิธิโครงการหลวงมุ่งพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ของชาวเขาให้ดีขึ้น โดยการสร้างรายได้ควบคู่กับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร และส่งเสริมการปลูกพืชผักและสมุนไพรเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สามารถทำให้เกษตรกรมีอาชีพและรายได้ที่ดี โดยมีเกษตรกรปลูกพืชผักและสมุนไพรชนิดต่าง ๆ กว่า 227 ชนิด ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 37 แห่ง มีเกษตรกรจำนวน 3,771 ราย มีผลผลิตที่จำหน่ายผ่านมูลนิธิโครงการหลวงประมาณ 16,501 ตัน คิดเป็นมูลค่า 397 ล้านบาท (ฝ่ายงานวิจัยและส่งเสริมปลูกพืชผักและสมุนไพร, 2557) ซึ่งในบทนี้จะประกอบด้วย 3.1) ชนิดพืชผักโครงการหลวง 3.2) มาตรฐานการผลิตผักโครงการหลวง 3.3) พื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง และ 3.4) ผลผลิตผักโครงการหลวง

3.1 ชนิดพืชผักโครงการหลวง

สำนักพัฒนาเกษตรที่สูง (2546) รายงานว่าปัจจุบันงานวิจัยและส่งเสริมปลูกพืชผักและสมุนไพรมูลนิธิโครงการหลวงมีพืชผักที่ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกทั้งหมด ประมาณ 46 ชนิด จำแนกได้ 9 ตระกูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ผักตระกูลผักกาดหอม (Fammily Compositae) มีทั้งหมด 10 ชนิด ได้แก่ ผักกาดหอมทั่วไป (General lettuce crops) ผักกาดหอมหัว (Head lettuce) ผักกาดหอมใบแดง (Red leaf lettuce) ผักกาดหอมโอ๊คลิฟ (Oak leaf lettuce) ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด (Butterhead lettuce) ผักกาดหวาน (Cos or Romain lettuce) แรดิชิโอ (Radicchio) โกโบ (Kobo) เบบี้คอส (Baby cos) และคอส (Cos)

3.1.2 ผักตระกูลหอมและกระเทียม (Family Amaryllidaceae) มี 2 ชนิด ได้แก่ กระเทียมต้น (Leek) และต้นหอมญี่ปุ่น (Japanese bunching onion)

3.1.3 ผักตระกูลกะหล่ำ (Family Cruciferaceae) มี 13 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลีแดง (Red cabbage) กะหล่ำปลีขาว (Brussels sprouts) กะหล่ำปลี (Kohlrabi) กะหล่ำปลีรูปหัวใจ (Pointed cabbage) ผักกาดฮ่องเต้ (Chaineese cabbage-pakchoi) ผักกาดหางหงส์ (Chaineese cabbage-michilli) ผักกาดขาวปลี (Chinese cabbage-petsai) แรดิช (Radish) เทอร์นิพ (Turnip) ค่าน้ำดอยคำ (Doikhamchinese kale) ค่าน้ำฮ่องกง (Kailaan) บร็อคโคลี่ดอยคำ (Broccoli) และกะหล่ำปลีหวาน (Sweet cabbage)

3.1.4 ผักตระกูลแครอท (Family Umbelliferae) มี 5 ชนิด ได้แก่ เซเลอรี (Celery) แครอท (Carrot) เบบี้แครอท (Baby carrot) เฟนเนล (Fennel) และพาร์สลีย์ (Parsley)

3.1.5 ผักตระกูลปวยเล้ง (Family Chenopodiaceae) มี 2 ชนิด ได้แก่ บีทรูท (Beet root) และปวยเล้ง (Spinach)

3.1.6 ผักตระกูลมะเขือ (Family Solanaceae) มี 6 ชนิด ได้แก่ มะเขือเทศดอยคำ (Table tomato) มะเขือเทศเชอร์รี่ (Cherry tomato) พริกหวาน (Sweet pepper) มันฝรั่ง (Potato) มะเขือม่วงก้านเขียวและก้านดำ (Green&Black-purple eggplant)

3.1.7 ผักตระกูลแตง (Family Cucurbitaceae) มี 5 ชนิด ได้แก่ ชุกินี (Zucchini) ฟักแม้วหรือชาโยเต้ (Chayote) แตงกวาญี่ปุ่น (Japanese cucumber) ฟักทองญี่ปุ่น (Japanese pumpkin) และมะระขาว (Balsam pear or Bitter gourd)

3.1.8 ผักตระกูลถั่ว (Family Leguminosae) มี 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วแขก (Bush bean) ถั่วเข็ม (Needle bean) ถั่วลันเตา (Garden pea) และถั่วหวาน (Sugar snap pea)

3.1.9 ผักตระกูลหญ้า (Family Gramineae) มี 1 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดหวานสองสี (Bi-Color Sweet Corn)

สำหรับช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวพืชผักแต่ละชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาของแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืชผักโครงการหลวง

ผัก	ระยะกล้า (วัน)	ระยะย้าย ปลูกตั้งตัว(วัน)	ระยะ ทอดหัว (วัน)	ระยะ เก็บเกี่ยว (วัน)
1. ผักตระกูลผักกาดหอม				
1.1 ผักกาดหอมทั่วไป	20-25	25-30	30-35	50-55
1.2 ผักกาดหอมห่อ	0-25	20-25	30-35	50-55
1.3 ผักกาดหอมใบแดง	0-25	20-30	30-35	35-65
1.4 ผักกาดหอมโอ๊คลิฟ	20-25	25-30	30-35	45-55
1.5 ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด	20-25	25-30	30-35	50-55
1.6 ผักกาดหวาน	0-25	20-25	30-35	50-55
1.7 แรดิชิโอ	20-25	25-30	30-35	50-55
1.8 โกโก้	21	60	60-15	105-150
1.9 เบบี้คอส	0-25	20-25	30-35	50-55
1.10 คอส	0-25	20-25	30-35	50-55
2. ผักตระกูลหอมและกระเทียม				
2.1 กระเทียมต้น	0-60	80-90	100-120	140-160
2.2 ต้นหอมญี่ปุ่น	0-60	80-90	100-120	130-150
3. ผักตระกูลกะหล่ำ				
3.1 กะหล่ำปลีแดง	18-21	21-28	60-90	90-100
3.2 กะหล่ำปลีดาว	20-25	25-45	100-130	130-180
3.3 กะหล่ำปม	18-21	21-28	40-45	45-50
3.4 กะหล่ำปลีรูปหัวใจ	20-25	25-32	32-90	90-100
3.5 ผักกาดฮ่องเต้	15-20	21-28	28-55	56-70
3.6 ผักกาดทางหงส์	18-21	21-28	40-45	60-70
3.7 ผักกาดขาวปลี	18-21	21-28	28-55	55-65
3.8 แรดิช	10-15	15-20	15-20	20-25
3.9 เทอร์นิพ	7	10-15	15-40	45-50

ที่มา: สำนักพัฒนาเกษตรที่สูง (2546)

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาของแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืชผักโครงการหลวง (ต่อ)

ผัก	ระยะกล้า (วัน)	ระยะย้าย ปลูกตั้งตัว(วัน)	ระยะ ห่อหัว (วัน)	ระยะ เก็บเกี่ยว (วัน)
3.8 แรดิช	10-15	15-20	15-20	20-25
3.9 เทอร์นิพ	7	10-15	15-40	45-50
3.10 คื่นช่าย	18-21	21-28	40-45	45-50
3.11 คื่นช่ายฮ่องกง	18-21	21-28	40-45	45-50
3.12 บร็อคโคลี่ดอยคำ	18-21	21-28	40-45	45-50
4. ผักตระกูลแครอท				
4.1 เซเลอรี่	25	40-50	80-90	125-135
4.2 แครอท	15-20	30-35	35-100	100-120
4.3 เบบี้แครอท	15-20	21-28	28-60	60-90
4.4 เฟนเนล	25	25-35	35-96	63-120
4.5 พาร์สลีย์	55-60	55-65	65-100	100-180
5. ผักตระกูลปวยเล้ง				
5.1 บิทรูท	7-10	10-20	20-70	70-95
5.2 ปวยเล้ง	0-7	7-15	15-30	30-45
6. ผักตระกูลมะเขือ				
6.1 มะเขือเทศดอยคำ	25	55	55-85	85
6.2 มะเขือเทศเชอร์รี่	20-25	55	85-100	115-130
6.3 พริกหวาน	18-21	21-28	50-60	90-100
6.4 มะเขือม่วงก้านเขียวและก้านดำ	25-30	40-45	55-65	80-90
7. ผักตระกูลแตง				
7.1 ชุกินี	6-8	8-30	30-35	40-80
7.2 ซาโยเต้	10-15	20-60	60	70
7.3 แตงกวาญี่ปุ่น	7	7-10	37-45	45-75
7.4 ฟักทองญี่ปุ่น	6-8	8-20	40-80	105-110
7.5 มะระขาว	15-20	30-35	40-45	50-90

ที่มา: สำนักพัฒนาเกษตรที่สูง (2546)

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาของแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืชผักโครงการหลวง (ต่อ)

ผัก	ระยะกล้า (วัน)	ระยะย้าย ปลูกตั้งตัว (วัน)	ระยะ ห่อหุ้ม (วัน)	ระยะ เก็บเกี่ยว (วัน)
8. ผักตระกูลถั่ว				
8.1 ถั่วแขกและถั่วเขียว	0-10	35-40	40-50	45-50
8.2 ถั่วลันเตา	0-10	25-35	35-45	45-70
8.3 ถั่วหวาน	0-10	25-35	35-45	45-70
9. ผักตระกูลหญ้า				
9.1 ข้าวโพดหวานสอง	0-7	35-40	45-50	65-70

ที่มา: สำนักพัฒนาเกษตรที่สูง (2546)

3.2 มาตรฐานการผลิตผักโครงการหลวง

ปัจจุบันงานพัฒนาและส่งเสริมพืชผักและสมุนไพร มูลนิธิโครงการหลวงได้มุ่งเน้นการปลูกพืชและผลิตผักภายใต้การรับรองมาตรฐานคุณภาพผลผลิตในระบบต่าง ๆ ได้แก่ ระบบการเกษตรกรที่เหมาะสม (Good Agricultural Practice, GPA) ระบบมาตรฐานเอกชนสำหรับการผลิตสินค้าเกษตรของยุโรป (Goble Good Agricultural Practice, GLOBAL GPA) และระบบมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (Organic) เป็นหลัก ซึ่งแต่ละระบบมีเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับการจัดการดินและการผลิตกล่าวโดยสังเขปดังต่อไปนี้

3.2.1 มาตรฐานการเกษตรกรที่เหมาะสม การกำหนดขอบเขตการเกษตรกรที่เหมาะสมของการเพาะปลูกพืช ที่ทำให้เกิดการพัฒนาการผลิตที่ดีสำหรับสินค้าเกษตร เช่น ผลไม้ และผักต่างๆ ซึ่งกลุ่มผู้ค้าปลีกในยุโรปเป็นผู้กำหนดมาตรฐานนี้ขึ้น อย่างไรก็ตามมาตรฐานของผู้จำหน่ายและผู้ปลูกบางรายอาจสูงกว่านี้ หลักการนี้จึงไม่สามารถใช้เป็นคำแนะนำสำหรับการผลิตทางการเกษตรทุกอย่างได้

3.2.2 ระบบมาตรฐานเอกชนสำหรับการผลิตสินค้าเกษตรของยุโรป EuropGAP ได้กำหนดมาตรฐานการผลิตขั้นต่ำที่กลุ่มผู้จำหน่ายสินค้าในยุโรปสามารถยอมรับได้โดยกำหนดมาตรฐานการผลิตขั้นต่ำไว้ตามกรอบของการเกษตรที่ดีและเหมาะสม ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับการผลิตพืชสวนทั้งผักและผลไม้ และเป็นแนวทางในการปฏิบัติทางการเกษตรที่มุ่งให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยเน้นพัฒนาการปรับปรุงสมรรถนะของผู้ผลิต ตั้งแต่ผู้ปลูก กลุ่มผู้ปลูก องค์กรของผู้ปลูก แผนงานระดับท้องถิ่น ไปจนกระทั่งแผนงานระดับชาติ

EuropGAP นั้นจะมีวิธีการปฏิบัติในการกำจัดศัตรูพืชแบบผสมผสาน ร่วมกับการจัดการพืชผลแบบผสมผสานภายในขอบเขตการผลิตเพื่อการค้า ซึ่งสมาชิกของ EuropGAP ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นต่อการปรับปรุงการผลิตในระยะยาว และต่อความยั่งยืนของการผลิตทางเกษตร นอกจากนั้น EuropGAP ยังสนับสนุนหลักการส่งเสริมให้ใช้การวิเคราะห์อันตรายเพื่อควบคุมจุดวิกฤต (Hazard Analysis and Critical Control Point, HACCP) และใช้ขอบเขตของ GAP ในการประเมินวิธีปฏิบัติที่ทำอยู่ในปัจจุบันและให้คำแนะนำเพื่อการพัฒนาต่อไปซึ่งเป็นเรื่องจำเป็นที่ทุกองค์กรที่เกี่ยวข้องในการผลิตห่วงโซ่อาหารยอมรับและแสดงกิจกรรมบทบาทความรับผิดชอบที่จะดำเนินการให้เป็นไปตาม EuropGAP อย่างเต็มที่ หากต้องการรักษาระดับความเชื่อมั่นของ

ผู้บริโภคต้องนำมาตรฐานของ EuropGAP มาปฏิบัติและปรับปรุง แกไขของการปฏิบัติที่ไม่ดีให้หมดสิ้นไปจากกระบวนการผลิตนี้

ในหลักการ EuropGAP นั้นผู้ปลูกต้องแสดงให้เห็นว่าสามารถปฏิบัติในด้าน (ก) การรักษาความเชื่อมั่นในคุณภาพและความปลอดภัยด้านอาหาร (ข) ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อนุรักษ์ธรรมชาติและสัตว์ป่า (ค) ลดการใช้สารเคมี (ง) ปรับปรุงประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และ (จ) รับผิดชอบต่อสุขภาพและความปลอดภัยของโรงงาน ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวมีเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงบำรุงดินในแปลงผักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดิน (มาตรฐาน GLOBALGAP มุลนิธิโครงการหลวง, 2557) ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐาน GAP และ GLOBALGAP

ลำดับ ที่	ข้อบังคับ	เกณฑ์การยอมรับ	ระดับ
1. ประวัติและการจัดการพื้นที่เพาะปลูก			
1.1. ประวัติพื้นที่เพาะปลูก			
1.1.1	มีการประเมินความเสี่ยงของพื้นที่เพาะปลูกใหม่ ซึ่งแสดงว่าเหมาะสมสำหรับการผลิตอาหาร ในเรื่องของความปลอดภัยของอาหาร สุขภาพอนามัยของพนักงาน และการรักษาสภาพแวดล้อม	มีการประเมินความเสี่ยงของพื้นที่เพาะปลูกใหม่ ว่าด้วยความปลอดภัยของการผลิตอาหาร สุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อม ก่อนที่จะเริ่มการเพาะปลูก มีเอกสารแสดงข้อมูลชนิดดิน การพังทลาย คุณสมบัติและระดับน้ำใต้ดิน แหล่งน้ำที่ยั่งยืน ตลอดจนผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง (ดูส่วนขยายที่ ในคำแนะนำ EuropGAP สำหรับการประเมินความเสี่ยงสำหรับพื้นที่ใหม่) เมื่อมีการระบุการประเมินความเสี่ยงที่ไม่สามารถควบคุมในชั้นวิกฤตต่อสุขภาพ/และ/หรือ สิ่งแวดล้อม พื้นที่นั้นต้องไม่นำไปใช้ดำเนินการเพื่อการเพาะปลูก	ต้องมี
1.1.2	มีแผนปฏิบัติการแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงให้น้อยที่สุดตามที่ระบุในแปลงเพาะปลูกใหม่หรือไม่	แต่ละความเสี่ยงที่ถูกระบุความรุนแรง และมีโอกาสต้องมีมาตรการในการป้องกันหรือควบคุมความเสี่ยง	ควรมี
1.2 การจัดการพื้นที่เพาะปลูก			
1.2.1	มีระบบการบันทึกข้อมูลในแต่ละแปลงปลูกสวน หรือโรงเรือนหรือไม่	มีบันทึกที่อ้างอิงถึงแต่ละแหล่งการผลิต ซึ่งครอบคลุมถึงการเพาะปลูก และกิจกรรมทางการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนดด้านเอกสารของ EUREPGAP	ต้อง
1.2.2	สามารถสังเกตเห็นแผนที่แปลง ป้ายที่ระบุแปลงปลูก สวน หรือโรงเรือนที่เด่นชัดหรือไม่	แปลงปลูกหรือโรงเรือนมีสิ่งบ่งชี้ชัดเจน เช่น ข้อความอธิบาย แผนที่แปลง หลักเขต ป้ายแปลง รหัสแปลง ชื่อหมายเลข หรือสีที่ระบุแปลงปลูกสวน หรือโรงเรือนที่เด่นชัด	ควร

ที่มา: มาตรฐาน GLOBALGAP มุลนิธิโครงการหลวง (2557)

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐาน G GAP และ GLOBALGAP (ต่อ)

ลำดับ ที่	ข้อบังคับ	เกณฑ์การยอมรับ	ระดับ
1.2.3	มีการปลูกพืชหมุนเวียนในแปลงปลูกพืช อายุสั้นหรือไม่	มีบันทึกข้อมูลการปลูกพืชหมุนเวียนในแปลงปลูก พืชอายุสั้น	แนะนำ
2.1 แผนที่ดิน			
2.1.1	มีการจัดทำแผนที่เขตดินของฟาร์มหรือไม่	ระบุประเภทของดินในแต่ละพื้นที่ โดยอยู่บน พื้นฐานของข้อมูลดิน หรือการวิเคราะห์ดิน หรือ แผนที่ประเภทของดินในท้องถิ่น	แนะนำ
2.2 การเพาะปลูก			
2.2.1	มีการใช้เทคนิคที่พิสูจน์ว่ามีการปรับปรุง หรือบำรุงรักษาโครงสร้างของดิน และ หลีกเลี่ยงการอัดแน่นของดินหรือไม่	เทคนิควิธีการที่ใช้มีความเหมาะสมกับพื้นที่	แนะนำ
2.3 การพังทลายของหน้าดิน			
2.3.1	มีการใช้เทคนิคด้านเขตกรรม เพื่อลดการ พังทลายของหน้าดินจากน้ำและลมหรือไม่	มีหลักฐานที่เห็นได้ หรือบันทึก เพื่อแสดงว่ามีการ ใช้เทคนิคการทำแนวกันน้ำกักเซาะหน้าดินบน พื้นที่ลาดเอียง มีทางระบายน้ำ การปลูกหญ้า หรือ Green fertilizers การปลูกต้นไม้ หรือไม้ ทรงพุ่มเพื่อลดการพังทลายของหน้าดิน	ควร
2.4 การฆ่าเชื้อในดิน การรมดิน			
2.4.1	มีหลักฐานแสดงเหตุสมควรในการรมคว้น ดินหรือไม่	มีหลักฐานแสดงเหตุสมควรในการใช้สารรมดิน รวมถึงพื้นที่ วันที่ สารออกฤทธิ์ ปริมาณและ วิธีการใช้ วิธีการรมและผู้ปฏิบัติ	ควร
2.4.2	มีการพิจารณาทางเลือกอื่นก่อนการใช้ สารเคมีเพื่อรมดินหรือไม่	เกษตรกรสามารถแสดงให้เห็นว่ามีการประเมิน เพื่อพิจารณาหาทางเลือกในการใช้สารเคมีเพื่อ รมคว้นดินผ่านความรู้ทางด้านวิชาการ เป็นลาย ลักษณ์อักษร หรือได้รับการฝึกอบรมที่ยอมรับได้ ในท้องถิ่น	แนะนำ
2.5 วัสดุปลูก			
2.5.1	เกษตรกรมีการนำวัสดุปลูกกลับมาผ่าน กระบวนการใหม่หรือไม่	เกษตรกรมีการเก็บบันทึกปริมาณและวันที่นำ วัสดุปลูกมาผ่านกระบวนการใหม่ ใบส่งสินค้า/ใบ ขึ้นสินค้าที่รับเข้ามา หากเกษตรกรไม่มีการนำ วัสดุปลูกกลับมาผ่านกระบวนการใหม่ ควรแสดง เหตุผลอันสมควร	แนะนำ
2.5.2	ถ้ามีการใช้สารเคมีเพื่อฆ่าเชื้อวัสดุปลูกที่จะ นำกลับมาใช้ใหม่ มีการบันทึกวันที่ ชนิด สารเคมี วิธีฆ่าเชื้อ และชื่อผู้ปฏิบัติหรือไม่	กรณีใช้สารเคมีฆ่าเชื้อวัสดุปลูกเพื่อนำกลับมาใช้ ใหม่มีบันทึกสถานที่ในการปฏิบัติงาน หากทำนอก แปลงต้องแสดงชื่อและที่ตั้งของบริษัทที่ทำการฆ่า เชื้อ	ต้อง

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐาน GAP และ GLOBALGAP (ต่อ)

ลำดับ	ข้อบังคับ	เกณฑ์การยอมรับ	ระดับ
2.5.3	กรณีใช้สารเคมีเพื่อฆ่าเชื้อในวัสดุปลูกที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีการบันทึกวันที่ ชนิดสารเคมี วิธีฆ่าเชื้อ และชื่อผู้ปฏิบัติหรือไม่	ข้อมูลที่ต้องบันทึก คือ 1) วันที่รมสาร (วัน/เดือน/ปี) 2) ชื่อสามัญ และสารออกฤทธิ์ 3) อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ (เช่น ถัง 100 ลิตร) 4) วิธีการใช้ (แช่ให้เปียก หรือ ฟ่น) และชื่อผู้ปฏิบัติงานกับสารเคมี (บุคคลที่ทำการใช้สารเคมีเพื่อฆ่าเชื้อ)	ควร
2.5.4	มีการอบไอน้ำเพื่อฆ่าเชื้อวัสดุปลูกที่จะนำกลับมาใช้ใหม่หรือไม่	เมื่อนำวัสดุปลูกกลับมาใช้ใหม่ และใช้ทางเลือกในการอบไอน้ำต้องมีเอกสารมาแสดงด้วย	แนะนำ
2.5.5	มีการใช้เทคนิคที่พิสูจน์ว่ามีการปรับปรุงหรือบำรุงรักษาโครงสร้างของดิน และหลีกเลี่ยงการอัดแน่นของดินหรือไม่	เทคนิควิธีการที่ใช้มีความเหมาะสมกับพื้นที่	แนะนำ
3. การใช้ปุ๋ย			
3.1 คำแนะนำเรื่องปริมาณและชนิดปุ๋ย			
3.1.1	สามารถแสดงให้เห็นว่า ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบทางเทคนิคมีความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับปริมาณ และประเภทของปุ๋ยที่ใช้ได้หรือไม่	มีเอกสารหลักฐานแสดงว่าผู้ใดคำแนะนำทางเทคนิคผ่านการอบรม มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการเลือกใช้ปุ๋ย (ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี)	ควร
3.2 บันทึกการใช้			
3.2.1	มีบันทึกการใช้ปุ๋ยทั้งทางดินและทางใบ (ทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี) ที่ระบุแปลงปลูก สวน หรือ โรงเรือนหรือไม่	บันทึกการใช้ปุ๋ยทั้งหมดนี้ต้องมีการเก็บโดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ ชื่อหรืออ้างอิงแปลงสวนผลไม้ หรือโรงเรือนซึ่งเป็นพื้นที่ที่ผลิตผลนั้นขึ้นทะเบียน	ควร
3.2.2	มีการบันทึกวันที่ใช้ปุ๋ยทางดินและทางใบ (ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี) รวมทั้งประเภทของปุ๋ยที่ใช้หรือไม่	บันทึกต้องแสดงรายละเอียดที่ชัดเจนของวันที่ใช้ปุ๋ย (วัน/เดือน/ปี)	ควร
3.2.3	มีการบันทึกชนิดปุ๋ยทางดินหรือทางใบหรือไม่ (ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี) หรือไม่	บันทึกชนิดปุ๋ย เช่น ชื่อ การ ค้า องค์ประกอบ (เช่น N,P,K) หรือสัดส่วนความเข้มข้น (เช่น 17-17-17)	ควร
3.2.4	มีการบันทึกปริมาณปุ๋ยทั้งทางดินและทางใบ (ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี) หรือไม่	มีการบันทึกปริมาณที่ใช้ อาจเป็นรูปน้ำหนัก หรือปริมาตร	ควร

ที่มา: มาตรฐาน GLOBALGAP มูนิธิโครงการหลวง (2557)

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐาน GAP และ GLOBALGAP (ต่อ)

ลำดับ	ข้อบังคับ	เกณฑ์การยอมรับ	ระดับ
3.2.5	มีบันทึกวิธีการใช้ปุ๋ย ทางดินและทางใบ (ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี) หรือไม่	มีบันทึกรายละเอียดการใช้ปุ๋ยทางดินและทางใบ (ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี) เช่น ชนิดอุปกรณ์และวิธีการ (เช่น การให้น้ำแบบชลประทานหรือการให้น้ำด้วยเครื่องจักรกล)	ควร
3.2.6	มีการลงชื่อของผู้ปฏิบัติการให้ปุ๋ยทางดินและทางใบ (ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี) หรือไม่	มีการบันทึกชื่อของผู้ปฏิบัติการให้ปุ๋ยทางดินและทางใบ (ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี)	ควร
3.3 การใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร			
3.3.1	มีการดูแลเครื่องจักรที่ใช้ในการให้ปุ๋ยให้อยู่ในสภาพดีหรือไม่	มีเอกสารบันทึกการดูแลรักษาอุปกรณ์ และเครื่องมือหรือมีใบแจ้งการซื้อชิ้นส่วนในการซ่อมหรือเปลี่ยนสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการใส่ปุ๋ยในแปลง	ควร
3.3.2	มีการทวนสอบเครื่องจักรที่ใช้ในการให้ปุ๋ยเป็นประจำทุกปีเพื่อให้แน่ใจถึงความแม่นยำในการให้ปุ๋ยหรือไม่	มีบันทึกแสดงให้เห็นว่ามีการทวนสอบเครื่องจักรที่ใช้ในการให้ปุ๋ยเคมีเป็นประจำทุกปี ซึ่งอาจจะกระทำโดยบริษัทที่รับผิดชอบหรือเจ้าหน้าที่เทคนิค ภายในระยะเวลา 12 เดือนการทวนสอบการสอบเทียบต้องครอบคลุมปริมาณที่ใช้ต่อครั้งและต่อหน่วยพื้นที่	แนะนำ
3.4 การจัดการเก็บรักษาปุ๋ย			
3.4.1	มีการปรับบัญชีคงเหลือของปุ๋ยเคมีที่เป็นปัจจุบันและตรงตามความเป็นจริงหรือไม่	บัญชีคงเหลือของปุ๋ยเคมีในปัจจุบัน แสดงปุ๋ยที่เก็บในท้องเก็บของ (เช่น ชนิดและจำนวน) และตรงตามความเป็นจริง สามารถตรวจสอบได้ และข้อมูลมีการลงบันทึกให้เป็นปัจจุบันอย่างน้อยทุก 3 เดือน	ควร
3.4.2	มีการจัดเก็บปุ๋ยเคมีแยกจากผลิตภัณฑ์อารักขาพืชหรือไม่	ข้อกำหนดพื้นฐานคือ การเก็บปุ๋ยเคมีในสภาพที่มีอากาศถ่ายเทและแยกจากผลิตภัณฑ์อารักขาพืช เพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้ามระหว่างปุ๋ยและผลิตภัณฑ์อารักขาพืช	ควร
3.4.3	มีการจัดเก็บปุ๋ยเคมีในสถานที่มืดชิดหรือไม่	สถานที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับการจัดเก็บปุ๋ยเคมีทุกชนิด	ควร

ที่มา: มาตรฐาน GLOBALGAP มุลนิธิโครงการหลวง (2557)

3.2.3 มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เป็นมาตรฐานขั้นต่ำที่พัฒนาขึ้นโดยคณะอนุกรรมการมาตรฐาน สำนักมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.) ตามแนวทางมาตรฐานเกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Federation of Organic Agricultural Movements, IFOAM) และได้รับการอนุมัติโดยที่ประชุมสมัชชาสมาชิกของ มกท.ซึ่งมีมาตรฐานครอบคลุมในเรื่องการผลิตพืชอินทรีย์ การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปผลิตภัณฑ์อินทรีย์ที่

ได้จากพืชในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การรับรองผลผลิตจากฟาร์มจนกระทั่งการนำผลผลิตนั้นมาแปรรูปขายเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป (สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2544) โครงการหลวงเริ่มดำเนินงาน “โครงการผักอินทรีย์” เมื่อปี พ.ศ. 2545 โดยเป็นโครงการที่มุ่งเน้นการผลิตผักเมืองหนาว โดยไม่ใช้สารเคมี ไม่ใช้พันธุ์พืช GMOs ใช้แต่วิสดูธรรมชาติ และข้อได้เปรียบด้านความหลากหลายทางชีวภาพบนพื้นที่สูง เพื่อเพิ่มความทนทานต่อโรคและแมลงให้กับพืชที่ปลูก รวมถึงการนำพื้นฐานงานวิจัยด้านต่าง ๆ มาใช้เป็นฐานในการพัฒนาและส่งเสริมเกษตรกร เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ประเทศไทย โดยในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะเงื่อนไขของการจัดการฟาร์มโดยรวม การจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย เท่านั้น (ตารางที่ 3.3) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์

ลำดับ ที่	ข้อบังคับ
1. การจัดการฟาร์มโดยรวม	
1.1 หลักการทั่วไป	
1.1.1	เกษตรกรต้องสมัครเป็นสมาชิกผู้ปลูกพืชอินทรีย์โครงการหลวง
1.1.2	เกษตรกรใหม่ต้องเข้าสู่ “ระยะปรับเปลี่ยน” โดยเกษตรกรต้องเริ่มปฏิบัติตามมาตรฐานพืชอินทรีย์ที่โครงการหลวงกำหนดมูลนิธิโครงการหลวงอาจยกเว้นระยะการปรับเปลี่ยนได้ หากพื้นที่การผลิตนั้นได้ทำการเกษตรตามหลักการในมาตรฐานพืชอินทรีย์ที่โครงการหลวงกำหนดมาเป็นเวลาหลายปีแล้ว หรือเป็นพื้นที่รกร้างว่างเปล่า ไม่น้อยกว่า 3 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหลักฐานที่นำมายืนยัน
1.1.3	เกษตรกรต้องเข้ารับการอบรม และ/หรือมีการประชุมชี้แจงเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกำหนดในการปลูกพืชอินทรีย์
1.1.4	ต้องแยกแปลงที่ทำเกษตรอินทรีย์และเกษตรเคมีหรือเกษตรทั่วไปที่ไม่ขอรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ให้ชัดเจน
1.1.5	พืชที่ปลูกในแปลงเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ขอรับรองและแปลงที่อยู่ในระยะปรับเปลี่ยนไม่ควรเป็นพืชชนิดเดียวกันกับที่ปลูกในแปลงเกษตรอินทรีย์ยกเว้น เป็นพืชคนละพันธุ์ (Varieties) ซึ่งสามารถแยกความแตกต่างได้ชัดเจน
1.1.6	ผู้ผลิตต้องจัดทำบันทึกการผลิต การใช้ปัจจัยการผลิต บันทึกและ/หรือเอกสารการซื้อปัจจัยการผลิต ที่แสดงให้เห็นแหล่งที่มา ชนิด และปริมาณรวมทั้งบันทึกการขายผลผลิตพืชอินทรีย์
1.1.7	ผู้ผลิตต้องแยกเครื่องมือที่ใช้ในแปลงอินทรีย์และแปลงเกษตรเคมีหรือเกษตรทั่วไป โดยเฉพาะถังพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช
1.1.8	ในกรณีที่แปลงข้างเคียงใช้สารเคมี ต้องทำแนวกันชนความกว้างไม่น้อยกว่า 1 เมตร และควรปลูกพืชในแนวกันชนนั้น เพื่อป้องกันการปนเปื้อนสารเคมีจากแปลงข้างเคียง
1.1.9	พื้นที่การผลิตที่ได้รับการรับรองเป็นเกษตรอินทรีย์แล้ว จะต้องไม่ปรับเปลี่ยนเป็นเกษตรเคมีและเกษตรอินทรีย์กลับไปกลับมาทั้งนี้โครงการหลวงอาจไม่พิจารณารับรองพื้นที่การผลิตแปลงใหม่ให้ ถ้าพื้นที่การผลิตแปลงเดิมเลิกทำเกษตรอินทรีย์ โดยไม่มีเหตุผลอันสมควร
1.1.10	ห้ามใช้สารเคมีทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และฮอร์โมนสังเคราะห์ที่ไม่อนุญาตให้มีการผลิตพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิก
1.1.11	ห้ามใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีการดัด ต่อ หรือดัดแปลงพันธุกรรม (GMOs)

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (2544)

ตารางที่ 3.3 เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (ต่อ)

ลำดับ ที่	ข้อบังคับ
1.1.12	ห้ามเผาตอซังหรือเศษวัสดุในแปลง ยกเว้น ในกรณีเกิดโรคระบาดรุนแรงและในกรณีการทำไร่ข้าว หมุนเวียนในที่สูงแต่ควรเผาเท่าที่จำเป็น
1.1.13	ห้ามใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ชีวภัณฑ์ และปัจจัยการผลิตอื่น ๆ ที่ไม่ผ่านการอนุญาตจากโครงการหลวง
1.1.14	ห้ามใช้มูลคนมาเป็นปุ๋ย
1.1.15	ห้ามใช้มูลสัตว์ที่ไม่ผ่านการหมัก
1.1.16	ห้ามนำผลิตผลเกษตรเคมี/เกษตรทั่วไป หรือที่ไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานพืชอินทรีย์ มาขายเป็นผลิตผล อินทรีย์
1.1.17	ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงการผลิต เช่น การลดหรือขยายพื้นที่การผลิต การเปลี่ยนชนิดพืชที่ปลูก การเพิ่มชนิด พืชที่ขอรับรอง การเลิกปลูกผักอินทรีย์เพื่อไปปลูกผัก GAP ฯลฯ เกษตรกรจะต้องแจ้งให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริม ผักอินทรีย์หรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของศูนย์ฯ ทราบทันที
1.1.18	การรับรองมาตรฐานพืชอินทรีย์ มีอายุ 1 ปี สำหรับการต่ออายุการรับรอง ทางศูนย์ต้องจัดทำเอกสาร ยืนยันข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรให้กับส่วนกลาง
2. การจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย	
2.1 การจัดการทั่วไป	
2.1.1	ควรมีการตรวจวิเคราะห์ดินอย่างน้อย 1 ครั้ง เพื่อวางแผนปรับปรุงดิน และวางแผนการจัดการธาตุอาหาร ให้เหมาะสม รวมทั้งเป็นแนวทางในการเลือกชนิดพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่
2.1.2	ควรรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างของดินที่เหมาะสมต่อพืชปลูก ในกรณีที่จำเป็นอาจใช้ปูนขาว โดโลไมท์ ปูนมาร์ล หรือซีเมนต์ เป็นต้น
2.1.3	ควรมีการปลูกพืชตระกูลถั่วหรือพืชบำรุงดินอื่น ๆ เป็นปุ๋ยพืชสด โดยอาจปลูกก่อนหรือหลังพืชหลัก หรือ ปลูกเป็นพืชหมุนเวียน หลีกเลี่ยงหรือลดการใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ เช่น รถแทรกเตอร์เนื่องจากทำให้เนื้อ ดินแน่นแข็ง ดินไม่ร่วนซุย การระบายน้ำไม่ดี
2.1.4	ควรมีมาตรการอนุรักษ์น้ำหรือการจัดการน้ำอย่างเหมาะสมในฟาร์ม
2.2 การปรับปรุงบำรุงดิน	
2.2.1	ต้องพยายามนำอินทรีย์วัตถุทั้งจากพืชและสัตว์ภายในฟาร์มหรือในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดใน การปรับปรุงบำรุงดิน และลดการใช้อินทรีย์วัตถุที่นำมาจากนอกฟาร์ม
2.2.2	อนุญาตให้ใช้ปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน เฉพาะตามรายการที่ระบุอยู่ในภาคผนวก 1 ของมาตรฐานเกษตร อินทรีย์ มกท.
2.2.3	ห้ามนำมูลสัตว์ที่ยังไม่ผ่านการหมักเบื้องต้น (Aging) มาใช้กับพืชโดยตรง ยกเว้นมีการผ่านความร้อนจน แห้งดีแล้ว หรือใช้ในการเตรียมดิน โดยคลุกดินทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 1 เดือน ก่อนการปลูกพืช
2.2.4	ห้ามใช้อินทรีย์วัตถุที่มีส่วนผสมจากอูจจาระของมนุษย์มาใช้เป็นปุ๋ย
2.2.5	ห้ามใช้ปุ๋ยหมักจากขยะเมือง เพราะมีปัญหาการปนเปื้อนจากโลหะหนัก
2.2.6	ในกรณีที่ใช้มูลสัตว์ปีกหรือผลพลอยได้จากการเลี้ยงสัตว์จากฟาร์ม ต้องมาจากฟาร์มที่เลี้ยงแบบปล่อยรวม เป็นฝูงหรือไม่มีการจำกัดอาณาเขตจนทำให้สัตว์นั้นเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ผิดธรรมชาติและต้อง ระบุแหล่งที่มา

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (2544)

ตารางที่ 3.3 เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (ต่อ)

ลำดับ ที่	ข้อบังคับ
2.2.7	อนุญาตให้ใช้ปุ๋ยหมักทั้งที่ผลิตเองในฟาร์มและที่นำมาจากภายนอกฟาร์มได้ แต่ส่วนประกอบที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักต้องมาจากอินทรีย์วัตถุตามที่ระบุอยู่ในภาคผนวก 1 ของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกท. และต้องแจ้งส่วนประกอบของอินทรีย์วัตถุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักและต้องระบุแหล่งที่มา
2.2.8	ในการทำปุ๋ยหมัก อาจใช้ปุ๋ยแร่ธาตุเสริมในการทำปุ๋ยหมักเพื่อเพิ่มธาตุอาหารได้ เช่น การใช้หินฟอสเฟต บดละเอียดเพื่อเพิ่มธาตุฟอสฟอรัส หรือการใช้หินฝุ่นกรวไฟต์เพื่อเพิ่มธาตุโพแทสเซียม
2.2.9	อนุญาตให้ใช้อินทรีย์วัตถุที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมมาทำปุ๋ยหมักได้ แต่ต้องขออนุมัติจาก มกท. ก่อน
2.2.10	ในกรณีที่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินที่นำมาใช้จากนอกฟาร์ม เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยแร่ธาตุ ผลพลอยได้จากโรงงาน อุตสาหกรรม ฯลฯ มีความเสี่ยงที่จะมีส่วนประกอบของโลหะหนักและ/หรือสารไม่พึงประสงค์อื่น ๆ ปะปน อยู่ควรนำปุ๋ยและสารปรับปรุงดินดังกล่าวไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสาร ก่อนที่จะนำมาใช้ในฟาร์ม โดย จะต้องมิให้โลหะหนักเจือปนไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้ในภาคผนวก 6 ของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกท.
2.2.11	อนุญาตให้ใช้ปุ๋ยแร่ธาตุเป็นธาตุเสริมในดินได้เฉพาะในกรณีที่มิได้มีการปรับปรุงบำรุงดินในระยะยาว โดย ใช้ร่วมกับวิธีการอื่นๆ เช่น การหมุนเวียนธาตุอาหารภายในฟาร์ม การปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสด การ ปลูกพืชหมุนเวียน และการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน
2.2.12	การใช้ปุ๋ยธาตุอาหารรอง (ตามรายการในภาคผนวก 1 ของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกท.) อาจอนุญาตให้ ใช้ได้ในกรณีที่พืชแสดงอาการขาดธาตุอาหารรองอย่างชัดเจน ทั้งนี้ผู้ผลิตต้องชี้แจงถึงปัญหาและความ พยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการอื่น ๆ แล้ว และ/หรือมีผลการตรวจดินและเนื้อเยื่อพืชเพื่อประกอบการ พิจารณา
2.2.13	อนุญาตให้ใช้เชื้อจุลินทรีย์เพื่อปรับปรุงดินทำปุ๋ยหมัก กำจัดน้ำเสีย และกำจัดกลิ่นในคอกปศุสัตว์แต่ห้ามใช้ จุลินทรีย์ที่มาจากกระบวนการทางพันธุวิศวกรรม
2.2.14	ห้ามใช้ Chilean nitrate และปุ๋ยไนโตรเจนสังเคราะห์ทุกชนิด รวมถึงปุ๋ยยูเรีย
2.3 การอนุรักษ์ดินและน้ำ	
2.3.1	ห้ามเผาตอซังหรือเศษวัสดุในแปลงเกษตรเพราะเป็นการทำลายอินทรีย์วัตถุ และจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ใน ดิน ยกเว้นมีเหตุจำเป็น เช่น กำจัดแหล่งระบาดของศัตรูพืชหรือการทำไร่ข้าวหมุนเวียนในที่สูง ทั้งนี้ควร เผาเท่าที่จำเป็น
2.3.2	ในกรณีที่พื้นที่มีความเสี่ยงต่อการพังทลายของดิน ผู้ผลิตต้องมีมาตรการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน เช่น การปลูกหญ้าแฝก การปลูกขวางแนวลาดเอียง ฯลฯ
2.3.3	ผู้ผลิตต้องมีมาตรการการใช้น้ำอย่างเหมาะสม รวมถึงการรักษาคุณภาพน้ำ การหมุนเวียนการใช้น้ำภายใน ฟาร์ม และการบำบัดน้ำทิ้งเพื่อนำมาใช้ใหม่
2.3.4	ในกรณีที่มีการเลี้ยงสัตว์ (รวมถึงสัตว์ปีก) ภายในพื้นที่ที่ขอรับรอง ผู้ผลิตต้องมีมาตรการจัดการทุ่งหญ้า เลี้ยงสัตว์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อดินเสื่อมหรือแหล่งน้ำเกิดมลพิษ

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (2544)

ตารางที่ 3.3 เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (ต่อ)

ลำดับ ที่	ข้อบังคับ
2.4 การป้องกันกำจัดศัตรูพืช / โรคพืช / วัชพืช	
2.4.1	ไม่อนุญาตให้ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทุกชนิด
2.4.2	อนุญาตให้ใช้วิธีการและผลิตภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชรวมทั้งสารปรุงแต่งที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชเฉพาะตามบัญชีรายชื่อของมูลนิธิโครงการหลวงและตามรายการที่ระบุอยู่ในภาคผนวก 1 (ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 5) ของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกท. เท่านั้น
2.4.3	วิธีการและผลิตภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ได้ระบุไว้ในภาคผนวก 1 (ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 5) ของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกท. อาจอนุญาตให้ใช้ได้เมื่อได้รับการตรวจสอบจากมกท.ตามแนวทางการประเมินปัจจัยการผลิตในภาคผนวก 4 ของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกท.
2.4.4	ห้ามใช้ถึงพ่นผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชร่วมกันกับการผลิตพืชมาตรฐานอื่น ๆ
2.4.5	ห้ามใช้ผงซักฟอกหรือสารจับใบสังเคราะห์ทุกชนิด
2.4.6	สามารถใช้สบู่อ่อน วานหางจะเข้ ผักส้มป่อย หรือผลมะคำดีควาย เป็นสารจับใบได้
2.4.7	อนุญาตให้ใช้วิธีการและการควบคุมโดยชีววิธีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เช่น การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา เชื้อแบคทีเรียบาซิลลัส ซับทิลิสในการควบคุมโรคพืช เชื้อแบคทีเรียบาซิลลัส ทูริงเยนซิส เชื้อราบีวาเรีย เชื้อราเมทาไรเซียม ควบคุมแมลงศัตรูพืช เป็นต้น แต่ต้องระวังมิให้มีผลกระทบต่อสมดุลระหว่างศัตรูพืชกับแมลงและสิ่งมีชีวิตที่เป็นศัตรูธรรมชาติในฟาร์ม
2.4.8	อนุญาตให้ใช้ความร้อนในการอบฆ่าแมลงและเชื้อโรคในดินได้เฉพาะในเรือนเพาะชำในกรณีที่ต้องการเพาะกล้าหรือเมล็ดที่มีความอ่อนแอต่อโรคเท่านั้น
2.4.9	อนุญาตให้ใช้ทางไหลหรือไล่ดินได้แต่สำหรับพืชกินใบต้องทิ้งไว้อย่างน้อย 7 วันก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตและต้องใช้อย่างระมัดระวัง เนื่องจากเป็นพืชต่อสัตรูเลื้อย เช่น ปลูก
2.4.10	ควรส่งเสริมให้มีการแพร่ขยายชนิดของสัตว์และแมลงที่เป็นศัตรูธรรมชาติ (ตัวห้ำตัวเบียน) เช่น การปลูกไม้ดอกแซมในไร่การปลูกพืชให้เป็นที่อยู่ของสัตว์และแมลงที่เป็นศัตรูธรรมชาติหรือสร้างรังให้นก
2.4.12	ควรปลูกพืชขับไล่แมลงเป็นพืชร่วมในแปลงปลูกพืชเนื่องจากพืชไล่แมลง จะช่วยลดปัญหาแมลงศัตรูพืชได้
2.4.13	หลีกเลี่ยงการปลูกพืชชนิดเดิมต่อเนื่องกันเพื่อลดปัญหาการระบาดของโรคและแมลงเช่นไม่ควรปลูกผักชนิดเดิมซ้ำบนแปลงเดียวกันแต่ควรปลูกผักหรือพืชอื่นหมุนเวียนกันในแปลง
2.4.14	ใช้วิธีเขตกรรมเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของวัชพืชเช่นการไถกลบ การปลูกพืช หมุนเวียนการปลูกพืชร่วมการปลูกพืชคลุมดิน การใช้วัสดุคลุมดินจากธรรมชาติ
2.4.15	หมั่นสำรวจตรวจแปลงปลูกอย่างสม่ำเสมอเพื่อเป็นการเฝ้าระวังการระบาดของศัตรูพืช
2.4.16	ควรใช้หลักการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช
2.4.17	ระบบการผลิตภายในฟาร์มต้องเอื้อให้เกิดความสมดุลของสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติเพื่อช่วยลดปัญหาการรบกวนจากแมลงศัตรูพืช โรคพืชและวัชพืช
2.5 สารเร่งการเจริญเติบโตและสารอื่น ๆ	
2.5.1	ห้ามใช้สารเคมีสังเคราะห์เร่งการเจริญเติบโตทุกส่วนของพืช เช่น IBA และ NAA ในการขยายพันธุ์พืช
2.5.2	ห้ามใช้สิ่งสังเคราะห์ในการย้อมสีผลไม้เพื่อให้ดูสวยงาม

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (2544)

ตารางที่ 3.3 เงื่อนไขข้อบังคับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อบังคับ
2.5.3	อนุญาตให้ใช้สารเร่งการเจริญเติบโตและสารปรุงแต่งอื่น ๆ เฉพาะที่ระบุของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกท. สารอื่น ๆ นอกเหนือจากที่ระบุไว้อาจอนุญาตให้ใช้ได้เมื่อได้รับการตรวจสอบจาก มกท. ตาม แนวทางการประเมินปัจจัยการผลิต
2.6 การป้องกันการปนเปื้อน	
2.6.1	ในกรณีที่แปลงเกษตรอินทรีย์อาจได้รับการปนเปื้อนจากแปลงข้างเคียงที่มีการใช้สารเคมีแหล่งมลพิษ และแหล่งปนเปื้อน ผู้ผลิตต้องมีแนวกันชนป้องกันการปนเปื้อนสารเคมีจากแปลงข้างเคียงโดยมีขนาด กว้างไม่น้อยกว่า 1 เมตร โดยแนวกันชนดังกล่าวต้อง
2.6.1.1	ในกรณีที่มีการปนเปื้อนทางอากาศ ต้องมีการปลูกพืชเป็นแนวกันลม เพื่อป้องกันการปนเปื้อนที่ มาจากการฉีดยาฆ่าแมลงทางอากาศ โดยพืชที่ปลูกเป็นแนวกันลมไม่สามารถจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ อินทรีย์ได้ ดังนั้นพืชที่ปลูกเป็นแนวกันลมจึงต้องเป็นพืชคนละพันธุ์กับพืชที่ต้องการจะขอรับรอง ซึ่ง สามารถแยกความแตกต่างกันได้โดยง่าย
2.6.1.2	ในกรณีที่มีการปนเปื้อนทางน้ำจะต้องมีการทำคันดินล้อมรอบแปลงหรือทำร่องน้ำ เพื่อป้องกันการ ปนเปื้อนสารเคมีที่มาจากน้ำ ทั้งนี้ในกรณีที่แปลงเกษตรอินทรีย์นั้นอยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการ ปนเปื้อนมาก อาจพิจารณาให้ขยายขนาดแนวกันชนเพิ่มขึ้น
2.6.2	ห้ามใช้เครื่องมือที่ใช้ฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชหรือสารเคมีที่ใช้ในระบบเกษตรเคมีปะปนกับ เครื่องมือฉีดพ่นที่ใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์
2.6.3	ในกรณีที่มีการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร เช่น เครื่องเก็บเกี่ยว เครื่องนวด ฯลฯ ร่วมกันทั้งฟาร์ม เกษตรเคมีและอินทรีย์ ต้องทำความสะอาดเครื่องจักรดังกล่าวก่อนที่จะนำไปใช้ในแปลงเกษตร อินทรีย์
2.6.4	ห้ามเก็บปัจจัยการผลิตที่ไม่อนุญาตไว้ในฟาร์มอินทรีย์
2.6.5	การเก็บปัจจัยการผลิตอินทรีย์และเคมีจะต้องแยกกันชัดเจน

ที่มา: คู่มือการปลูกผักอินทรีย์โครงการหลวง (2548)

3.3 พื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง

จากรายงานผลการปฏิบัติงานพัฒนาส่งเสริมผักปี 2555 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง รวมทั้ง 32 ศูนย์ฯ มีทั้งหมด 13,087 ไร่ แยกเป็นพื้นที่ปลูกผัก GAP, GOBALGAP และ Organic จำนวน 8,730,369 และ 4,022 ไร่ ตามลำดับ มีเกษตรกรผู้ปลูกผักภายใต้มาตรฐานดังกล่าวจำนวน 4,137, 194 และ 1,769 ราย ตามลำดับ (ตารางที่ 3.4)

เพื่อให้การผลิตผักเป็นไปตามสภาพความเหมาะสมของพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวงจึงได้จัดกลุ่มพื้นที่ ศูนย์ฯ ตามกลุ่มการปลูกพืชแบ่งเป็น 8 กลุ่มศูนย์ใหญ่ โดยข้อมูลจำนวนเกษตรกร พื้นที่ปลูกผัก และมูลค่าการ ปลูกผักของแต่ละกลุ่มศูนย์ฯ ในปี พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2556 ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 พื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง

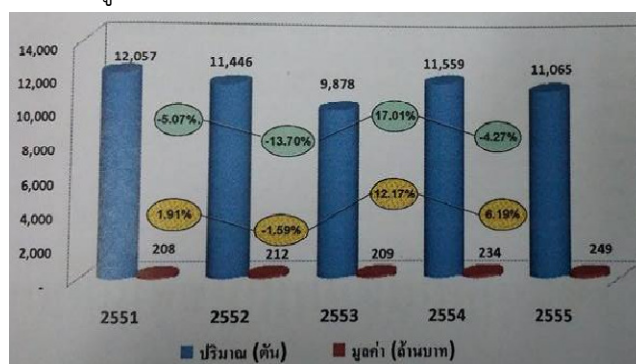
มาตรฐาน	สถาบันรับรอง	จำนวนศูนย์ฯ (ศูนย์ฯ)	จำนวน เกษตรกร (ราย)	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ชนิดผัก
GAP	DOA	37	4,137	8,730	220
GOBAL-GAP	BVC	18	194	369	24
Organic	DOA	15	610	1,485	39
	IFOAM	15	570	1,465	39
	AVA	14	616	1,038	26
		รวม	6,127	13,087	

ที่มา: งานพัฒนาและส่งเสริมผัก (2555)

3.4 ผลผลิตและมูลค่าผลผลิตพืชผักโครงการหลวงในระหว่างปี พ.ศ. 2551-2555

ปริมาณและมูลค่าผักของโครงการหลวง ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2555 ได้แสดงไว้ในภาพที่ 3.1 ซึ่งเห็นว่าผลผลิตปริมาณและมูลค่าผักโครงการหลวงมีแนวโน้มลดลงมากกว่าเพิ่มขึ้น โดยผลผลิตผักในปี พ.ศ. 2554-2555 มีผลผลิตผักทั้งหมด 11,559-11,065 ตันต่อปี คิดเป็นรายได้มูลค่า 234-326 ล้านบาทต่อปี และมีปัญหาเรื่องดินเสื่อมคุณภาพ (ฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง, 2555) แสดงให้เห็นว่ามูลนิธิโครงการหลวงใช้ทรัพยากรดินเป็นปัจจัยหลักในกระบวนการผลิตผัก ซึ่งผลผลิตผักของมูลนิธิโครงการหลวงมีปริมาณและคุณภาพลดลง พร้อมกับการเสื่อมลงของคุณภาพดินจากผลวิเคราะห์ดินในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวงของศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง กรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ปี พ.ศ. 2554-2555 ดินมีความเป็นกรดจัดถึงจัดมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.6 และมีแนวโน้มเป็นกรดมากขึ้น ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก และในขณะเดียวกันก็มีการใช้รูปแบบที่ดินในการทำ การเกษตรเพื่อผลิตผักที่เข้มข้นขึ้นอีกด้วย ดังนั้นปริมาณและผลผลิตผักของโครงการหลวงจึงขึ้นอยู่กับผลผลิตภาพของดิน ซึ่งเป็นการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 3.1 ปริมาณและมูลค่าผัก ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2555



ที่มา: ฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 3.5 จำนวนเกษตรกร พื้นที่ และมูลค่าผักโครงการหลวง ประจำปี 2555

	เกษตรกร (ราย)				พื้นที่ (ไร่)				มูลค่าผลผลิต (ล้านบาท)	
	GAP	GGP	Organic	รวม	GAP	GGP	Organic	รวม	เป้าหมาย	ผล
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 1 จำนวน 5 ศูนย์ฯ										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก๋น้อย	147	0	5	152	206	0	22	228	5.60	4.20
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	313	5	0	318	425	1.1	0	426	6.50	5.70
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	39	0	0	39	0	0	0	0	1.50	1.22
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม	119	0	0	119	238	0	0	238	5.30	5.10
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอ่างช้าง	69	1	117	187	123	33.5	117	274	10.00	9.80
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 2 จำนวน 4 ศูนย์ฯ										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปึงค่า	16	0	0	16	16	0	0	16	0.50	0.77
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงผาตั้ง	10	2	0	12	32	0	0	52	0.60	1.03
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยแล้ง	7	0	0	7	7.5	0	0	7.5	0.40	0.12
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโง๊ะ	0	0	0	0	15.25	0	0	15.25	ไม่มีข้อมูล	1.27
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 3 จำนวน 4 ศูนย์ฯ										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง	129	0	0	129	212	0	0	212	4.00	3.20
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำซุ่น	61	0	0	61	31	0	0	31	0.60	0.15
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำริน	22	0	19	41	22	0	74	96	1.60	1.61
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปุนหลวง	131	1	2	134	319.75	5	4	328.75	11.00	12.00

ที่มา: ฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 3.5 จำนวนเกษตรกร พื้นที่ และมูลค่าผักโครงการหลวง ประจำปี 2555 (ต่อ)

	เกษตรกร (ราย)				พื้นที่ (ไร่)				มูลค่าผลผลิต (ล้านบาท)	
	GAP	GGP	Organic	รวม	GAP	GGP	Organic	รวม	เป้าหมาย	ผล
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 4 จำนวน 3 ศูนย์										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ	29	15	0	44	8.21	6.41	0	14.62	6.50	7.89
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สะเรียง	40	2	0	42	11.02	1.12	0	12.14	2.70	3.17
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ลาน้อย	22	5	0	27	8.03	3.74	0	11.77	3.00	3.04
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 5 จำนวน 4 ศูนย์										
สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์	225	6	92	323	350	0	230	580	25.00	25.60
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนแปะ	210	0	0	210	350	0	0	350	6.00	5.10
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย	75	0	26	101	150	0	98	248	2.79	2.86
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอุ๋ง	24	0	0	24	43	0	0	43	1.50	0.90
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 6 จำนวน 5 ศูนย์										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	373	16	5	394	1200	28.5	9.25	1237.75	30.00	32.00
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง	377	30	48	455	1132.75	49.5	174.25	1356.5	24.00	24.90
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์	80	0	54	134	87	0	91.5	178.5	3.00	3.30
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สะป๊อก	150	10	43	203	122	8	65	195	9.00	7.00
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง	113	0	0	113	273	0	0	273	11.00	10.50
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	373	16	5	394	1200	28.5	9.25	1237.75	30.00	32.00

ที่มา: ฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 3.5 จำนวนเกษตรกร พื้นที่ และมูลค่าผักโครงการหลวง ประจำปี 2555 (ต่อ)

	เกษตรกร (ราย)				พื้นที่ (ไร่)				มูลค่าผลผลิต (ล้านบาท)	
	GAP	GGP	Organic	รวม	GAP	GGP	Organic	รวม	เป้าหมาย	ผล
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 7 จำนวน 9 ศูนย์										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แพะ	144	10	0	154	227	15	0	242	6.00	6.60
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางตะ	65	0	0	65	150	0	0	150	7.50	7.99
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่	130	9	0	139	140	10	0	150	12.00	10.65
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยเสี้ยว	41	0	0	41	35	0	0	35	2.00	1.96
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	0	0	84	84	0	0	143.75	143.75	4.50	4.08
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ	117	0	0	117	460	0	0	460	ไม่มีข้อมูล	
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเรา	43	4	0	47	32	4.5	0	36.5	ไม่มีข้อมูล	
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่หลอด	15	0	0	15	55	0	0	55	0.75	0.36
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย	129	19	0	148	384	78.19	0	462.19	26.00	23.80
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 8 จำนวน 3 ศูนย์										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก	18	4	0	22	20	5	0	25	1.50	1.10
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ	247	11	61	319	363.5	7.4	255	625.9	7.50	6.70
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงพระบาทห้วย ต้ม	29	0	4	33	20	0	16	36	1.30	0.72
รวม	4,132	166	565	4,863	8,469	285	1,309	10,084	271.14	268.39

ที่มา: ฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 3.6 จำนวนเกษตรกร พื้นที่ และมูลค่าผักโครงการหลวง ประจำปี 2556

	เกษตรกร (ราย)				พื้นที่ (ไร่)				มูลค่าผลผลิต (ล้านบาท)	
	GAP	GGP	Organic	รวม	GAP	GGP	Organic	รวม	เป้าหมาย	ผล
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 1 จำนวน 5 ศูนย์ฯ										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก๋น้อย	104	0	8	112	179	0	26	205	6.50	7.70
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	264	16	0	280	528	31	0	559	6.20	5.90
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	66	0	0	66	95	0	0	95	1.50	1.60
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม	119	0	0	119	238	0	0	238	5.70	6.90
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอ่างช้าง	72	1	167	240	118	33.5	228	379.5	10.50	11.70
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 2 จำนวน 4 ศูนย์ฯ										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปึงค่า	8	0	0	8	0	0	0	0	0.8	1.83
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงผาตั้ง	9	8	0	17	0	0	0	0	1.2	1.15
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยแล้ง	10	0	0	10	10	0	0	10	0.4	0.20
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโง๊ะ	15	0	0	15	10	0	0	10	1	1.19
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 3 จำนวน 4 ศูนย์ฯ										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง	83	0	0	83	143	0	0	143	3.5	4.50
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำซุ่น	18	0	0	18	8.25	0	0	8.25	0.42	0.24
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำริน	16	0	17	33	16	0	49	65	1.8	1.16
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปอนหลวง	161	1	2	164	376	5	4	385	13	14.00

ที่มา: ฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 3.6 จำนวนเกษตรกร พื้นที่ และมูลค่าผักโครงการหลวง ประจำปี 2556 (ต่อ)

	เกษตรกร (ราย)				พื้นที่ (ไร่)				มูลค่าผลผลิต (ล้านบาท)	
	GAP	GGP	Organic	รวม	GAP	GGP	Organic	รวม	เป้าหมาย	ผล
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 4 จำนวน 3 ศูนย์										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ	28	15	0	43	93	57	0	150	8.00	10.98
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สะเรียง	43	2	0	45	13.27	1.12	0	14.39	4.00	4.73
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ลาน้อย	25	5	0	30	7.08	3.48	0	10.56	3.29	3.01
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 5 จำนวน 4 ศูนย์										
สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์	153	6	92	251	250	0	225	475	25.00	31.83
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนแปะ	220	0	0	220	250	0	0	250	5.50	7.30
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย	75	0	26	101	120	0	28	148	3.00	3.46
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอุ๋ง	20	0	0	20	68.5	0	0	68.5	1.20	5.53
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 6 จำนวน 5 ศูนย์										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	385	10	8	403	1200	19	9.25	1228.25	32.00	49.50
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง	390	8	46	444	1161.75	36	195	1392.75	25.00	32.85
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์	130	0	21	151	199	0	35	234	3.50	5.78
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สะป๊อก	168	10	43	221	112	8	65	185	3.50	9.36
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง	133	0	0	133	276	0	0	276	11.00	14.91
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	385	10	8	403	1200	19	9.25	1228.25	32.00	49.50

ที่มา: ฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 3.6 จำนวนเกษตรกร พื้นที่ และมูลค่าผักโครงการหลวง ประจำปี 2556 (ต่อ)

	เกษตรกร (ราย)				พื้นที่ (ไร่)				มูลค่าผลผลิต (ล้านบาท)	
	GAP	GGP	Organic	รวม	GAP	GGP	Organic	รวม	เป้าหมาย	ผล
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 7 จำนวน 9 ศูนย์										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แพะ	149	9	0	158	253	9	0	262	7	7.15
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางตะ	75	0	0	75	150	0	0	150	7.5	10.49
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่	87	7	0	94	150	7	0	157	11	8.99
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยเสี้ยว	32	0	0	32	29.5	0	0	29.5	2	1.62
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง		0	57	57	0	0	96.25	96.25	4.29	3.43
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ	104	0	0	104	408	0	0	408	4.7	6.13
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเรา	46	4	0	50	36.5	3.75	0	40.25	7	6.7
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่หลอด	13	0	0	13	55	0	0	55	0.45	5.23
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย	97	12	0	109	253	28	0	281	25	31.29
กลุ่มศูนย์ฯ ที่ 8 จำนวน 3 ศูนย์										
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก	18	0	0	18	20	0	0	20	1.30	1.30
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ	181	9	56	246	302.5	6	262.5	571	7.00	8.90
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงพระบาท ห้วยต้ม	30	0	5	35	30	0	170	47	0.80	0.82
รวม	3,932	133	556	4,621	8,359	267	1402	9,875	287.55	378.86

ที่มา: ฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง (2555)

เอกสารอ้างอิง

- งานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง. 2555. ผลการปฏิบัติงานพัฒนาและส่งเสริมผักปี 2555 และ
แผนปฏิบัติงานปี 2556. เชียงใหม่: มูลนิธิโครงการหลวง. น. 260-261.
- มูลนิธิโครงการหลวง. 2557. มาตรฐาน GOBALG.A.P.The Globol Partnership for Good Agricultural
Practice. เชียงใหม่: มูลนิธิโครงการหลวง. 142 น.
- มูลนิธิโครงการหลวง. 2548. คู่มือปลูกผักอินทรีย์โครงการหลวง. เชียงใหม่: มูลนิธิโครงการหลวง. 95 น.
- สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์. 2544. มาตรฐานเกษตรอินทรีย์. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานเกษตร
อินทรีย์.

บทที่ 4

กรมพัฒนาที่ดินและการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการดำเนินงานพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูงของกรมพัฒนาที่ดิน จึงจำเป็นต้องรู้ถึงความเป็นมาวิสัยทัศน์ ภารกิจ แนวคิดการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน และดินปัญหาและแนวทางการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ความเป็นมา

กรมพัฒนาที่ดิน (2556) รายงานว่าจากการเสด็จแปรพระราชฐานมายังพระตำหนักภูพิงคราชนิเวศน์ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเยี่ยมเยียนสุขทุกข์ของราษฎรในภาคเหนือทุกปี พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงตระหนักถึงความทุกข์ยากของราษฎรชาวไทยภูเขาที่นิยมปลูกฝิ่นเพื่อหารายได้ยังชีพ พระองค์ทรงรับทราบถึงปัญหาดังกล่าวที่จะเป็นอันตรายต่อประเทศชาติสืบเนื่องมาจากความทุกข์ยากของราษฎรและการขาดแคลนที่ดินทำกิน ขาดความรู้ในด้านการเกษตรตามที่ตลาดต้องการ ขาดความรู้ในเรื่องการป้องกันที่ดินไม่ให้เสื่อมโทรม อีกทั้งยังไม่มี การปรับปรุงบำรุงดินให้ได้อยู่เสมอ ตลอดจนยังขาดเส้นทางคมนาคมในการส่งผลผลิตสู่ตลาดและยังด้อยความรู้ ในด้านการตลาด จากที่กล่าวมานี้ทำให้เกิดการตัดไม้ทำลายป่า การทำไร่เลื่อนลอยเพื่อหาที่ดินที่อุดมสมบูรณ์ เรา จึงต้องสูญเสียป่าไม้และทรัพยากรไปเป็นจำนวนมาก

ในปี 2512 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจึงได้พระราชทานทรัพย์ส่วนพระองค์จัดตั้ง “โครงการหลวง” ขึ้นเพื่อช่วยประสานงานกับหน่วยงานราชการต่างๆ ให้เร่งรัดดำเนินการแก้ไขปัญหาวาชาอย่างเร่งด่วน โดยมี หม่อมเจ้าภีศเดช รัชนี เป็นผู้สนองพระราชดำริและนำมาปฏิบัติโดยดำรงตำแหน่งองค์อำนวยการโครงการฯ ซึ่งมี ชื่อเรียกโครงการนี้ในสมัยเริ่มงานครั้งแรกว่า “โครงการหลวงพัฒนาชาวเขา” หรือ “โครงการหลวงพัฒนา ภาคเหนือ” ส่วนคณะผู้ทำงานจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่อาสาสมัครออกไปทำการส่งเสริมช่วยเหลือชาวไทยภูเขาใน วันหยุดราชการหรือวันอาทิตย์ จะเรียกงานนี้ว่า “โครงการเกษตรหลวงในพระบรมราชานุเคราะห์” และต่อมาได้ เปลี่ยนชื่อใหม่ให้เหมาะสมอีกครั้งเมื่อปี พ.ศ. 2523 เป็น “โครงการหลวง”

โครงการหลวงมีงานหลักเพื่อสนองพระราชดำริ 4 ขั้นตอน คือ งานวิจัย งานส่งเสริม งานพัฒนาที่ดิน และงานพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคม ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้เข้าร่วมงานอย่างจริงจังในปี พ.ศ. 2519 เมื่อ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้เสด็จพระราชดำเนินไปที่บ้านทุ่งเรา อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และทรงมี พระราชดำริว่า “พื้นที่นี้สมควรที่จะเข้าทำการพัฒนาและจัดที่ดินให้ราษฎรและชาวเขาเข้าทำกินเป็นหลักแหล่ง ถาวร” โดยขอให้ขอให้หน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมป่าไม้ กรมพัฒนาที่ดิน กรมส่งเสริมการเกษตร กรมชลประทาน และกรมวิชาการเกษตร เข้าร่วมดำเนินงาน สำหรับกรมพัฒนาที่ดินซึ่งรับผิดชอบงานพัฒนาที่ดิน ได้ส่งเจ้าหน้าที่ จากกองบริหารที่ดิน กองสำรวจดินและกองจำแนกที่ดินเข้ามาสำรวจบุกเบิกพัฒนาพื้นที่จัดที่ดินทำกิน จัดสร้าง ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ตลอดจนปรับปรุงบำรุงดิน โดยใช้งบประมาณจากกองบริหารที่ดินเป็นบางส่วนและได้รับ เงินสมทบจากโครงการหลวงอีกจำนวนหนึ่ง

ในปี 2552 กรมพัฒนาที่ดิน ได้จัดสรรงบประมาณเพื่อดำเนินการใน “โครงการหลวงพัฒนาที่ดิน” หรือ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “โครงการหลวงพัฒนาชาวเขา” เป็นเจ้าของโครงการเองโดย หม่อมเจ้าภีศเดช รัชนี องค์ อำนวยการโครงการหลวงได้ทำหนังสือถึงสำนักงบประมาณ ขอให้สนับสนุนโครงการหลวง โดยจัดงบประมาณ ให้แก่โครงการหลวงพัฒนาที่ดินเป็นการเฉพาะ ดังนั้นโครงการจึงเริ่มได้รับงบประมาณและเครื่องจักรกลจาก รัฐบาลเพื่อปฏิบัติงานสนองพระราชดำริให้ลุล่วงไปด้วยดี

ในปี 2527 โครงการหลวงพัฒนาที่ดินได้เปลี่ยนชื่อเป็น “ฝ่ายปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ” สังกัด สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 ตำบลตอนแก้ว อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีลักษณะการดำเนินงานเรียกว่า

“ขอจัดพัฒนาที่ดิน” ในเขตพื้นที่เป็นป่าเสื่อมโทรมหรือป่าที่ถูกทำลาย เนื่องจากที่ดินบนภูเขาเป็นของรัฐบาล แต่กรมป่าไม้มีหน้าที่ดูแลรักษาเพื่อป้องกันการตัดไม้ทำลายป่า และบุกรุกที่ทำกินโดยมีกฎหมายเกี่ยวกับป่าไม้ต่าง ๆ คุ่มครองอยู่ ดังนั้นจึงต้องขออนุญาตจากกรมป่าไม้เข้าไปดำเนินการจัดการที่ดินเพื่อการเกษตรและจัดสรรที่อยู่อาศัยให้แก่ชาวไทยภูเขาตลอดจนชาวไทยพื้นราบด้วย

ต่อมาในปี 2536 กรมพัฒนาที่ดินได้มีคำสั่งยกฐานะฝ่ายปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 ขึ้นเป็น “สำนักงานพัฒนาที่ดินที่สูง” และในปี 2546 ได้เปลี่ยนชื่อใหม่อีกเป็น “ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ” เพื่อมุ่งเน้นการปฏิบัติงานพัฒนาพื้นที่สูงในเขตพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงของมูลนิธิโครงการหลวงเป็นต้นมา

ในวันที่ 10 กันยายน 2547 ผู้ร่วมปฏิบัติงานโครงการหลวงในหลายหน่วยงาน ต่างมีความเห็นพ้องต้องกันว่าชื่อ “ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ” ไม่ได้สื่อภารกิจที่ชัดเจนและง่ายต่อการเข้าใจ จึงได้ขออนุมัติกรมพัฒนาที่ดินเปลี่ยนชื่อใหม่เป็น “ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง” โดยใช้ตัวย่อว่า ศ.พ.ล.

4.2 ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง

ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (ศ.พ.ล.) สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่ในเขตพื้นที่สูง และรองรับงานของมูลนิธิโครงการหลวงปัจจุบันศูนย์พัฒนาโครงการหลวง มีทั้งหมด 38 ศูนย์ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 5 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ลำพูนและแม่ฮ่องสอน จำนวน 23 อำเภอ 476 หมู่บ้าน 36,460 ครัวเรือน ครอบคลุมพื้นที่ 2,919 ตารางกิโลเมตร และมีประชากร 166,911 คน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 800 เมตร มีสภาพพื้นที่อยู่ในหุบเขาหรือพื้นที่ป่าสงวน จึงต้องดูแลอย่างใกล้ชิดไม่ให้เกิดการชะล้างพังทลายของผิวดินและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและให้เกษตรกรรู้จักใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่ดินบนพื้นที่สูงได้อย่างถูกต้องเหมาะสม อันจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและอยู่บนพื้นฐานของการปฏิบัติงานของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง รวมทั้งการส่งเสริมกิจกรรมพิเศษต่าง ๆ เช่น การอบรมให้ความรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะต่าง ๆ เป็นต้น

4.2.1 วิสัยทัศน์

ร่วมมือกันพัฒนา รักษาพื้นที่ต้นน้ำ เลิกล้ำด้วยระบบอนุรักษ์ทรัพยากรที่ดิน ให้บริการเพื่อทำกินบนที่สูงแบบยั่งยืน โดยมีปรัชญาดำเนินงาน คือ “การพัฒนาที่ดินบนที่สูง เป็นพื้นฐานของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติที่ยั่งยืน”

4.2.2 ภารกิจหลัก

4.2.2.1 ปฏิบัติงานในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ครอบคลุมพื้นที่ในเขตภาคเหนือ โดยดำเนินการสำรวจวางแผนการใช้ที่ดิน การสำรวจออกแบบเพื่อก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ สำรวจออกแบบเพื่อก่อสร้างระบบส่งน้ำชลประทาน สำรวจออกแบบเพื่อก่อสร้างเส้นทางลำเลียงภูเขา และการปรับปรุงบำรุงดิน

4.2.2.2 วิจัย ทดสอบ สาธิต และส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงแบบยั่งยืน

4.2.2.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน เพื่อแก้ปัญหาความยากจน ผลิตอาหารปลอดภัย และเกษตรอินทรีย์

4.2.2.4 จัดตั้งหมอดินดอยอาสา ตั้งจุดเรียนรู้งานพัฒนาที่ดินและสนับสนุนการสร้างเครือข่าย เพื่อปฏิบัติงานพัฒนาที่ดินอย่างมีส่วนร่วม

4.2.3 การกิจรอง

4.2.3.1 งานพิเศษโครงการต่าง ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

4.2.3.2 สนับสนุนวิทยากรด้านการพัฒนาพื้นที่ให้กับหน่วยงานอื่น

4.2.3.3 เผยแพร่ความรู้ด้านการพัฒนาที่ดิน

4.2.4 การกิจสนับสนุน

4.2.4.1 งานอำนวยความสะดวก

4.2.4.2 งานบริหารทั่วไป

4.2.5 ปรัชญาการดำเนินงาน

“การพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง เป็นพื้นฐานของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติที่ยั่งยืน”

4.3 แนวคิดการพัฒนาที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2556) ได้แบ่งแนวทางการพัฒนาที่ดินออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะเริ่มแรก (ปี 2519-2529) ระยะที่ 2 (ปี 2530-2540) และระยะที่ 3 (ปี 2541-ปัจจุบัน) ในที่นี้ขอแสดงรายละเอียดเฉพาะระยะการพัฒนาที่ 3 เท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การพัฒนาในระยะที่ 3 (ปี 2541-ปัจจุบัน)

ปัจจุบันได้เข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์และการแข่งขัน ตลอดจนความกดดันทางประชากรเริ่มปรากฏชัดขึ้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากจำนวนประชากรและการย้ายถิ่นฐานเข้ามาอยู่ในพื้นที่เพิ่มมากขึ้น มีการบังคับใช้กฎหมายป่าไม้ที่เข้มงวดขึ้นทำให้เกษตรกรชาวเขาเริ่มมองที่ดินเป็นทรัพยากรที่มีค่าสูง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหลายแห่งมีรูปแบบการใช้ที่ดินที่เข้มข้นมากขึ้น ปัญหาความเสื่อมโทรมของดินและความต้องการใช้ทรัพยากรน้ำจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วยจึงต้องมีความจำเป็นทำการปรับปรุงบำรุงดินควบคู่กันไปกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ นอกจากนี้ยังมีแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการเพิ่มผลผลิต จึงจำเป็นต้องวางระบบและการจัดการที่ดินในพื้นที่เกษตรกร

การพัฒนาที่สำคัญในระยะที่ 3 นอกเหนือไปจากการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มี 5 ประการ คือ

1. มีการวางแผนพัฒนาที่ดินในลักษณะลุ่มน้ำ เพื่อกำหนดขอบเขตการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับสมรรถนะของดินแบบองค์รวม สำหรับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงต่าง ๆ ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและการใช้ประโยชน์ที่ดิน
2. สนับสนุนและปฏิบัติงานวิจัย ทดสอบ สาธิตและงานส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงแบบยั่งยืน ทั้งด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดินและการจัดระบบการปลูกพืชในพื้นที่โครงการหลวง
3. เพิ่มกิจกรรมการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สอดคล้องกับนโยบายเกษตรที่ดีและเหมาะสม (Good Agricultural Practice, GAP) ซึ่งมูลนิธิโครงการหลวงถือปฏิบัติโดยใช้กลยุทธ์ส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่ สารเร่งพด.ชนิดต่าง ๆ ในการผลิตปุ๋ยหมักและน้ำหมักชีวภาพและเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ โดยมีจุดมุ่งหมายส่งเสริมให้เกิดการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่สูง
4. การจัดหาเงินทุนเพื่อการเกษตร โดยกรมชลประทานร่วมกับกรมพัฒนาที่ดินได้จัดหาน้ำต้นทุนเกือบถึงจุดอ้อมตัวแล้ว แต่การใช้น้ำของเกษตรกรยังไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งรูปแบบการพัฒนาชลประทานในระยะนี้จึงเน้นการส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถใช้ที่ดินและน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ คือ สัดส่วนของการจัดการน้ำต้นทุนลดลงเปลี่ยนเป็นการให้ความร่วมมือกับศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงต่าง ๆ จัดทำโรงเรือนเพื่อการเพาะปลูกพืชแบบประณีต ทำระบบจ่ายน้ำ โดยใช้ Mini sprinkle หรือระบบน้ำหยด เพื่อสาธิตรูปแบบการจัดการที่ดินและน้ำที่เหมาะสมให้กับเกษตรกร

5. โครงการหมอดินดอยอาสา ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงรับสมัครและจัดอบรมเกษตรกรชาวเขาให้มีความรู้และเข้าใจในกิจกรรมที่กรมพัฒนาที่ดินรับผิดชอบ เมื่อเกษตรกรชาวเขารับรู้และเข้าใจการพัฒนาที่ดินแล้ว ก็แต่งตั้งหมอดินดอยอาสาประจำหมู่บ้านประจำตำบล และประจำศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ซึ่งเปรียบเสมือนตัวแทนของกรมพัฒนาที่ดินและช่วยทำงานแทนเจ้าหน้าที่พัฒนาที่ดินในพื้นที่ด้วย

4.4 เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่ปลูกฝักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดิน

การปรับปรุงบำรุงดินบนพื้นที่ปลูกฝักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดินต้องกระทำภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โครงสร้างปัจจัยพื้นฐาน และใช้ผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และโครงสร้างปัจจัยพื้นฐาน แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 5 ส่วนผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งมีกล่าวโดยสังเขปได้ดังต่อไปนี้

4.4.1 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และโครงสร้างปัจจัยพื้นฐาน

4.4.2 ผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่ พด. 1, 2, 3, 6, 7, 9, 11 และ 12

4.4.3 ปุ๋ยอินทรีย์ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก) สูตรพระราชทาน สมเด็จพระเทพรัตนสุตาฯ ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงกรมพัฒนาที่ดินที่ส่งเสริมให้ทำมีทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 1 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 2 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 3 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 4 และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 5

4.4.4 พืชปุ๋ยสด ได้แก่ โสนอัฟริกัน ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วพุ่ม และถั่วมะแฮะ เป็นต้น

4.4.5 ส่งเสริมให้ใช้วัสดุปูนในการแก้ไขปัญหาดินกรด

สำหรับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานจะขอกกล่าวถึงรายละเอียดไว้ในบทที่ 7 และรายละเอียดเพิ่มเติมของผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินในหัวข้อที่ 4.4.2-4.4.5 ดังกล่าวสามารถศึกษารายละเอียดได้จากหนังสือ คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร ปี 2557

4.5 ดินปัญหาและแนวทางการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2557) ได้ให้นิยามของดินปัญหา หมายถึง ดินที่มีสมบัติไม่เหมาะสมหรือเหมาะสมน้อยสำหรับการเพาะปลูก ถ้านำดินนั้นมาใช้ประโยชน์จะไม่สามารถให้ผลผลิตหรือให้ผลผลิตต่ำ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงที่ดินที่มีข้อจำกัดต่อการใช้ประโยชน์ ซึ่งเมื่อนำไปใช้แล้วจะเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างรุนแรง

ดินปัญหาหลักของประเทศไทยได้แก่ ปัญหาดินเปรี้ยวจัด ดินอินทรีย์ ดินเค็ม ดินทรายจัด ดินตื้น และพื้นที่สูงชันหรือพื้นที่ภูเขา นอกจากนี้ยังมีปัญหาดินกรด ซึ่งเป็นปัญหาดินเล็กน้อยที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดิน นอกจากนี้ในพื้นที่หนึ่ง ๆ อาจมีปัญหาดินมากกว่าหนึ่งประเภท เช่น ปัญหาดินทรายกับปัญหาดินตื้น อาจมีปัญหาดินกรดรวมด้วย ดังนั้นการแก้ไขปัญหาดินจำเป็นต้องแก้ไขร่วมกันทุกปัญหา จึงทำให้การใช้ที่ดินเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลโดยรายละเอียดและแนวทางการแก้ไขดินปัญหาแต่ละประเภทนั้นสามารถศึกษารายละเอียดได้จากหนังสือ คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร ปี 2557

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. ผลสำเร็จของงานวิชาการ กรมพัฒนาที่ดินในรอบกึ่งศตวรรษ. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 246 น.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2557. คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 242 น.

บทที่ 5

การวิเคราะห์สภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไขในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงโดยกรมพัฒนาที่ดิน

จากรายงานของฝ่ายงานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง (2555) รายงานว่า ปริมาณผลผลิตผักและมูลค่าผักของโครงการหลวง ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2555 มีแนวโน้มลดลง โดยผลผลิตผักในปี พ.ศ. 2554-2555 มีผลผลิตผักทั้งหมด 11,559-11,065 ตันต่อปี คิดเป็นรายได้มูลค่า 234-326 ล้านบาทต่อปี เนื่องจากมีปัญหาเรื่องดินเสื่อมคุณภาพ กรมพัฒนาที่ดินโดยศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงจึงได้ทำการวิเคราะห์ดินในแปลงผลผลิตผักของเกษตรกรในพื้นที่โครงการหลวง เพื่อหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไข โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์ดิน

5.1.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีดินและธาตุอาหารพืชในดิน

วิเคราะห์ความเป็นกรดต่างของดิน (pH) ความต้องการปูนของดิน (Lime requirements) ในกรณีที่ดินเป็นกรดจัด pH ของดินต่ำกว่า 5.5 ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในดิน ได้แก่ ปริมาณฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Phosphorous and Available Potassium) โดยใช้วิธีการและเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดินในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นหลัก (ตารางภาคผนวกที่ 3)

5.1.2 โลหะหนัก

วิเคราะห์โลหะหนักในดินและน้ำ โดยธาตุโลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ อาร์เซนิก (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) โดยใช้วิธีการและเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดินในการประเมินระดับธาตุโลหะหนัก เป็นหลัก (ตารางภาคผนวกที่ 4)

5.2 ผลการวิเคราะห์ดิน

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกผักของเกษตรกรในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงในปี 2555 จำนวน 444 ราย จากพื้นที่ศูนย์ฯ 35 ศูนย์ฯ เพื่อวัดสมบัติดิน และโลหะหนักในดิน ตามลำดับ แล้วทำการวิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีการของกรมพัฒนาที่ดิน ในห้องปฏิบัติการทางเคมีดิน ของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน โดยผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1 และ 5.2 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติดินในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2555

ลำดับ ที่	ศูนย์พัฒนา โครงการหลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	เกษตรกรที่มีปัญหา ดินกรด		ความต้องการ ปูนโดโลไมท์ รายศูนย์	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน						
						ระดับ ต่ำ	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ ปานกลาง	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ สูง	ต้องการปุ๋ยหมัก	ความต้องการปุ๋ย หมักรวมของศูนย์
		(ราย)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(กิโลกรัมต่อไร่)
1	แม่ทาเหนือ	13	10	76.92	8,893	7	28	5	15	1	1	44
2	ปางตะ	7	0	0.00	0	0	0	7	21	0	0	21
3	แกน้อย	7	4	57.14	5,231	0	0	2	6	5	5	11
4	หนองหอย	9	4	44.44	4,577	0	0	4	12	5	5	17
5	สะโง๊ะ	4	3	75.00	3,924	0	0	1	3	3	3	6
6	แม่สะเรียง	3	1	33.33	916	0	0	0	0	3	3	3
7	แม่สาใหม่	12	3	25.00	4,578	1	4	6	18	5	5	27
8	แม่สะป๊อก	24	17	70.83	21,713	4	16	5	15	15	15	46
9	ห้วยส้มป่อย	6	4	66.67	5,232	0	0	3	9	3	3	12
10	ขุนแปะ	13	9	69.23	14,780	0	0	2	6	11	11	17
11	หมอกจำม	5	5	100.00	7,194	0	0	1	3	4	4	7
12	แม่แอ	13	13	100.00	18,705	0	0	5	15	8	8	23
13	ทุ่งหลวง	22	21	95.45	28,384	0	0	15	45	7	7	52
14	แม่แพะ	14	8	57.14	10,464	0	0	10	30	4	4	34

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติดินในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2555 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ศูนย์พัฒนา โครงการหลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	เกษตรกรที่มี ปัญหาดินกรด		ความต้องการ ปูนโดโลไมท์ รายศูนย์	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน						
						ระดับ ต่ำ	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ ปานกลาง	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ สูง	ต้องการปุ๋ยหมัก	ความต้องการปุ๋ย หมักรวมของศูนย์
		(ราย)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(กิโลกรัมต่อไร่)
15	ห้วยลึก	19	0	0.00	0	1	4	0	0	18	18	22
16	หนองเขียว	2	2	100.00	3,924	0	0	0	0	2	2	2
17	อินทนนท์	23	15	65.22	26,029	1	4	3	9	19	19	23
18	ผาตั้ง	1	1	100.00	1,046	0	0	0	0	1	1	1
19	พระบาทห้วยต้ม	2	1	50.00	523	2	8	0	0	0	0	8
20	ตีนตก	2	2	100.00	2,486	0	0	0	0	2	2	2
21	แม่ลาน้อย	2	2	100.00	3,400	0	0	0	0	2	2	2
22	ป่งค่า	2	0	0.00	0	0	0	0	0	2	2	2
23	อ่างช้าง	142	94	66.20	126,222	0	0	8	24	134	134	134
24	แม่หลอด	1	0	0.00	0	0	0	0	0	1	1	1
25	แม่โถ	3	2	66.67	1,177	2	8	0	0	1	1	9
26	ปางอุ๋ง	2	1	50.00	1,700	0	0	0	0	2	2	2
27	ห้วยแล้ง	2	1	50.00	1,570	0	0	1	3	1	1	1
28	ห้วยเสี้ยว	3	1	33.33	523	1	4	2	6	0	0	4

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติดินในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2555 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ศูนย์พัฒนา โครงการหลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	เกษตรกรที่มี ปัญหาดินกรด		ความต้องการ ปูนโดโลไมท์ รายศูนย์	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน						
						ระดับ ต่ำ	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ ปานกลาง	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ สูง	ต้องการปุ๋ยหมัก	ความต้องการปุ๋ย หมักรวมของศูนย์
		(ราย)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(กิโลกรัมต่อไร่)
29	ขุนวาง	10	10	100.00	12,426	1	4	6	18	3	3	7
30	แม่ปุนหลวง	24	19	79.17	26,158	0	0	2	6	22	22	22
31	ม่อนเงาะ	9	3	33.33	3,139	0	0	3	9	6	6	6
32	วัดจันทร์	2	0	0.00	0	0	0	1	3	1	1	1
33	ห้วยโป่ง	9	6	66.67	6148	0	0	4	12	5	5	5
34	ห้วยน้ำริน	6	2	33.33	2,355	1	4	0	0	5	5	9
35	ทุ่งเริง	26	0	0.00	0	0	0	3	9	23	23	23
	รวม	444	264	59.46	353,417	21	4.73	99	198	324	324	705

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติดินในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2555 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ศูนย์พัฒนา โครงการหลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน						ระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน					
			ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง		ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
			(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์
1	แม่ทาเหนือ	13	1	7.69	1	7.69	11	84.62	0	0	1	7.69	12	92.31
2	ปางตะ	7	0	0.00	0	0.00	7	100.00	0	0	0	0.00	7	100.00
3	แกน้อย	7	1	14.29	2	28.57	4	57.14	0	0	0	0.00	7	100.00
4	หนองหอย	9	1	11.11	2	22.22	6	66.67	0	0	0	0.00	9	100.00
5	สะโจ๊ะ	4	0	0.00	0	0.00	4	100.00	0	0	0	0.00	4	100.00
6	แม่สะเรียง	3	0	0.00	0	0.00	3	100.00	0	0	0	0.00	3	100.00
7	แม่สาใหม่	12	0	0.00	0	0.00	12	100.00	0	0	0	0.00	12	100.00
8	แม่สะป๊อก	24	2	8.33	5	20.83	17	70.83	1	4.167	1	4.17	22	91.67
9	ห้วยส้มป่อย	6	0	0.00	1	16.67	5	83.33	0	0	0	0.00	6	100.00
10	ขุนแปะ	13	0	0.00	0	0.00	13	100.00	0	0	0	0.00	13	100.00
11	หมอกจำม	5	1	20.00	0	0.00	4	80.00	0	0	0	0.00	5	100.00
12	แม่แฮ	13	0	0.00	1	7.69	12	92.31	0	0	0	0.00	13	100.00

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติดินในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2555 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ศูนย์พัฒนา โครงการหลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน						ระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน					
			ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง		ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
			(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์
13	ทุ่งหลวง	22	0	0.00	2	9.09	20	90.91	0	0	1	4.55	21	95.45
14	แม่แพะ	14	2	14.29	2	14.29	10	71.43	0	0	0	0.00	14	100.00
15	ห้วยลึก	19	0	0.00	0	0.00	19	100.00	0	0	0	0.00	19	100.00
16	หนองเขียว	2	0	0.00	0	0.00	2	100.00	0	0	0	0.00	2	100.00
17	อินทนนท์	23	0	0.00	0	0.00	23	100.00	0	0	0	0.00	23	100.00
18	ผาตั้ง	1	0	0.00	0	0.00	1	100.00	0	0	0	0.00	1	100.00
19	ห้วยต้ม	2	0	0.00	0	0.00	2	100.00	0	0	0	0.00	2	100.00
20	ตีนตก	2	0	0.00	0	0.00	2	100.00	0	0	0	0.00	2	100.00
21	แม่ลาน้อย	2	0	0.00	0	0.00	2	100.00	0	0	0	0.00	2	100.00
22	ปึงค่า	2	0	0.00	0	0.00	2	100.00	0	0	0	0.00	2	100.00
23	อ่าขาง	142	12	8.45	9	6.34	121	85.21	0	0	0	0.00	142	100.00
24	แม่หลอด	1	1	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0	0.00	1	100.00

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติดินในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2555 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ศูนย์พัฒนา โครงการหลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน						ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน					
			ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง		ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
			(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์
25	แม่เฒ่า	3	1	33.33	0	0.00	2	66.67	0	0	0	0.00	3	100.00
26	ปางอุ๋ง	2	0	0.00	0	0.00	2	100.00	0	0	0	0.00	2	100.00
27	ห้วยแล้ง	2	0	0.00	0	0.00	2	100.00	0	0	0	0.00	2	100.00
28	ห้วยเสี้ยว	3	0	0.00	0	0.00	3	100.00	0	0	0	0.00	3	100.00
29	ขุนวาง	10	0	0.00	0	0.00	10	100.00	0	0	1	10.00	9	90.00
30	แม่ปอนหลวง	24	1	4.17	0	0.00	23	95.83	0	0	0	0.00	24	100.00
31	ม่อนเงาะ	9	0	0.00	0	0.00	9	100.00	0	0	0	0.00	9	100.00
32	วัดจันทร์	2	0	0.00	1	50.00	1	50.00	0	0	0	0.00	2	100.00
33	ห้วยโป่ง	9	0	0.00	0	0.00	9	100.00	0	0	0	0.00	9	100.00
34	ห้วยน้ำริน	6	2	33.33	1	16.67	3	50.00	0	0	0	0.00	6	100.00
35	ทุ่งเร้ง	26	0	0.00	3	11.54	23	88.46	0	0	0	0.00	26	100.00
	รวม	444	25	5.63	30	6.76	389	87.61	1	0.23	4	0.90	439	98.87

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2555)

5.2.1 สมบัติดิน

5.2.1.1 ความเป็นกรดต่างของดินแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรจำนวน 264 ราย คิดเป็น 59.4 เปอร์เซ็นต์ ของเกษตรกรทั้งหมดมีสภาพปัญหาดินกรดจัด กระจายอยู่ในพื้นที่ 29 ศูนย์ฯ ส่วนศูนย์ที่ไม่พบปัญหาดินกรด มีทั้งหมด 6 ศูนย์ฯ ได้แก่ ปางตะ ห้วยลึก ปังคำ แม่หลอด วัดจันทร์ และทุ่งเริง (ตารางที่ 6.1)

5.2.1.2.ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่จำนวน 324 ราย คิดเป็น 72.97 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับสูง มีเกษตรกรจำนวน 99 ราย คิดเป็น 22.30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับปานกลาง และมีเกษตรกรส่วนน้อย จำนวน 21 ราย คิดเป็น 4.73 เปอร์เซ็นต์ ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำ โดยมีเกษตรกรจำนวน 7, 1, 4, 1, 1, 2, 2, 1, 1 และ 1 ราย อยู่ในพื้นที่ศูนย์ฯ แม่ทาเหนือ แม่สาใหม่ แม่สะป๊อกห้วยลึก อินทนนท์ พระบาทห้วยต้ม แม่โก ห้วยเสี้ยว ขุนวาง และห้วยน้ำริน ตามลำดับ (ตารางที่ 5.1)

5.2.1.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ชี้ให้เห็นว่า เกษตรกรส่วนใหญ่จำนวน 389 ราย คิดเป็น 87.61 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูง มีเกษตรกรจำนวน 30 ราย คิดเป็น 6.76 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลาง และมีเกษตรกรส่วนน้อยจำนวน 25 ราย คิดเป็น 5.63 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำ โดยมีเกษตรกรจำนวน 1, 1, 1, 2, 1, 2, 12, 1, 1, 1 และ 2 ราย ตามลำดับ อยู่ในพื้นที่ศูนย์ฯ แม่ทาเหนือ แก่น้อย หนองหอย แม่สะป๊อก หมอกจ๋าม แม่แพะ อ่างช้าง แม่หลอด แม่โก แม่ปูนหลวง และห้วยน้ำริน ตามลำดับ (ตารางที่ 5.1)

5.2.1.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน บ่งชี้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จำนวน 439 ราย คิดเป็น 98.87 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูง มีเกษตรกรจำนวน 4 ราย คิดเป็น 0.09 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลาง และมีเกษตรกรจำนวน 1 ราย คิดเป็น 0.23 เปอร์เซ็นต์ มีโพแทสเซียมในดินอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ศูนย์ฯ แม่สะป๊อก (ตารางที่ 5.1)

5.2.2 โลหะหนักในดิน

กรมพัฒนาที่ดินโดยการวิเคราะห์โลหะหนักในดินจำนวน 4 ธาตุ ได้แก่ อาร์เซนิก แคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสี จากพื้นที่ปลูกผักของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ประจำปี พ.ศ. 2555 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2 โดยผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดิน ในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง ประจำปี 2555

	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด (ราย)	จำนวนเกษตรกรที่ไม่ผ่านเกณฑ์ (ราย)				ผ่านเกณฑ์		รวมไม่ผ่านเกณฑ์	
		As	Cd	Pd	Zn	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์
ศูนย์ฯ ขุนแปะ	14	0	1	3	2	11	78.57	3	21.43
ศูนย์ฯ ขุนวาง	8	3	4	0	3	4	50	4	50
ศูนย์ฯ ตีนตลก	1	0	0	0	0	1	100	0	0
ศูนย์ฯ ท่งหลวง	27	5	9	2	3	17	62.96	10	37.04
ศูนย์ฯ บึงคำ	1	0	1	0	0	1	100	0	0
ศูนย์ฯ ปางตะ	11	4	8	1	0	2	18.18	9	81.82
ศูนย์ฯ ปางอู่	2	0	2	1	0	0	0	2	100
ศูนย์ฯ ผาตั้ง	1	0	0	0	0	1	100	0	0
ศูนย์ฯ พระบาทห้วยต้ม	4	1	2	0	0	2	50	2	50
ศูนย์ฯ ม่อนเงาะ	5	0	1	0	0	4	80	1	20
ศูนย์ฯ แม่เฒ่า	4	0	2	0	2	0	0	4	100
ศูนย์ฯ แม่ทาเหนือ	16	0	4	0	0	12	75	4	25
ศูนย์ฯ แม่ปอนหลวง	9	0	6	3	0	3	33	6	66.67
ศูนย์ฯ แม่แพะ	13	3	4	0	1	9	69	4	31.23
ศูนย์ฯ แม่ลาน้อย	2	0	2	0	0	0	0	2	100
ศูนย์ฯ แม่สะป๊อก	8	0	0	1	0	7	88	1	12.5
ศูนย์ฯ แม่สะเรียง	2	0	2	2	1	0	0	2	100
ศูนย์ฯ แม่สาใหม่	10	3	6	7	7	2	20	8	80
ศูนย์ฯ แม่หลอด	2	0	0	0	0	2	100	0	0
ศูนย์ฯ แม่แฮ	20	6	9	0	0	11	55	9	45
ศูนย์ฯ วัดจันทร์	12	5	11	0	0	1	8	11	91.67
ศูนย์ฯ หนองเขียว	10	0	8	4	4	2	20	8	80

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2555)

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดิน ในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง ประจำปี 2555 (ต่อ)

	จำนวน เกษตร ทั้งหมด (ราย)	จำนวนเกษตรกรที่ไม่ผ่านเกณฑ์ (ราย)				ผ่านเกณฑ์		รวมไม่ผ่านเกณฑ์	
		As	Cd	Pd	Zn	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์
ศูนย์ฯ หนองหอย	10	0	7	0	7	1	10	9	90
ศูนย์ฯ หมอกจำม	17	0	8	0	0	9	52.94	8	47.06
ศูนย์ฯ ห้วยน้ำขุ่น	4	1	3	0	0	1	25	3	75
ศูนย์ฯ ห้วยน้ำริน	2	1	2	0	0	0	0	2	100
ศูนย์ฯ ห้วยลึก	22	1	7	0	1	15	68.18	7	31.82
ศูนย์ฯ ห้วยส้มป่อย	5	0	0	0	0	5	100	0	0
ศูนย์ฯ ห้วยเลี้ยว	3	0	0	0	0	3	100	0	0
ศูนย์ฯ อ่างช้าง	33	5	9	4	8	21	63.64	12	36.36
ศูนย์ฯ อินทนนท์	30	8	11	1	1	18	60	12	40
รวม	308	46	129	29	40	165	53.57	143	46.43

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2555)

5.2.2.1 อาร์เซนิก พบว่า ดินในพื้นที่ปลูกผักของเกษตรกรโครงการหลวงส่วนใหญ่จำนวน 268 ราย ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคิดเป็น 85.06 เปอร์เซ็นต์ และไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 46 ราย คิดเป็น 14.96 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเกษตรกรจำนวน 3, 5, 4, 1, 3, 3, 6, 5, 1, 1, 1 และ 5 ราย อยู่ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 12 แห่ง ได้แก่ ศูนย์ฯ ขุนวาง หุ่นหลวง ปางตะ พระบาทห้วยต้ม แม่แพะ แม่สาใหม่ แม่แอ วัดจันทร์ ห้วยน้ำขุ่น ห้วยน้ำริน ห้วยลึก และ อ่างช้าง ตามลำดับ

5.2.2.2 แคดเมียม พบว่าดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรส่วนใหญ่จำนวน 179 ราย ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคิดเป็น 58.12 เปอร์เซ็นต์ และ 41.88 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มีจำนวน 129 ราย โดยมีเกษตรกรจำนวน 1, 4, 9, 1, 8, 2, 2, 1, 2, 4, 6, 4, 2, 2, 6, 9, 11, 8, 7, 8, 3 และ 2 ราย อยู่ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 29 ศูนย์ ได้แก่ ศูนย์ฯ ขุนแปะ ขุนวาง หุ่นหลวง ปิงค่า ปางตะ ปางอู่ พระบาทห้วยต้ม ม่อนเงาะ แม่โถ แม่ทาเหนือ แม่ปูนหลวง แม่แพะ แม่ลาน้อย แม่สะเรียง แม่สาใหม่ แม่แอ วัดจันทร์ หนองเขียว หนองหอย หมอกจำม ห้วยน้ำขุ่น ห้วยน้ำริน ห้วยโป่ง ห้วยลึก ห้วยแล้ง ห้วยส้มป่อย ห้วยเลี้ยว อ่างช้างและอินทนนท์ ตามลำดับ

5.6.6.3 ตะกั่ว พบว่าดินในพื้นที่ปลูกผักของเกษตรกรโครงการหลวงส่วนใหญ่จำนวน 278 ราย ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคิดเป็น 90.58 เปอร์เซ็นต์ และไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 29 ราย คิดเป็น 9.42 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเกษตรกรจำนวน 3, 2, 1, 1, 3, 1, 2, 7, 4, 4 และ 1 ราย อยู่ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการ

หลวง 11 ศูนย์ฯ ได้แก่ ศูนย์ฯ ขุนแปะ หุ่นหลวง ปางตะ ปางอู่ แม่ปูนหลวง แม่สะปือก แม่สะเรียง แม่สาใหม่ หนองเขียว อ่างช้าง และอินทนนท์ ตามลำดับ

5.2.2.4 สังกะสี พบว่าดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรส่วนใหญ่จำนวน 268 คน ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคิดเป็น 87.01 เปอร์เซ็นต์ และ 12.99 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มีจำนวน 40 ราย โดยมีเกษตรกรจำนวน 2, 3, 3, 2, 1, 1, 7, 4, 7, 1, 8 และ 1 ราย อยู่ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 12 ศูนย์ฯ ได้แก่ ศูนย์ฯ ขุนแปะ ขุนวาง หุ่นหลวง แม่โถ แม่แพะ แม่สะเรียง แม่สาใหม่ หนองเขียว หนองหอย ห้วยลึก อ่างช้าง และอินทนนท์ ตามลำดับ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่ามีเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 6 ศูนย์ฯ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักทุกศูนย์ฯ ได้แก่ ดินตอก ผาตั้ง แม่หลอด ห้วยน้ำริน ห้วยส้มป่อย และห้วยเสี้ยว ส่วนเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์ฯ ที่เหลือ 27 ศูนย์ฯ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักและเมื่อคิดเป็นจำนวนเกษตรกรที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักพบว่ามีจำนวน 165 คน คิดเป็น 53.57 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนัก มีจำนวน 143 คน คิดเป็น 46.43 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่ามีเกษตรกรที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักมีจำนวนใกล้เคียงกันมากกับเกษตรกรที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนัก โดยเกษตรกรไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักแคดเมียมมากที่สุด อันดับสองคืออาร์เซนิก อันดับสามคือตะกั่ว และไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักน้อยที่สุดคือสังกะสี

ซึ่งสอดคล้องกับ นภัสสร และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษากการสะสมและแพร่กระจายโลหะหนักบางชนิดในดินปลูกผักชนิดต่าง ๆ ในพื้นที่การเกษตรการพัฒนาโครงการหลวงดำเนินการศึกษาในสองพื้นที่คือ หนองหอย (มันฝรั่ง ผักคะน้า และผักกาดหอมหัว) และห้วยลึก (กะหล่ำ ผักสลัด และมะเขือเทศ) คัดเลือกพันธุ์ที่ปลูกของเกษตรกร จำนวน 3 แปลงต่อศูนย์ฯ โดยเก็บตัวอย่างในชั้นดินบนที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร ตามความลาดชันของพื้นที่ 3 ระดับคือ ตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในดินในรูปทั้งหมด (Total form) ได้แก่ สารหนู ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี รวมทั้งสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน ผลการศึกษาพบว่าดินที่ศึกษาทั้ง 6 แปลงเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับสูง การสะสมของโลหะหนักในดินมีปริมาณสังกะสี (22-316 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ค่าเฉลี่ย 24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และสารหนู (0.6-23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ค่าเฉลี่ย 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ โดยที่ปริมาณโลหะหนักในดินที่ศึกษานี้มีค่าต่ำกว่าค่าที่สูงสุดที่ยอมให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตรตามมาตรฐานของกลุ่มสหภาพยุโรป เมื่อพิจารณาการสะสมของโลหะหนักในดินตามความลาดชันของพื้นที่ พบว่าการสะสมของโลหะหนักในดินที่ศึกษาส่วนใหญ่บริเวณตอนล่างของพื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าในพื้นที่ตอนบนและตอนกลาง โดยมีปริมาณทองแดงที่มีค่าสูงสุด (115 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่สังกะสี (110 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตะกั่ว (27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และสารหนู (7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ ยกเว้นแปลงมันฝรั่งและแปลงผักคะน้า ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย ที่มีการสะสมโลหะหนักในบริเวณพื้นที่ตอนบนสูงกว่าดินในพื้นที่ตอนกลางและตอนล่าง โดยมีการสะสมของสังกะสีสูงสุด (60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่ทองแดง (31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตะกั่ว 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสารหนู 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการสะสมโลหะหนักในชั้นดินบนและชั้นดินล่างทั้งก่อนและหลังเก็บเกี่ยวผักไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณทองแดงตะกั่วและสังกะสีในดินหลังเก็บเกี่ยวผักมีค่าสูงกว่าในดินก่อนปลูก แต่ปริมาณสารหนูในดินหลังเก็บเกี่ยวที่มีค่าต่ำกว่าในดินก่อนปลูก ส่วนปริมาณโลหะหนักที่สะสมในพืชผัก พบว่าการสะสมสังกะสีในเนื้อเยื่อพืชมีค่าสูงสุด (26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่ทองแดง (19.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตะกั่ว (0.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สารหนู (0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ ซึ่งการสะสมของโลหะหนักในพืชสอดคล้องกับปริมาณโลหะหนักในดิน อย่างไรก็ตามปริมาณของทองแดง สาร

หนู ตะกั่ว และสังกะสีในพืชที่ศึกษาทุกพื้นที่ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ในผักซึ่งกำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ซึ่งแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 4.2

นอกจากนี้ เกษม (2526) รายงานว่าจากการวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักบนเขตพื้นที่สูงในภาคเหนือของประเทศไทย พบว่ามีปริมาณโลหะหนัก 3 ชนิด ได้แก่ โปรท แคดเมียม และตะกั่ว ในน้ำและดิน ตะกั่วที่ผ่านการใช้ประโยชน์ที่ดินบนภูเขา 4 ประเภท คือ พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าปลูก และพื้นที่ป่าดิบเขา บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปุย และโครงการหลวงพัฒนาด้านน้ำห้วยจ้อ จังหวัดเชียงใหม่ โดยการเก็บตัวอย่างน้ำทุกสัปดาห์ที่ 2 ของแต่ละเดือน และได้ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักตามระดับชั้นความลึกดิน 4 ระดับ คือ 0-25, 26-50, 51-75 และ 76-100 เซนติเมตร จากการศึกษาพบว่าปริมาณตะกั่ว และแคดเมียมในพื้นที่เกษตรกรรมมีค่ามากที่สุด เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมมีปัญหาเรื่องการพังทลายของดินมาเกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะหนักที่พบมีอยู่ในระดับต่ำ ไม่เกินค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด และจากการศึกษาปริมาณโลหะหนักเบื้องต้นบนพื้นที่เกษตรกรรมภายใต้การดูแลของมูลนิธิโครงการหลวง ได้แก่ ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงอ่างขาง ห้วยลึก อินทนนท์ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย มีการปนเปื้อนสารหนู ตะกั่ว และสังกะสี

5.3 ปัญหาการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง

จากผลการวิเคราะห์ดินข้างต้น จึงสามารถสรุปสภาพปัญหาดินเรียงตามความระดับความเข้มข้นและความรุนแรงของปัญหาได้ดังต่อไปนี้

5.3.1 ปัญหาดินกรดพื้นที่ปลูกผักศูนย์ฯ ส่วนใหญ่ 84.85 เปอร์เซ็นต์ มีปัญหาสภาพดินเป็นกรดจัด โดยมีทั้งหมด 28 ศูนย์ฯ

5.3.2 ปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินเกษตรกรรมในพื้นที่ศูนย์ฯ 27 ศูนย์ฯ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักและเมื่อคิดเป็นจำนวนเกษตรกรที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักพบว่าจำนวนถึง 165 คน คิดเป็น 53.57 เปอร์เซ็นต์

5.3.3 ปัญหาอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดินอยู่ในระดับต่ำ

5.3.4 ความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดิน

5.3.5 ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก

5.4 ดินปัญหาและแนวทางการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2557) กล่าวว่าดินปัญหา หมายถึง ดินที่มีสมบัติไม่เหมาะสมหรือเหมาะสมน้อยสำหรับการเพาะปลูก ถ้านำดินนั้นมาใช้ประโยชน์จะไม่สามารถให้ผลผลิตหรือผลผลิตต่ำ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงที่ดินที่มีข้อจำกัดต่อการใช้ประโยชน์ ซึ่งเมื่อนำไปใช้แล้วจะเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างรุนแรง

ดินปัญหาหลักของประเทศไทยได้แก่ ปัญหาดินเปรี้ยวจัด ดินอินทรีย์ ดินเค็ม ดินทรายจัด ดินตื้น พื้นที่สูงชันหรือพื้นที่ภูเขา และดินปนเปื้อน นอกจากนี้ยังมีปัญหาดินกรด ซึ่งเป็นปัญหาดินเล็กน้อยที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดิน นอกจากนี้ในพื้นที่หนึ่ง ๆ อาจมีปัญหาดินมากกว่าหนึ่งประเภท เช่น ปัญหาดินทรายกับปัญหาดินตื้น อาจมีปัญหาดินกรดร่วมด้วย ดังนั้นการแก้ไขปัญหาดินจำเป็นต้องแก้ไขร่วมกันทุกปัญหา จึงทำให้การใช้ที่ดินเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยรายละเอียดของและแนวทางการแก้ไขดินปัญหาแต่ละประเภทนั้นสามารถดูได้จากหนังสือ คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร ปี 2557

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะปัญหาดินกรด การใช้อินทรีย์วัตถุในการปรับปรุงดิน และดินปนเปื้อนเท่านั้น เนื่องจากเกี่ยวข้องโดยตรงกับสภาพปัญหาดินของพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง สำหรับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และโครงสร้างพื้นฐานจะขอกล่าวไว้ในบทที่ 7 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.4.1 ดินกรด

ดินกรด หมายถึง ดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างหรือที่เรียกว่า พีเอช (pH) ของดินต่ำกว่า 7.0 แต่ดินกรดที่เป็นปัญหาทางด้านการเกษตร คือดินกรดที่มีค่า pH ของดินต่ำกว่า 5.5 ความเป็นกรดของดินแต่ละช่วงจะมีผลต่อการปล่อยธาตุอาหารพืชในดินให้เป็นประโยชน์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557)

5.4.1.1 สาเหตุของการเกิดดินกรด

การกลายสภาพเป็นดินกรดโดยกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งไม่ว่าจะสาเหตุหรือแหล่งใดก็ตาม ผลลัพธ์สุทธิคือ ไอออนบวก Acid cations) ได้แก่ H^+ และ Al^{3+} เข้าไปแทนที่ ไอออนด่าง (Base cations) ได้แก่ Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ และ Na^+ เป็นต้น โดยความเป็นกรดของดินนั้นสามารถจำแนกตามสาเหตุการเกิดได้ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และกระบวนการที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ในที่นี้มุ่งเน้นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร รวมทั้งกิจกรรมบางอย่างของมนุษย์โดยมีสาเหตุที่สำคัญโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (อรรธรรม, 2551)

5.4.1.1.1 กระบวนการที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

5.4.1.1.1.1 เกิดจากวัตถุดินกำเนิดของดิน (Parent material) โดยพวกที่มีวัตถุดินกำเนิดของดินเป็นหินแกรนิต (Granites) หินทราย (Sand stone) ซึ่งเป็น Primary parent material ซึ่งในประเทศไทย จำแนกดินกรดจัด (อรรธรรม, 2551) สำหรับในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง พงษ์สันต์ และคณะ (2552) รายงานว่าสาเหตุของดินกรดที่เกิดจากกระบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในพื้นที่โครงการหลวง เกิดจากวัตถุดินกำเนิดดินเป็นวัตถุดินค้ำ และเคลื่อนย้ายของหินดินดาน หินเชิร์ต หินฟิลไลต์ และหินปูน พบในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอ่างปางดะ แม่สะแอ และแกน้อย ส่วนพวกดินแกรนิต หินพาราไนส์ และหินดินดานที่มีหินปูนแทรกพบในพื้นที่โครงการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง หนองเขียว แม่สะป๊อก และทุ่งหลวง ซึ่งพื้นที่ศูนย์ส่วนใหญ่ดินมีการพัฒนาสูง เป็นดินลึกถึงลึกมาก แร่หลักของอนุภาคดินเหนียวเป็นเคโอลิไนต์ (Kaolinite) และกิบไซต์ (Gibbsite) มีการสะสมชั้นดินเหนียวในดินชั้นล่างอย่างชัดเจน ซึ่ง ไพบูลย์ (2546) ได้อธิบายว่า วัตถุดินกำเนิดดินและแร่ดังกล่าวเมื่อผ่านกระบวนการสลายตัวผุพังทางเคมี (Chemical weathering or decomposition) ของหินและแร่ จะมีการปลดปล่อยแคตไอออนต่างๆ ออกมาในสารละลายดิน ในสภาพที่มีปริมาณน้ำฝนเพียงพอ แคตไอออนดังกล่าวจะถูกชะล้างสูญหายไปจากดินได้ยากง่ายต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถที่ต่างกันในการละลายน้ำและการดูดซับบนผิวอนุภาคดิน แคตไอออนที่ไม่เป็นกรด เช่น Na^+ , K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} ซึ่งมีศักย์ไอออนิกค่อนข้างต่ำ จะมีอัตราการชะล้างที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับแคตไอออนที่เป็นกรด เช่น H^+ , Al^{3+} และ Fe^{3+} ดังนั้นเมื่อมีการชะล้างสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชุ่มชื้นที่มีปริมาณน้ำฝนมาก จะทำให้เปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวด้วยกรดสูงขึ้น สภาพความเป็นกรดของดินจึงสูง (pH ลดลง) ตามไปด้วย

อย่างไรก็ดีความเป็นกรดของดินที่เกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติจะเกิดขึ้นอย่างช้ามาก อย่างไรก็ตามในสารละลายดินซึ่งมีกรดต่าง ๆ ละลายอยู่ที่สำคัญเช่น กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งเกิดจากการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีมากในดิน รวมทั้งกรดอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ กรดคาร์บอนิกสามารถแตกตัวให้ H^+ ได้ดีเมื่อ $pH > 6.0$ ซึ่ง H^+ ดังกล่าวนอกจากจะเพิ่มความ

เป็นกรดให้กับดินโดยตรงแล้ว ยังสามารถแลกเปลี่ยนไอที่แคทไอออนที่ไม่เป็นกรดที่ดูดซับบนผิวอนุภาคดินออกมาในสารละลาย ทำให้แคทไอออนเหล่านี้ง่ายต่อการชะล้างสูญหายไปจากดินมากยิ่งขึ้น (ไพบูลย์, 2546)

5.4.1.1.1.2 เกิดจากอินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic matter or humus) ไพบูลย์ (2546) อธิบายความหมายของอินทรีย์วัตถุ คือ ส่วนที่เป็นอินทรีย์สารทั้งหมดในดิน ซึ่งได้มาจากการสะสม ทับถมของซากพืช สัตว์ และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทั้งที่ย่อยสลายแล้ว ยังไม่สลาย หรือที่กำลังสลายตัวอยู่ ทั้งนี้รวมทั้งสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของจุลินทรีย์ในดินที่ยังมีชีวิตอยู่หรือที่เรียกว่า มวลชีวะในดิน (soil biomass) ส่วนคำว่าฮิวมัส นั้นหมายถึง อินทรีย์สารที่ไม่รวมถึงส่วนที่ยังไม่สลายตัวหรือที่ย่อยสลายไปเพียงบางส่วน (Partial decomposition) และไม่รวมถึงส่วนที่เป็นมวลชีวะในดินดังกล่าวข้างต้นถึงแม้ว่าในชั้นบนของดิน (ลึก 0-15 เซนติเมตร) ที่ทำการเกษตรโดยทั่วไป จะมีอินทรีย์วัตถุเพียงร้อยละ 0.5-5.0 โดยน้ำหนัก แต่ส่วนที่เป็นอินทรีย์วัตถุนี้มีอิทธิพลสำคัญอย่างมากต่อสมบัติทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวเคมีของดิน ซึ่ง Stevenson (1994) กล่าวว่าอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter) และฮิวมัส (humus) มักจะใช้แทนซึ่งกันและกันในความหมายเดียวกัน

อรรถวรรณ (2551) กล่าวว่าอินทรีย์วัตถุในดิน หรือ ฮิวมัสสามารถเพิ่มความเป็นกรดของดินได้เนื่องจากอินทรีย์วัตถุประกอบด้วยกลุ่มของ Carboxylic groups ($-\text{COOH}$) และ Phenolic groups ($-\text{OH}$) สองกลุ่มนี้ก็จะแสดงคุณสมบัติคล้ายกรดอ่อน (Weak acid) คือ ปลดปล่อย H^+ ออกมา ทำให้ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงหรือดินอินทรีย์ เช่น ดินพรุ (Peat soil) ทำให้ดินมีความเป็นกรดสูงจากกรดอินทรีย์ (Organic acid) เนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินจะปลดปล่อย H^+

สำหรับพื้นที่โครงการหลวงมีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น และมีช่วงของฤดูฝนและฤดูแล้งสลับกันในปีหนึ่งๆ อินทรีย์วัตถุในชั้นดินบนค่อนข้างต่ำ pH จะอยู่ในช่วงเป็นกรดอย่างอ่อน-ปานกลาง ซึ่งมีสมบัติดินจัดอยู่ในอันดับแลโทโซลส์ (Latosols) ตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Survey Staff, 1975; 1998) ดินที่เกิดในสภาพเช่นนี้ทำให้การละลายได้ของเหล็กและอะลูมิเนียมเฮกสาคิวออกไซด์มีน้อยมาก แต่ซิลิกาจะมีการละลายตัวที่ต่ำกว่า จึงถูกชะล้างลงสู่ส่วนล่าง ส่วนเฮกสาคิวออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมจะสะสมอยู่ไม่ลึกนักจากผิวดิน และอยู่ในลักษณะที่ค่อนข้างมีความชื้นเพียงพอ แต่เมื่อขาดความชื้นในฤดูแล้ง หรือในกรณีที่ถูกขุดขึ้นมาสัมผัสกับบรรยากาศ สารประกอบของเหล็ก (Fe^{2+}) จะถูกออกซิไดซ์เกิดการแข็งตัวขึ้น ดังเช่นในการเกิดของดินลูกรังหรือศิลาแลง (Laterites) กระบวนการเกิดดินดังกล่าวเรียกว่าแลเทอไรเซชัน (Laterization) ดินแลโทโซลส์ปัจจุบันส่วนใหญ่จัดอยู่ในอันดับออกซิโซลส์ (Oxisols) โดยการสะสมของเฮกสาคิวออกไซด์เป็นชั้นดินวินิเจีย (Bo-oxic horizon) ตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (ไพบูลย์, 2546)

5.4.1.1.1.3 เกิดจากฝนกรดและการชะล้าง (Acid brought in by rainfall and leaching)

ความเป็นกรดที่เกิดจากฝนตกและการชะล้างฝนตกก็จะส่งผลกระทบต่อ soil pH ได้เช่นกัน โดยที่ในอากาศจะมีสารประกอบในรูปต่าง ๆ ของ Nitrogen และ Sulfur อยู่ โดยเฉพาะ SO_2 และ NO_2 ที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยกระบวนการทางธรรมชาติ ตลอดจนกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น SO_2 จากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ก๊าซต่างๆ เหล่านี้จะละลายในน้ำฝนและตกลงมาบนพื้นดินและเพิ่มความเป็นกรดให้แก่ดิน ฝนกรด (Acid rain) เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ในโลก เช่น ในประเทศอเมริกา เมื่อฝนตกจะเพิ่มปริมาณกรดในดิน และปริมาณกรดจะมากในเมืองอุตสาหกรรม มีการศึกษาฝนกรดในรัฐ Alberta พบว่ามีปริมาณของ Sulphate (SO_4^{2-}) ประมาณ 8.8 กิโลกรัมต่อแอสแตร์ Nitrate (NO_3^-) 4 กิโลกรัมต่อแอสแตร์ และ Hydrogen (H^+) 0.15 กิโลกรัมต่อแอสแตร์ ที่ทำให้เพิ่มความเป็นกรดให้แก่ดินในแต่ละปี นอกจากน้ำฝนจะพาความเป็นกรดละลายมาด้วยแล้ว น้ำฝนที่ตกลงมาผ่านชั้นดินลงไปชะล้างเอา base cations เช่น Calcium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}) และ Potassium (K^+) ลงไปในน้ำใต้ดินและแหล่งระบายน้ำอื่น ๆ เมื่อ base cations

เหล่านี้ถูกชะล้างออกไปก็จะถูกแทนที่โดย acid cations เช่น Aluminum (Al^{3+}) และ Hydrogen (H^+) ด้วย เหตุนี้ดินที่เกิดภายใต้สภาพที่มีฝนตกจึงมีความเป็นกรดมากกว่าดินที่เกิดภายใต้สภาพที่แห้งแล้ง (อรรวรรณ์, 2551)

5.4.1.1.1.4 เกิดจากพืช (Removal of basic cations by crops)

พืชแต่ละชนิดจะมีการดูดธาตุอาหารเข้าสู่รากแล้วปลดปล่อยสารอาหารออกมาทางราก เช่นกันซึ่งสารที่ปลดปล่อยออกมาสู่ดิน ซึ่งจะมีชนิดและปริมาณที่ต่างกันไป แต่มีคุณสมบัติเป็น Selective media มีผลต่อสมบัติ อรรวรรณ์ (2551) กล่าวว่าการดูดใช้ Base cations ของพืช (Remove of basic cations by crops) ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชและเป็น Base cations เช่น Ca, Mg และ K ซึ่งพืชจะดูดใช้ในช่วงระหว่างการเจริญเติบโตเมื่อเราเก็บเกี่ยวพืช ก็ถือว่าเป็นการดึงเอา Base cations ออกจากดินจากตำแหน่ง exchangeable site ไปด้วยซึ่งตำแหน่งเหล่านี้ก็จะถูกแทนที่ด้วย H^+ เพื่อให้เกิดความเป็นกลางทางไฟฟ้า (Electrical neutrality) ดังนั้นการดูดใช้ Base cations จึงทำให้เกิดพัฒนาไปสู่ดินกรดในที่สุด ซึ่งปริมาณ Base cations ที่ถูกพืชดึงออกไปและระยะเวลาที่ทำให้ดินเป็นกรดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของพืชที่ปลูก ส่วนที่เก็บเกี่ยวออกไป ชนิดของดิน และ การเกษตรกรรม เป็นต้น พืชต่างชนิดกันจะดูดใช้ Base cations ในปริมาณที่ต่างกัน เช่น พืชตระกูลถั่วจะดูดใช้ Ca มากกว่า และ K น้อยกว่า ธัญพืช ดังนั้นพืชแต่ละชนิดก็จะเพิ่มความเป็นกรดให้กับดินแตกต่างกัน

5.4.1.1.1.5 การปลูกพืชและการใส่ปุ๋ย (Cropping and fertilization)

ไพบูลย์ (2546) กล่าวว่าการปลูกพืชติดต่อกันอย่างต่อเนื่อง พืชที่ปลูกจะดูดใช้ K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} จากสารละลายดินซึ่งเป็น nonacid cations ในอัตราที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับ acid cations (เช่น Fe^{3+} , Fe^{2+} และ Mn^{2+}) และในการรักษาสสมดุลของประจุในดินพืช พืชมักปลดปล่อยประจุบวกออกจากรากที่สำคัญคือ H^+ (หรืออาจดูดใช้แอนไอออน เช่น NO_3^- และ SO_4^{2-}) ผลจากกระบวนการดังกล่าวทำให้เปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวด้วยกรดในสารละลายเพิ่มขึ้น และทำให้ดินมี pH ลดลง

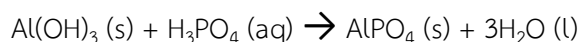
นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) หรือเปลี่ยนรูปไปเป็นแอมโมเนียมในดิน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ แอมโมเนียมไนเตรด (NH_4NO_3) แอนไฮไดรส์แอมโมเนีย (NH_3) และยูเรีย $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ ในกรณีของแอมโมเนียมและยูเรียนั้นเมื่อใส่ลงไปในดิน (ยกเว้นดินที่เป็นดินต่างมาก) ไนโตรเจนจะเปลี่ยนรูปเป็น NH_4^+ ในดินที่มีการถ่ายเทอากาศดีหรือมีก๊าซออกซิเจนเพียงพอ NH_4^+ จะถูกออกซิไดซ์เป็น NO_2^- และ NO_3^- โดยกิจกรรมของแบคทีเรียบางชนิดซึ่งได้พลังงานจากปฏิกิริยา พร้อมทั้งปลดปล่อย H^+ ออกมาในสารละลายดิน กระบวนการดังกล่าวเรียกว่า ไนตริฟิเคชัน (Nitrification) โดยกิจกรรมของแบคทีเรีย *Nitrosomonas* spp. และ *Nitrobacter* spp. ตามลำดับ ปัจจุบันยังไม่พบว่ามีจุลินทรีย์ชนิดใดสามารถเปลี่ยน NH_4^+ ให้กลายเป็น NO_3^- ได้โดยตรง

การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือยูเรียในอัตราที่ค่อนข้างสูงในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนในดินชุดสันทราย (Sansai series) โดยปราศจากการใส่ปูนขาว จะมีผลทำให้ดินมี pH ลดลงประมาณจาก 6.5 ถึง 5.5 ภายในระยะเวลาเพียง 2 ปี

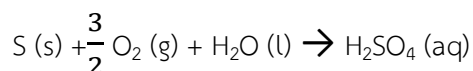
การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส เช่น ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตต่างๆ ซึ่งมีโมโนแคลเซียมฟอสเฟต [Monocalcium phosphate, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$] เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ก็สามารถเพิ่มความเป็นกรดให้แก่ดินได้ดังสมการต่อไปนี้



การละลายของปุ๋ยฟอสเฟตจะทำให้กรด H_3PO_4 เคลื่อนที่ออกมานอกเม็ดปุ๋ย และสามารถทำให้บริเวณรอบเม็ดปุ๋ยมีฤทธิ์เป็นกรดจัด ซึ่ง pH อาจลดลงถึง 1.5 อย่างไรก็ตามอิทธิพลนี้จะอยู่ไม่นาน เนื่องจากกรด H_3PO_4 ดังกล่าวจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมที่มีมากในสารละลายที่เป็นกรด เช่น เหล็กและอะลูมิเนียม รวมทั้งสารประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญ เช่น พวกเซสควออกไซด์ (ออกไซด์ ออกซีไฮดรอกไซด์และไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม) เมื่อทำปฏิกิริยากันแล้วจะเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายน้ำยากดังที่เคยกล่าวมาแล้วในบทก่อน ในเวลาเดียวกันอิทธิพลของ H_3PO_4 ต่อความเป็นกรดของดินก็จะถูกกำจัดไป ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถแสดงได้ตามสมการดังต่อไปนี้



การออกซิเดชันของแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกซิเดชันของกำมะถัน (S) และสารที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ จะทำให้เกิดกรดกำมะถันและทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดอย่างรุนแรงได้ ดังสมการ



5.4.1.2 ปัญหาของดินกรด

ปัญหาของดินกรดคือการขาดธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดินเช่น ฟอสฟอรัสถูกตรึงทำให้พืชดูดใช้ไม่ได้ และมีธาตุบางธาตุ ได้แก่ อะลูมิเนียม เหล็กและแมงกานีส ละลายออกมามากเกินไปพืชที่ปลูก ผลกระทบของปัญหาดินกรดต่อการปลูกพืช

- ขาดแคลนธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทำให้พืชที่ปลูก เช่น ข้าวโพด มะเขือเทศ และ ถั่วแสดงอาการขาดธาตุอาหาร พืชไม่เจริญเติบโตผลผลิตเสียหายและผลผลิตต่ำ

- ระบบรากพืชถูกทำลาย เนื่องจากมีอะลูมิเนียมและเหล็กละลายออกมาจนเป็นพิษต่อพืชและดินขาดธาตุอาหารพืชทำให้พืชที่ปลูกไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเหมือนปกติ จึงให้ผลผลิตพืชต่ำ

- เกิดการระบาดของเชื้อโรคพืชหลายชนิด เช่น เชื้อโรครากเน่าโคนเน่าในพืชเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินกรด ทำให้พืชที่ปลูกเกิดความเสียหาย

การเกิดดินกรดไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตาเหมือนปัญหาดินอื่น ๆ ส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบ ดินร่วนหยาบ ดินร่วนละเอียด ทั้งในที่ลุ่มและในที่ดอน พื้นที่ที่มีการชะล้างหน้าดินสูงมีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อเนื่องเป็นเวลานาน และขาดการปรับปรุงบำรุงดิน ซึ่งอาจพบอาการผิดปกติของพืช เช่น รากสั้น บวม หรือปลายรากถูกทำลายจากความเป็นพิษของอะลูมิเนียม อาการผิดปกติจากการขาดธาตุอาหารพวกฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และแคลเซียม ที่แสดงออกพร้อมกันคือ ใบเล็ก สีใบเขียวเข้มจนคล้ำ และอาจพบอาการที่เกิดจากแมงกานีสเป็นพิษคือใบจะซีดเหลือง พืชตระกูลถั่วรากจะมีปมขนาดเล็กที่เกิดจะเป็นสีเขียว ไม่เป็นสีชมพู มีการระบาดของเชื้อโรคพืชทางดิน เช่น โรครากเน่า โคนเน่า และพืชแสดงอาการเหี่ยวจากการขาดน้ำได้ง่ายผิดปกติ เพราะรากไม่สามารถแผ่ขยายลงไปในดินลึกได้ การตรวจสอบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินทำได้หลายวิธี เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองโดยการใช้น้ำยาตรวจสอบใช้กระดาษเทียบสีหรือเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของกรมพัฒนาที่ดิน

5.4.1.3 แนวทางการแก้ไข

- 1) การใช้วัสดุปูนทางการเกษตร ลดความรุนแรงของกรดในดิน

- วัสดุปูนที่นิยมใช้ ได้แก่ ปูนโดโลไมท์ซึ่งมีทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ อัตราปูนที่ใช้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของกรดในดิน โดยทั่วไปใช้ปูนโดโลไมท์อัตรา 300-500 กิโลกรัมต่อไร่

-การแก้ความเป็นกรดของดินในที่ตอนที่ระดับความลึกมากกว่า 15 เซนติเมตร ซึ่งดินเป็นกรดจัดจนรากพืชไม่สามารถแผ่ขยายลงไปได้ การใช้วัสดุปูนมักไม่ได้ผลเนื่องจากวัสดุปูนมีการละลายและเคลื่อนลงไปในดินล่างได้น้อย จึงต้องใช้วัสดุอื่น ๆ เช่น ยิปซัม หรือ ฟอสฟอริบซัมที่มีคุณสมบัติในการละลาย และสามารถแทรกซึมลงไปในดินล่างได้ โดยอัตราการใส่ยิปซัมที่ใช้ขึ้นกับความรุนแรงของกรดในดิน

2) การใส่อินทรีย์วัตถุ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด ช่วยเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารพืชในดิน ลดการสูญเสียธาตุอาหารจากการถูกชะล้าง และอินทรีย์วัตถุยังช่วยลดความเป็นพิษของเหล็กและอะลูมิเนียมอีกด้วย

3) เพิ่มธาตุอาหาร การใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทั้งปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ตามชนิดและปริมาณที่เหมาะสมกับพืชที่ปลูก และฉีดพ่นด้วยฮอร์โมนหรือน้ำหมักชีวภาพ (จากสารรา่งซูปเปอร์ พด.2)

4) การคลุมดิน ใช้วัสดุคลุมดิน เศษพืชหรือปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดิน เป็นการรักษาหน้าดินป้องกันการชะละลายหน้าดิน รักษาความชื้นในดินและเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน

5) เลือกชนิดพืชและพันธุ์พืชที่ชอบดินกรดมาปลูก ดินกรดที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วสามารถปลูกพืชได้เกือบทุกชนิด แต่ต้องมีการจัดการน้ำและธาตุอาหารพืชให้เหมาะสม เกษตรกรควรรู้ช่วงความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิดเพื่อจะได้แก้ไขความเป็นกรดของดินให้อยู่ในช่วงพอดีกับความต้องการของพืชชนิดนั้น ๆ พืชหลายชนิดสามารถทนทานและเจริญเติบโตได้ดีในดินกรดเช่น ข้าว แตงโม ข้าวโพดข้าวฟ่าง ยางพารา ปาล์มน้ำมัน กาแฟ กล้วย มะม่วง มะม่วงหิมพานต์ ยาสูบ และสับปะรด เป็นต้น

6) เลือกใช้ระบบการปลูกพืชที่เหมาะสม เลือกระบบการปลูกพืชที่มีระบบรากลึกสลับรากตื้นเพื่อเป็นการนำเอาอาหารที่ถูกชะละลายลงในดินล่างมาใช้ ปลูกพืชหมุนเวียนชนิดต่าง ๆ สลับกับพืชตระกูลถั่ว และการปลูกหญ้าแฝกล้อมรอบไม้ผล เพื่อดักตะกอนและรักษาความชื้นในดินบริเวณรอบ ๆ ต้นไม้

5.4.2 อินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดินอยู่ในระดับต่ำ

กรมพัฒนาที่ดิน (2551) กล่าวว่าประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน พื้นที่ทำการเกษตรกรรมจะมีปัญหาปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ เนื่องจากสาเหตุหลายประการที่ทำให้อินทรีย์วัตถุย่อยสลายอย่างรวดเร็ว คือ สภาพดินฟ้าอากาศ เพราะประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน และมรสุม ทำให้มีฝนตกชุกเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ในดินทำให้การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินเป็นไปอย่างรวดเร็ว

5.4.2.1 สาเหตุ

การใช้ประโยชน์ที่ดินผิดวิธี การตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำพื้นที่ดินมาใช้ทางการเกษตรโดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดิน จนทำให้อินทรีย์วัตถุในชั้นผิวหน้าดินหรือดินบน ซึ่งเป็นปุ๋ยธรรมชาติที่เกิดจากการทับถมของใบไม้และใบหญ้าสดลงไปอย่างรวดเร็ว และการทำการเกษตรที่ปราศจากการปรับปรุงบำรุงดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ ก็เป็นสาเหตุที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้หน้าดินที่อุดมสมบูรณ์ด้วยแร่ธาตุอาหารพืช และอินทรีย์วัตถุในดินถูกชะล้างลงสู่แม่น้ำลำธารรวม เป็นต้น

สภาพของดินก็เป็นอีกประการหนึ่ง โดยในดินที่เกิดมาจากหินทราย ซึ่งมีคุณสมบัติที่ขาดความอุดมสมบูรณ์โดยธรรมชาติอยู่แล้ว เมื่อสลายตัวเป็นดินก็ไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่าปริมาณที่เหมาะสม เมื่อดินจะไม่เสถียรไม่เกาะตัวกันได้ดีเพราะขาดสารเชื่อมเม็ดดิน (Cementing agent) และการอุ้มน้ำของดินน้อยทำให้ความชื้นในดินน้อยการใส่ปุ๋ยลงในดินดังกล่าวก็จะทำให้สูญเสียธาตุอาหารได้ง่าย ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของอินทรีย์วัตถุและปริมาณธาตุอาหารพืชในดินของกรมพัฒนาที่ดินได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวก

5.4.2.2 แนวทาง

ใช้อินทรีย์วัตถุในการปรับปรุงบำรุงดิน ด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง และต้องทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำสำหรับบนพื้นที่สูง

5.4.3 ดินปนเปื้อน

ดินปนเปื้อน หมายถึง การที่สารเป็นพิษในรูปต่าง ๆ ถูกผสมลงสู่ดินธรรมชาติ ซึ่งการปนเปื้อนนี้อาจเกิดจากความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ได้ หรือเกิดจากธรรมชาติ แต่ทำให้ที่ดินนั้นเกิดความเสื่อมโทรม มีปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร หรือมีผลต่อความปลอดภัยของมนุษย์และสัตว์หรือต้องการปรับปรุงที่ดินนั้นให้คือสู่สภาพเดิม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557)

5.4.3.1 สาเหตุของการปนเปื้อน

นภัสสร (2555) กล่าวว่า การปนเปื้อนของโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อม มีอยู่ 2 คือ จากแหล่งที่มาตามธรรมชาติ และจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.4.3.1.1 การปนเปื้อนของโลหะหนักจากแหล่งที่มาตามธรรมชาติ เกิดตามสภาพที่เกิดตามธรรมชาติของบริเวณนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ปัญหาดินมีสารกัมมันตรังสี และดินที่เจือปนด้วยโลหะหนักเป็นต้น นอกจากนี้หินและแร่ที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดดิน การระเบิดของภูเขาไฟ ซึ่งมีโลหะหนักปนมากับเถ้าถ่านที่ตกทับถมปนอยู่ในดิน ซึ่งปริดา และคณะ (2547) อ้างตามนภัสสร (2555) รายงานว่าสารกลุ่มโลหะหนักสามารถที่จะแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมทั้งในบรรยากาศ พื้นแผ่นดินและพื้นน้ำ โดยสารกลุ่มโลหะหนักสามารถที่จะแพร่กระจายไปมาในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งจากพื้นดินสู่พื้นน้ำ พื้นน้ำสู่บรรยากาศ บรรยากาศสู่พื้นดิน และพื้นดินสู่บรรยากาศเป็นต้น การปนเปื้อนโลหะหนักจากแหล่งธรรมชาติส่วนใหญ่มาจากการระเบิดของภูเขาไฟ ซึ่งจะปลดปล่อยละอองไอของโลหะหนักจำนวนมากสู่บรรยากาศ ตลอดจนการชะของฝนจนเกิดการพังทลายของหินต้นกำเนิด ปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในธรรมชาติ มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เช่น ปริมาณโลหะหนักที่อยู่ในดินจะมีปริมาณมากน้อยผันแปรไปตามชนิดของหิน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของดินจะมีความแตกต่างกันตามชนิดของหินซึ่งเป็นวัตถุดิบกำเนิดดิน

5.4.3.1.2 การปนเปื้อนของโลหะหนักจากกิจกรรมของมนุษย์ มักก่อให้เกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณที่มากกว่าธรรมชาติ โดยแหล่งที่มาของโลหะหนักจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญมีหลายแหล่งด้วยกัน โดยส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการถลุงแร่ อุตสาหกรรมการหลอม และการเผาโลหะ อุตสาหกรรมแก้ว พลาสติก ปุ๋ย ซึ่งจะทำให้เกิดการปนเปื้อนในระดับสูงสู่ดิน แหล่งน้ำผิวดิน น้ำทะเล และบรรยากาศ (Krishna Murti, *et al.*, 1987 อ้างอิงจากนภัสสร, 2555) ตัวอย่างการปนเปื้อนดังนี้

5.4.3.1.2.1 การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช หรือสารกำจัดวัชพืชทำให้ดินเป็นแหล่งสะสมสารเคมีที่มีผลตกค้างนาน เช่น สารประเภทคลอรีนอินทรีย์ (Organochlorine) เป็นต้น และสารประเภทอินทรีย์ที่ใช้ธาตุพิษเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น สารหนู ทองแดง ฯลฯ

5.4.3.1.2.2 การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอาจเป็นแหล่งที่มาของสารหนู ปริมาณสารหนูในปุ๋ยฟอสเฟตขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของหินฟอสเฟตที่นำมาใช้ เช่น หินฟอสเฟตในประเทศอังกฤษมีสารหนูอยู่ประมาณ 7.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นถ้าใช้ปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) ปริมาณ 54.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในการปรับปรุงดินเท่ากับเป็นการเพิ่มสารหนูลงในพื้นที่ประมาณ 0.12 มิลลิกรัมต่อตารางเมตร (0.005 เปอร์เซ็นต์) หรือ 0.0000004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (นภัสสร, 2555)

5.4.3.1.2.3 การปล่อยน้ำให้เสียจากกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการชะล้างผ่านสารเคมีต่างๆ ในอุตสาหกรรม เช่น สารพีซีบี (PCB) ที่ใช้ในการผลิตสีและพลาสติก สารเอชซีบี (HCB) ที่ใช้ในการผลิตยางสังเคราะห์ โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นแหล่งผลิตของเสียที่สำคัญยิ่ง โดยเฉพาะของเสียจากโรงงานที่มีโลหะหนักปะปนทำให้ดินบริเวณนั้นมีโลหะหนักสะสมอยู่มาก โลหะหนักที่สำคัญได้แก่ ตะกั่ว ของเสียจากอุตสาหกรรมเครื่องแก้ว ฟอกหนัง และส่วนผสมของโลหะอัลลอยด์ทำให้เกิดการปนเปื้อนสารหนูสู่อากาศ ดิน น้ำ และพื้นที่การเกษตร

5.4.3.1.2.4 การใช้ดินเป็นแหล่งทิ้งวัสดุเหลือใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทิ้งวัสดุเหลือใช้อันตรายซึ่งยากต่อการย่อยสลาย จะเกิดการสะสมในดินจนทำให้เกิดภาวะมลพิษทางดิน การศึกษาของ Brookes *et al.* (1986) และ Khan and Frankland (1984) พบว่าการใส่กากตะกอนน้ำเสียในดินอย่างต่อเนื่องมากกว่า 20 ปี ในพื้นที่ที่มีประเภทของเนื้อดินแตกต่างกัน ทำให้มีปริมาณโลหะหนักต่าง ๆ เช่น ตะกั่ว สังกะสี และทองแดงเพิ่มขึ้น

5.4.3.1.2.5 การใช้ปุ๋ยหมัก ซึ่งทำจากขยะชุมชน หรือกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีทองแดงปนเปื้อนในปริมาณสูง แม้กระทำการปนเปื้อนทองแดงจากการใช้ปุ๋ยคอกเป็นวัสดุปรับปรุงดิน โดยเฉพาะมูลสุกรและสัตว์ปีก เนื่องจากการใส่สารเร่งการเจริญเติบโต คือ CuSO_4 ในอัตรา 125-250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมลงในอาหารสุกรและสัตว์ปีก เพื่อเร่งการเจริญเติบโต ในบางพื้นที่ ตรวจพบทองแดงในดินซึ่งใส่มูลสุกรและสัตว์ปีกสูงถึง 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Shorrocks *et al.*, 1987; Baker *et al.*, 1988 และ Tiller, 1981)

5.4.3.1.2.6 การทำเหมืองแร่แทบทุกชนิดจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรดินหรือทรัพยากรน้ำที่จะต้องเกิดการปนเปื้อนและก่อให้เกิดมลพิษในอากาศด้วย การทำเหมืองแร่ในอดีต มีเทคนิคในการขุดเจาะและถลุงแร่ยังไม่ทันสมัย จึงจำเป็นต้องมีการใช้วัตถุดิบที่มีการสะสมแร่ในระดับสูง และมีของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตจำนวนมาก แม้ว่าในปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการทำเหมืองแร่จนสามารถทำการขุดแร่จากแหล่งที่ปริมาณการสะสมไม่มากนักมาใช้โดยคู่กับการลงทุนได้แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตนั้น จำเป็นต้องใช้ปริมาณหินแร่เพิ่มขึ้นกว่าเดิม นอกจากนั้นแร่สำคัญที่มนุษย์ต้องการ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบของซัลไฟด์ ที่สามารถก่อให้เกิดปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อมได้ ส่วนซีแร่ที่เหลือจากการถลุงแล้ว เมื่อทิ้งไว้ให้สัมผัสกับอากาศก็สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดสภาพเป็นกรดขึ้นได้ โลหะต่าง ๆ ที่เหลือจากการถลุง หรือปนเปื้อนอยู่ในกองซีแร่จึงสามารถละลายน้ำได้ดีขึ้น ส่งผลให้สามารถเคลื่อนที่ไปสู่แหล่งน้ำอื่น ๆ ได้ง่ายขึ้น

การปนเปื้อนและการแพร่กระจายของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมมนุษย์ เป็นแหล่งกำเนิดของการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมที่มีบทบาทสูงมากโดยเฉพาะจากการปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียชุมชน น้ำเสียจากเหมืองแร่ กิจกรรมเหล่านี้สามารถที่นำมาซึ่งการแพร่กระจายสู่บรรยากาศและดินได้เป็นบริเวณกว้าง และหากมีการนำวัสดุเหลือใช้ หรือผลพลอยได้ที่ปนเปื้อนจากโลหะหนัก ก็เท่ากับเป็นการทำให้มีผลกระทบโดยตรงและเป็นวงกว้างมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันพบว่ามีการนำกากตะกอนน้ำเสียไปผลิตเป็นปุ๋ยซึ่งเป็นการแพร่กระจายของโลหะหนักสู่พื้นที่การเกษตรโดยตรง ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนในผลผลิตมากยิ่งขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิต และนำมาสู่ผลกระทบต่อมนุษย์เป็นสำคัญ โดยปริมาณโลหะหนักในดินมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ปริมาณมากน้อยผันแปรไปตามชนิดของหิน ทั้งนี้ เนื่องจากคุณสมบัติของดิน จะมีความแตกต่างกันตามชนิดของหิน ซึ่งเป็นวัตถุดิบกำเนิดเป็นแหล่งสำคัญ แหล่งที่มาของโลหะหนักจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญมีหลายแหล่งด้วยกัน เช่น ปุ๋ย และสารเคมีในการเกษตร โรงถลุงแร่ การเผาไหม้ของน้ำมัน โรงงานอุตสาหกรรมของเหลือใช้จาก โรงงานและจากชุมชน การ

รั่วซึมจากพื้นที่ฝังกลบของเสียต่าง ๆ หรือจากปุ๋ยคอกก็ตามสามารถเป็นแหล่งกำเนิดของโลหะหนัก นำมาสู่การสะสมในดินซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันไป (ตารางที่ 5.3)

จากความเป็นพิษของโลหะหนักที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ พืช สัตว์ และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่อาศัยในดิน จึงมีการกำหนดความเข้มข้นของโลหะหนักที่อนุญาตหรือนำให้มีได้ในดิน น้ำ และอาหาร ซึ่งค่ากำหนดดังกล่าวจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในการบริโภคพืชอาหาร ค่ามาตรฐานระดับเกณฑ์พื้นฐาน หรือคำแนะนำแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แหล่งที่มาและปริมาณโลหะหนักที่พบในแหล่งต่าง ๆ

ชนิดโลหะหนัก	แหล่งที่มา	ปริมาณที่พบ (มิลลิเมตร/กิโลกรัม)				วัตถุดิณฑ์กำเนิดดิน	
		ดิน	พืช	ปุ๋ยคอก	กากตะกอนน้ำโสโครก	หินอัคนี	หินตะกอน
สารหนู	สารกำจัดศัตรูพืช, ควันจากโรงงานอุตสาหกรรม	0.1-0.7	0.1-5	4	4-30	2	7
ทองแดง	สารกำจัดรา, ฝุ่นโรงงานน้ำทิ้งจากเหมืองแร่, น้ำเสียจากระบบบำบัด,	2-175	4-15	62	458-2890	55	57
ตะกั่ว	ปุ๋ย, สารกำจัดศัตรูพืช, ไอเสียน้ำมัน, โรงกลึงแร่	2-200	0.1-10	16	329-7627	12	20
สังกะสี	ปุ๋ย, สารกำจัดศัตรูพืช, น้ำโสโครก, น้ำเสียอุตสาหกรรม	10-620	15-200	71	601-6890	70	80

ที่มา: Brady (1990) และ Purves (1977)

5.4.3.2 แนวทางการป้องกันแก้ไข

(1) การใช้สารปรับปรุงบำรุงดิน เช่น ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปูน หรือสารปรับปรุงบำรุงดินอื่นใดที่ไม่มีโลหะหนักปนเปื้อนสูงและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

(2) บำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยออกจากโรงงาน โรงงานอุตสาหกรรมควรมีการบำบัดน้ำเสียและตรวจสอบคุณภาพน้ำให้การปนเปื้อนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนปล่อยสู่พื้นที่สาธารณะ

(3) น้ำใช้หรือน้ำชลประทาน ในพื้นที่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมหรือผ่านพื้นที่ทำเหมืองแร่ ควรมีการตรวจสอบการปนเปื้อนก่อนนำไปใช้ในไร่นา

(4) หลีกเลี่ยงการนำวัสดุที่อาจเป็นอันตรายมาถมที่ดิน เศษวัสดุที่มีโลหะหนักปนเปื้อนกากแบตเตอรี่ไม่ควรนำมาถมที่ถึงแม้ว่าไม่ได้ใช้พื้นที่นั้นในการปลูกพืชอาหารโดยตรง แต่น้ำจะชะละลายโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำ หรือเคลื่อนย้ายปนเปื้อนไปในพื้นที่อื่น

(5) สอดส่อง ดูแลพื้นที่ทิ้งขยะ ไม่ให้มีการใช้ที่ดินเป็นที่ทิ้งขยะหรือของเสียที่สงสัยว่าจะเป็นอันตรายจากสารปนเปื้อน

(6) ตรวจสอบวิเคราะห์ตัวอย่างดิน นอกจากดูแลรักษาที่ดินของตนให้สะอาดเหมาะสมกับการทำเกษตรแล้ว ในพื้นที่เสี่ยง เช่น พื้นที่ใกล้เหมืองแร่เก่า หรือโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ควรส่งตัวอย่างดินไปตรวจวิเคราะห์เพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่มีโลหะหนักปนเปื้อนจนเป็นอันตรายได้

ตารางที่ 5.4 ค่ามาตรฐาน และระดับเกณฑ์พื้นฐานโลหะหนักในดิน พืช แหล่งน้ำและอาหาร

ตัวอย่าง	ประเทศ	สารหนู	ทองแดง	ตะกั่ว	สังกะสี
		(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			
ดิน	กลุ่มสหภาพยุโรป (EU) ^{1,2}	20	140	100	300
	สหรัฐอเมริกา ³	-	50	300	200
	ฮอลแลนด์ ¹	-	-	50-150	200-500
	เนเธอร์แลนด์ ⁴	55	190	530	720
	ออสเตรเลีย ⁴	20	100	150	200
	ไต้หวัน ⁴	20	150	100	300
	ญี่ปุ่น ⁵	15	125	400	150
	อินเดีย ⁶	-	135-270	250-500	300-600
	ไทย ⁷	3.9	-	400	-
พืช	กลุ่มสหภาพยุโรป (EU) ⁸	-	-	0.3	-
	จีน ¹⁰	0.5	10	0.1	20
	WHO/FAO ⁹	-	40	5	60
อาหาร	Codex (2010) ¹¹	0.5	-	2	-
	ไทย ¹²	2	20	1	100
น้ำผิวดิน	ไทย ¹³	0.01	0.1	0.05	1.0
น้ำใต้ดิน	ไทย ¹⁴	0.01	1.0	0.01	5.0

ที่มา: ¹EU(2002); ²Rahman et al.(2007); ³Masona C.(2011); ⁴Chen Z.S.(1999); ⁵Makino T.(2009); ⁶Awashthi S.K. (2000); ⁷คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2547); ⁸EU (2006); ⁹WHO/FAO (2007); ¹⁰USDA (2003); ¹¹Codex(2010); ¹²กระทรวงสาธารณสุข (2529); ¹³คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2547); ¹⁴คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2543)

5.5 แนวทางการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง

จากการวิเคราะห์เงื่อนไขข้อกำหนดมาตรฐานผลิตผักโครงการหลวงที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และผลการวิเคราะห์สมบัติและคุณภาพดินดังกล่าวข้างต้นสามารถวิเคราะห์สภาพปัญหาต่าง ๆ เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงโดยใช้หลักการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (รายละเอียดได้แสดงไว้ในบทที่ 4) เพื่อเพิ่มผลผลิตภาพของดินในการผลิตพืชผัก และผ่านมาตรฐานการผลิต ซึ่งกล่าวโดยสังเขปได้ดังต่อไปนี้

5.5.1 เร่งสำรวจ จัดทำฐานข้อมูลดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่โครงการหลวงให้ครบทุกศูนย์ เพื่อให้สามารถเปิดพื้นที่ในการผลิตผักให้ครบทุกศูนย์ และใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในการผลิตผักโครงการหลวง

5.5.2 การพัฒนาที่ดินด้วยการสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และการสร้างโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานให้ครบคลุมพื้นที่ปลูกผักทุกศูนย์ เนื่องจากการทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน และโครงสร้างพื้นฐานช่วยให้การขนส่งผลผลิตเป็นไปด้วยความสะดวก ลดต้นทุนในการขนส่งผลผลิตผักตลอดจนป้องกันการความเสียหายของผลผลิตพืชผัก

5.5.3 การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำโดยการจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรให้เพียงพอกับการปลูกพืชผักแต่ละพืชผักตลอดฤดูกาลเพาะปลูกพืชโดยสำรวจหาแหล่งน้ำเพิ่มเติม กักเก็บน้ำไว้ใช้ในการเกษตรให้ได้มากที่สุด ส่งเสริมระบบการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพ วางแผนการปลูกพืช และการใช้น้ำในการเพาะปลูก เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.5.4 ปรับปรุงบำรุงดินให้มีสภาพที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกพืช ได้แก่ ปรับปรุงดินกรดให้มีสภาพที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก ปรับปรุงอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดินอยู่ในระดับต่ำด้วยอินทรีย์วัตถุ และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและวางแผนการจัดการธาตุอาหารพืชในดินให้มีเพียงพอแก่ความต้องการของพืชผักแต่ละชนิด

5.5.5 ตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติและคุณภาพดินเป็นประจำทุกปี หรือก่อนปลูกพืชผักทุกครั้ง เพื่อเป็นฐานข้อมูลและแนวทางในการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง ตลอดจนรายงานผลวิเคราะห์ดินและสถานการณ์โลหะหนักในดินให้แก่เกษตรกรและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมผักทราบแล้วดำเนินการตามแนวทางการแก้ไขดินปนเปื้อนตามที่ได้แสดงรายละเอียดไว้ข้างต้น

5.5.6 ส่งเสริมกิจกรรมพิเศษต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาองค์ความรู้ เพิ่มทักษะการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง แก่เกษตรกร และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมผักโครงการหลวง เช่น ฝึกอบรมการทำปุ๋ยหมัก น้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง เป็นต้น

อย่างไรก็ดีการดำเนินงานแก้ไขปัญหาดังกล่าวตามแนวทางการแก้ไขปัญหาแต่ละอย่างนั้น ต้องกระทำอย่างถูกต้อง ภายใต้หลักวิชาการ จึงจะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้สำเร็จและมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ว่าปัญหาบางอย่างจะต้องใช้เวลาในการดำเนินการแก้ไขยาวนานก็ตาม ซึ่งรายละเอียดของแนวทางการดำเนินงานแก้ไขปัญหาดังกล่าวจะขอกล่าวเป็นลำดับในบทต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. **คู่มือการจัดการอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 187 น.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2557. **คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 242 น.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2529, 21 มกราคม. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีการปนเปื้อน**.ราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษเล่มที่ 103 ตอนที่ 23 วันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2529.
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2547, 9 กันยายน. **ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 25 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน**.ราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษเล่มที่ 121 ตอนพิเศษ 119 ง วันที่ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2529. น. 170-181.
- งานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง. 2555. **ผลการปฏิบัติงานพัฒนาและส่งเสริมผักปี 2555 และแผนปฏิบัติงานปี 2556**. เชียงใหม่: มูลนิธิโครงการหลวง. น. 260-261.
- นภัสสร โน้ตศิริ อรอนงค์ โฉมศิริ ไพพิศ ศรีมาวงษ์ วรางคณา สงวนพงษ์ และวันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล. 2555. **การสะสมและแพร่กระจายโลหะหนักบางชนิดในดินปลูกผักบนพื้นที่การเกษตรศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยและห้วยลึก**. 107 น. ในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2555. มูลนิธิโครงการหลวง.
- พงษ์สันต์ สัจจันทร์ ปญญิตา ตระกูลยิ่งเจริญ นภาพร วงษ์โพธิ์ของ ศุภชัย อำคา พิบูลย์ กังแฮ สุชาดา กรุณา และเอียร วิทยาวรากุล. 2552. **สภาวะธาตุอาหารพืชและปัจจัยทางดินเพื่อการฟื้นฟูทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่เกษตรกรรมโครงการหลวง**. น. 364-371. ใน **การประชุมวิชาการการวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงภาคเหนือของประเทศไทย**.เชียงใหม่
- ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. **เคมีดิน**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 273 น.
- ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง. 2555ก. **รายงานประจำปี 2555**. เชียงใหม่: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง กรมพัฒนาที่ดิน. 36 น.
- อรรธรณ ฉัตรสิริรุ่ง. 2551. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 253 น.
- Baker, D. E., and Bowers, M.E. 1988. Trace substances in environ Health. 375 p. *In Proceeding 22nd annual conference*.
- Chen, Z. S., Tsai, C. C. and. Tsui, C. C. 1999. Proposal regulation of soil pollutants in Taiwan soils.pp. 169-207. *In Proceedings of 6th Workshop on soils Pollution and Prevention: Soil Remediation Techniques on Soils Contaminated by Organic Pollutants*, Chen, Z. S. (Ed.).Taipei, Taiwan ROC.
- European Union (EU). 2002. **Heavy Metal in Wastes**, European Commission on Environment. [Online].Available http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavy_metals_report.pdf (12 March 2015).
- Makino, T. 2009. **Heavy metal pollution of soil and a new approach to its remediation: research experiences in Japan**. Kannondai, Tsukuba: National Institute for Agro-Environmental Science.

- Masona, C. 2011. Assessment of Heavy Metal Accumulation in Wastewater Irrigated Soil and Uptake by Maize Plants (*Zea Mays L*) at File Farm in Harare. **Journal of Sustainable Development** 4(6): 132-137.
- Rahman, M. A., Hasegawa, H., Rahman, M. M. and Miah, M. A. M. 2007. Accumulation of arsenic in tissues of rice plant (*Oryza sativa L.*) and its distribution in fraction of rice grain. **Chemosphere** 69: 942-948.
- Sherrocks, V. M. and Alloway, T. B. 1987. **Copper in plant, Animal and Human Nutrition**. Copper Development Association. 428 p.
- Soil Survey Staff. 1998. **Key to Soil taxonomy**. Washington, DC: US Government Printing Office. 326 p.

บทที่ 6

ทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่โครงการหลวง

การดำเนินงานแก้ไขปัญหาการจัดทำฐานข้อมูลทรัพยากรดินเพื่อใช้ประโยชน์ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่โครงการหลวง ต้องมีการบูรณาการจากหน่วยงานหลายฝ่าย ซึ่งมีขั้นตอนกล่าวโดยสังเขปดังต่อไปนี้

6.1 การจัดทำฐานข้อมูลดิน ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง

จากข้อกำหนดเรื่องมาตรฐานการปลูกผัก GAP, GobaL GAP และ Organic ดังกล่าวที่มีความจำเป็นต้องเร่งจัดปรับปรุงให้ผ่านตามเงื่อนไขข้อบังคับในเรื่องการจัดการพื้นที่เพาะปลูกและการจัดการดินและวัสดุปลูกที่ จะต้องมีการจัดทำแผนที่ชุดดิน โดยมีเกณฑ์การยอมรับคือต้องระบุประเภทของดินในแต่ละพื้นที่ โดยอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลดิน หรือการวิเคราะห์ดิน หรือแผนที่ประเภทของดินในท้องถิ่น จากลักษณะสภาพปัญหา ดังกล่าวจึงมีการบูรณาการระหว่างมูลนิธิโครงการหลวง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ กรมพัฒนาที่ดิน ได้เข้ามาช่วยกันแก้ไขและวางแผนพัฒนาแบบบูรณาการมีการวิจัยและการพัฒนา เพื่อกำหนดรูปแบบการใช้ที่ดิน มีศูนย์ประสานงานในพื้นที่และจุดเรียนรู้การพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน โดยเน้นให้ปลูกพืช และเลี้ยงสัตว์หลายชนิดที่มีระบบการจัดการที่เหมาะสม และไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในพื้นที่สูง มีการฟื้นฟูป อรุณรักษ์ดินและป่าต้นน้ำลำธาร โดยมีการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีการปลูกป่าในพื้นที่ส่วนที่ควรเป็นป่า ทำการเกษตรภายใต้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการวิจัยการปลูกพืชเมืองหนาว รวมถึงการขนส่ง การจัดการหลัง การเก็บเกี่ยวและการตลาด เพื่อให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนงานวิจัยการจัดการ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน แผนงานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพการผลิตที่ คำนึงถึงภูมิสังคมและแข่งขันได้ ตลอดจนนำความรู้และสิ่งใหม่ ๆ ไปพัฒนาชุมชนชาวเขาให้เข้มแข็งและป่าต้นน้ำ ลำธารได้รับการฟื้นฟู กรมพัฒนาที่ดินซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในเรื่องการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูงจึงได้จัดทำแผนที่ดิน และ การใช้ที่ดินขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

6.1.1 วัตถุประสงค์การจัดทำฐานข้อมูลดิน ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง

การดำเนินการแบบบูรณาการระหว่างมูลนิธิโครงการหลวง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และกรมพัฒนา ที่ดิน เพื่อจัดทำฐานข้อมูลดิน ภาพการใช้ที่ดิน และสภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทั้ง 38 ศูนย์ โดยมีวัตถุประสงค์การดำเนินการ ดังต่อไปนี้

6.1.1.1 เพื่อจัดทำฐานข้อมูลดินให้เป็นระบบเดียวกัน สำหรับใช้เชื่อมโยงทรัพยากรดินและการจัดการดิน สำหรับปลูกพืชในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทั้ง 38 ศูนย์ บนภาพออร์โธรี มาตราส่วน 1:4,000

6.1.1.2 เพื่อจัดทำฐานข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินให้ทันสมัยและเป็นปัจจุบันในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการ หลวงทั้ง 38 ศูนย์ บนภาพออร์โธรี มาตราส่วน 1:4,000

6.1.1.3 เพื่อศึกษาสภาพอะธาตุอาหารของพืชกับระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมในพื้นที่ศูนย์พัฒนา โครงการหลวงทั้ง 38 ศูนย์ บนภาพออร์โธรี มาตราส่วน 1:4,000

6.1.2 แนวทางการดำเนินงาน

เนื่องจากพื้นที่สูงมีภาพพื้นที่สลับซับซ้อนและสภาพการใช้ที่ดินแตกต่างจากพื้นที่ราบมาก ทำให้ การศึกษาสำรวจและจำแนกดิน สำรวจสภาพการใช้ที่ดินและทำแผนที่ มีข้อจำกัดมาก จึงมีความจำเป็นต้อง กำหนดแนวทางการดำเนินงานใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่และรวบรวม เพื่อกำหนดหน่วยแผนที่ พร้อม ตรวจสอบสภาพสนาม ได้แก่ เขตความชันดิน เขตอุณหภูมิดิน ชั้นขนาดอนุภาคดิน ชนิดวัตถุต้นกำเนิดดิน สมบัติ

ทางเคมี และกายภาพของดิน ตลอดจนสมบัติทางอุทกวิทยา ได้แก่ การระบายน้ำของดิน เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1.2.1 เขตความชื้น จำแนกไว้ 3 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

Aq คือ เขตความชื้นแบบแอควิก (Aquic soil moisture regime) หมายถึง ดินที่อิ่มตัวอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำตลอด ปี หรือบางช่วงเวลาในรอบปี พบบริเวณพื้นที่ราบลุ่มต่ำ มีระดับน้ำใต้ดินตื้นหรือพื้นที่น้ำขัง

Us คือ เขตความชื้นแบบอัสติก (Ustiv soil moisture regime) หมายถึง เขตความชื้นดินแบบที่ดินแห้งติดต่อกันนานในรอบปี จนทำให้พืชขาดน้ำนานเท่ากับหรือมากกว่า 90 วัน รวมหรือมากกว่า 45 วันติดต่อกันในรอบปี ได้จากการวัดความชื้นดินในช่วงความลึกควบคุม 10-30, 20-60 หรือ 30-90 เซนติเมตรจากผิวดิน ตามชั้นขนาดอนุภาคดิน

ud คือ เขตความชื้นดินแบบยูติก (Udic soil moisture regime) หมายถึง เขตความชื้นดินแบบที่ดินชื้นนานในรอบปี ดินมีช่วงแห้งจนทำให้พืชขาดน้ำน้อยกว่า 90 วันรวม หรือน้อยกว่า 45 วันติดต่อกันในรอบปี ได้จากการวัดความชื้นดินในช่วงความลึกควบคุม 10-30, 20-60 หรือ 30-90 เซนติเมตรจากผิวดิน ตามชั้นขนาดอนุภาคดิน

6.1.2.2 ชั้นอุณหภูมิดิน จำแนกไว้ 3 ประเภท ได้แก่

Iso คือ อุณหภูมิดินแบบไอโซไฮเปอร์เทอร์มิก (Isohyperthermic soil temperature regime) หมายถึง มีอุณหภูมิดินที่ความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน มีค่าเฉลี่ยตลอดปีตั้งแต่ 22 องศาเซลเซียส ขึ้นไปและมีความแตกต่างระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาวไม่เกิน 6 องศาเซลเซียส

hy คือ อุณหภูมิแบบไฮเปอร์เทอร์มิก (Hyperthermic soil temperature regime) หมายถึง มีอุณหภูมิดินที่ความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน มีค่าเฉลี่ยตลอดปีตั้งแต่ 22 องศาเซลเซียส ขึ้นไปและมีความแตกต่างระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาวมากกว่า 6 องศาเซลเซียส

th คือ อุณหภูมิแบบเทอร์มิก (Thermic soil temperature regime) หมายถึง มีอุณหภูมิดินที่ความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน มีค่าเฉลี่ยตลอดปีอยู่ระหว่าง 15 องศาเซลเซียส ถึงน้อยกว่า 22 องศาเซลเซียส Soil temperature regime หมายถึง มีอุณหภูมิดินที่ความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน มีค่าเฉลี่ยตลอดปีตั้งแต่ 22 องศาเซลเซียส และมีความแตกต่างระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาวมากกว่า 6 องศาเซลเซียส

6.1.2.3 ชั้นขนาดอนุภาคดิน จำแนกไว้ 7 ประเภท ได้แก่

col คือ ชั้นขนาดอนุภาคดินที่เป็นพวกดินร่วนหยาบ (Coarse loamy family) หมายถึง ดินที่มีเนื้อดินเฉลี่ยในช่วงความลึกควบคุมตามข้อกำหนดในการจำแนกดิน หรือภายในความลึก 100 เซนติเมตร จากผิวดินหรือถึงชั้นที่รากพืชซอนไชลงไปไม่ได้ ถ้าพบตื้นกว่า มีอนุภาคขนาดดินเหนียวน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก โดยทั่วไปมีเนื้อดินเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย

fl คือ ชั้นขนาดอนุภาคดินที่เป็นพวกดินร่วนละเอียด (Fine loamy family) หมายถึง ดินที่มีเนื้อดินเฉลี่ยในช่วงความลึกควบคุมตามข้อกำหนดในการจำแนกดิน หรือภายในความลึก 100 เซนติเมตรจากผิวดินหรือถึงชั้นที่รากพืชซอนไชลงไปไม่ได้ ถ้าพบตื้นกว่า มีอนุภาคขนาดดินเหนียว 18 เปอร์เซ็นต์ ถึงน้อย 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยทั่วไปมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทราย

cosi คือ ชั้นขนาดอนุภาคดินที่เป็นพวกดินทรายแป้งหยาบ (Coarse silty family) หมายถึง ดินที่มีเนื้อดินเฉลี่ยในช่วงความลึกควบคุมตามข้อกำหนดในการจำแนกดิน หรือภายในความลึก 100 เซนติเมตรจากผิวดินหรือถึงชั้นที่รากพืชซอนไชลงไปไม่ได้ ถ้าพบตื้นกว่า มีอนุภาคขนาดดินเหนียวน้อยกว่า 18

- เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีอนุภาคขนาดเล็กกว่าดินทรายละเอียดมาก ปริมาณเท่ากับหรือมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยทั่วไปมีเนื้อดินเป็นดินทรายแป้งหรือดินร่วนปนทรายแป้ง
- fsi คือ ชั้นขนาดอนุภาคดินที่เป็นพวกดินทรายแป้งละเอียด (Fine silty family) หมายถึง ดินที่มีเนื้อดินเฉลี่ยในช่วงความลึกควบคุมตามข้อกำหนดในการจำแนกดิน หรือภายในความลึก 100 เซนติเมตรจากผิวดิน หรือถึงชั้นที่รากพืชขนไชลงไปได้ ถ้าพบตื้นกว่า มีอนุภาคขนาดดินเหนียว 18 เปอร์เซ็นต์ ถึงน้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และอนุภาคขนาดเล็กกว่าดินทรายละเอียดมาก ปริมาณเท่ากับหรือมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยทั่วไปมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
- f คือ ชั้นขนาดอนุภาคดินที่เป็นพวกดินเหนียวละเอียด (Fine and very fine family) ในที่นี้หมายถึง ดินที่มีเนื้อดินเฉลี่ยในช่วงความลึกควบคุมตามข้อกำหนดในการจำแนกดิน หรือภายในความลึก 100 เซนติเมตร จากผิวดินหรือถึงชั้นที่รากพืชขนไชลงไปได้ ถ้าพบตื้นกว่า มีอนุภาคขนาดดินเหนียวเท่ากับหรือมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยทั่วไปมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้งหรือดินเหนียว
- lsk คือ ชั้นขนาดอนุภาคดินที่เป็นพวกดินร่วนปนเศษชิ้นส่วนหยาบในปริมาณมาก (Loamy skeletal family) หมายถึง ดินที่มีเนื้อดินเฉลี่ยในช่วงความลึกควบคุมตามข้อกำหนดในการจำแนกดิน หรือภายในความลึก 100 เซนติเมตรจากผิวดินหรือถึงชั้นที่รากพืชขนไชลงไปได้ ถ้าพบตื้นกว่า มีอนุภาคขนาดดินเหนียวเท่ากับหรือน้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีชิ้นส่วนเนื้อหยาบปริมาณเท่ากับหรือมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยทั่วไปมีเนื้อดินเป็นดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนดินเหนียว หรือดินร่วนเหนียวปนทรายปนชิ้นส่วนเนื้อหยาบในปริมาณมาก
- csk คือ ชั้นขนาดอนุภาคดินที่เป็นพวกดินเหนียวปนเศษชิ้นส่วนหยาบในปริมาณมาก (Clayey skeletal family) หมายถึง ดินที่มีเนื้อดินเฉลี่ยในช่วงความลึกควบคุมตามข้อกำหนดในการจำแนกดิน หรือภายในความลึก 100 เซนติเมตรจากผิวดิน หรือถึงชั้นที่รากพืชขนไชลงไปได้ ถ้าพบตื้นกว่า มีอนุภาคขนาดดินเหนียวเท่ากับหรือน้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีชิ้นส่วนวัตถุต้นกำเนิดดินที่เกิดจากเนื้อหยาบปริมาณเท่ากับหรือมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยทั่วไปมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายปนชิ้นส่วนเนื้อหยาบในปริมาณมาก

6.1.2.4 วัตถุต้นกำเนิดดิน จำแนกไว้ 6 ประเภท ได้แก่

- al คือ วัตถุต้นกำเนิดดินที่เกิดจากตะกอนลำน้ำ (Alluvium)
- sh คือ วัตถุต้นกำเนิดดินที่เกิดจากหินดินดานและหินในกลุ่ม (Shale)
- li คือ วัตถุต้นกำเนิดดินที่เกิดจากอิทธิพลของหินปูน (Limestone)
- gr คือ วัตถุต้นกำเนิดดินที่เกิดจากหินแกรนิตและหินในกลุ่ม (Granite)
- ss คือ วัตถุต้นกำเนิดดินที่เกิดจากหินทรายและหินในกลุ่ม (Sandstone)
- vo คือ วัตถุต้นกำเนิดดินที่เกิดจากหินภูเขาไฟและหินในกลุ่ม (Volcanic rocks)

6.1.2.5 ชั้นความเป็นกรดของดิน จำแนกไว้ 2 ประเภท ได้แก่

- a คือ ดินกรด (Acid) หมายถึง ทุกชั้นดินภายในความลึก 1 เมตรจากผิวดิน ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่ำกว่า 5.5
- na คือ ดินไม่เป็นกรด (Nonacid) หมายถึง ชั้นใดชั้นหนึ่งภายในความลึก 1 เมตร ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินมากกว่า 5.5

6.1.2.6 ความอิ่มตัวเบส จำแนกไว้ 2 ประเภท ได้แก่

- lb คือ อิ่มตัวเบสต่ำ (Low base saturation) หมายถึง ดินมีค่าอิ่มตัวเบสที่ความลึกควบคุมมีค่าน้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ที่ความลึกควบคุมตามระบบการจำแนกดิน

hb คือ อิ่มตัวเบสสูง (High base saturation) มีค่าอิ่มตัวเบสตั้งแต่ 35 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปที่ความลึกควบคุมตามระบบการจำแนกดิน

6.1.2.7 อินทรีย์วัตถุสะสมในชั้นดินล่าง จำแนกไว้ 2 ประเภท ได้แก่

lc คือ (Low organic matter) หมายถึง ดินมีการสะสมอินทรีย์วัตถุน้อยในชั้นดินล่างมีการสะสมอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 1.55 เปอร์เซ็นต์ หรือ มีการสะสมคาร์บอนน้อยกว่า 0.9 เปอร์เซ็นต์

hc คือ (High organic matter) อินทรีย์วัตถุสะสมมากในชั้นดินล่าง มีการสะสมอินทรีย์วัตถุมากกว่า 1.55 เปอร์เซ็นต์ หรือมีการสะสมคาร์บอนมากกว่า 0.9 เปอร์เซ็นต์

6.1.2.8 การระบายน้ำของดินจำแนกไว้ 4 ประเภท ได้แก่

pd คือ การระบายน้ำเลว (Poorly drained)

spd คือ การระบายน้ำค่อนข้างเลว (Somewhat poorly drained)

mw คือ การระบายน้ำดีปานกลาง (Moderately well drained)

wd คือ การระบายน้ำดี (Well drained)

6.1.2.9 ความลาดชันของพื้นที่ จำแนกไว้ 8 ประเภท ได้แก่

A คือ ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0-2 เปอร์เซ็นต์

B คือ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 2-5 เปอร์เซ็นต์

C คือ ลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 5-12 เปอร์เซ็นต์

D คือ ลูกคลื่นลอนชัน มีความลาดชัน 12-20 เปอร์เซ็นต์

E คือ เนินเขา มีความลาดชัน 20-35 เปอร์เซ็นต์

F คือ สูงชัน มีความลาดชัน 35-50 เปอร์เซ็นต์

G คือ สูงชันมาก มีความลาดชัน 50-75 เปอร์เซ็นต์

H คือ สูงชันมีหน้าดินหนาเซนต์ิเมตรมากที่สุด มีความลาดชันมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์

6.1.2.10 ความลึกของดิน จำแนกไว้ 5 ประเภท ได้แก่

d1 คือ ดินตื้นมาก มีหน้าดินหนาน้อยกว่า 25 เซนติเมตร

d2 คือ ดินตื้น มีหน้าดินหนา 25-50 เซนติเมตร

d3 คือ ดินลึกปานกลาง มีหน้าดินหนา 50-100 เซนติเมตร

d4 คือ ดินลึก มีหน้าดินหนา 100-150 เซนติเมตร

d5 คือ ดินลึกมาก มีหน้าดินมีหน้าดินหนาเซนติเมตรหนามากกว่า 150 เซนติเมตร

6.1.2.10.1 สำรวจและศึกษาดิน เพื่อทำแผนที่โดยการมีหน้าดินหนาเซนติเมตรสุ่มเจาะดินตามหน่วยที่ได้กำหนดไว้ ทำการเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี ทางแร่ และทางจุลชีวฐานดิน เพื่อเป็นตัวแทนอธิบายหน่วยแผนที่ดินพร้อมเก็บตัวอย่างแบ่งดินสำหรับจัดทำแผนที่ตัดดินไว้แสดงในจุดเรียนรู้ประจำศูนย์

6.1.2.10.2 กำหนดพื้นที่ศึกษาความชื้นดินและอุณหภูมิดิน โดยการติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นดินและอุณหภูมิดินแบบอัตโนมัติ ตรวจวัดและบันทึกข้อมูลที่ระดับความลึก 15 และ 50 เซนติเมตรจากผิวดิน ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตามช่วงระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลาง เช่น ในช่วงความสูงต่ำกว่า 500, 500-800, 800-1,000, 1,000-1,200, 1,200-1,500 และมากกว่า 1,500 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

6.2 การศึกษาสภาวะธาตุอาหารพืชกับระบบการปลูกพืช

ศึกษาสภาวะธาตุอาหารพืชและปัจจัยทางดินที่มีผลกระทบต่อผลผลิต คุณภาพผลผลิต การเสื่อมโทรมของดิน การฟื้นฟูทรัพยากรดินและการใช้ที่ดินตามชนิดของวัตถุดิบกำเนิดดิน ระบบการปลูกพืชหลักและสภาพแวดล้อมจุลภูมิอากาศที่มีความแตกต่าง โดยการเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางแร่ และทางจุลสัณฐานดินในพื้นที่แปลงวิจัยและแปลงเกษตรกรที่ระดับความลึก 0-30, 30-60, และ 90-120 เซนติเมตร จากผิวดินแล้วนำมาวิเคราะห์ถึงภาวะธาตุอาหารพืชในดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความเสื่อมโทรมของดิน ตามชนิดของวัตถุดิบกำเนิดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อหาแนวทางการจัดการดินและฟื้นฟูทรัพยากรดินให้สามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างยั่งยืน เป็นแผนที่การใช้ที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

6.3 การจัดทำฐานข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน

ศึกษาและวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่วงรอบในลักษณะลุ่มน้ำขนาดย่อม ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทั้ง 38 ศูนย์ (ตามคู่มือปฏิบัติการพื้นที่โครงการหลวง) บนภาพถ่ายออร์โธรี มาตราส่วน 1:4,000 กรมพัฒนาที่ดิน โดยกำหนดหน่วยสภาพการใช้ที่ดินร่วมกับการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมในปีที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลทันสมัย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. ผลสำเร็จของงานวิชาการ กรมพัฒนาที่ดินในรอบกึ่งศตวรรษ. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 246 น.

บทที่ 7

มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และโครงสร้างปัจจัยพื้นฐาน

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 1977) กล่าวว่า เมื่อผลผลิตพืชในพื้นที่ดินหนึ่ง ๆ ลดลงในขณะที่พื้นที่มีการจัดการต่าง ๆ เหมือนเดิม พื้นที่นั้นได้เสื่อมโทรมลงแล้ว ซึ่ง Larson *et al.*, (1981) ได้รายงานว่าสาเหตุที่สำคัญที่สุดของการเสื่อมโทรมของดินคือการกร่อนหรือการชะล้างพังทลายของดิน (Soil erosion) ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นในที่ประชุมของนักวิทยาศาสตร์และผู้นำทางการเมืองต่าง ๆ กว่า 100 คน ที่ว่าการกร่อนหรือการชะล้างพังทลายของดินเป็นตัวการหลักที่ทำให้ความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน (Soil productivity) ลดลง โดยในภูมิภาคเขตร้อน ดินอันดับ Alfisols ที่มีการสูญเสียหน้าดิน 12-13 เซนติเมตร จะมีผลทำให้ผลผลิตลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในประเทศไทย Buddee (1986) รายงานว่าการทำการเพาะปลูกโดยวิธีดั้งเดิมในพื้นที่ที่มีความลาดเอียงในป่าเปิดใหม่ติดต่อกันประมาณ 10 ปี ทำให้ผลผลิตผลผลิตข้าวไร้ลดลงเหลือประมาณ 1 ใน 3 ดังนั้นการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดิน โดยศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง ครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยและพัฒนาที่มีการดำเนินการที่เป็นกระบวนการและต่อเนื่อง โดยการแก้ไขปัญหาและฟื้นฟูทรัพยากรดินในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวงอย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการจัดระบบการปลูกพืชผักในพื้นที่ของโครงการหลวงซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่สูงและลาดชัน ต้องคำนึงถึงการดูแลและรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ดิน น้ำ และป่าไม้ เป็นสำคัญ จำเป็นต้องบูรณาการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบเริ่มตั้งแต่การสร้างระบบที่ถูกต้องมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดินบริเวณพื้นที่ปลูกผัก สร้างระบบชลประทานเพื่อกักเก็บน้ำฝนไว้ใช้ในการปลูกผักให้เพียงพอต่อความต้องการน้ำของผักแต่ละชนิด ตลอดจนการเพาะปลูกสร้างเส้นทางลำเลียงภูเขาเพื่อไม่ให้ผลผลิตเสียหายและลดต้นทุนในการขนส่ง ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

7.1 การเสื่อมโทรมของดิน (Soil degradation)

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 1977) กล่าวว่า การเสื่อมโทรมของดิน (Soil degradation) หมายถึง การที่ความสามารถในการให้ผลผลิตของดินในพื้นที่หนึ่ง ๆ ลดลง ด้วยสาเหตุประการใดก็ตาม กล่าวคือ ความเสื่อมโทรมของดินเกิดขึ้นเมื่อผลผลิตพืชที่เคยได้รับจากดินนั้น ๆ ลดลงถึงแม้ว่าจะมีการจัดการต่าง ๆ เหมือนเดิม โดยสามารถจำแนกความเสื่อมโทรมของดินไว้ 6 ประการ ดังต่อไปนี้

7.1.1 การกร่อนโดยน้ำ (Water erosion)

7.1.2 การกร่อนโดยลม (Wind erosion)

7.1.3 การเป็นดินเค็มและดินเค็มโซดิก (Soil salinization and sodicity)

7.1.4 การเสื่อมโทรมทางเคมี (Chemical degradation) ได้แก่ การชะล้างของไอออนที่เป็นด่าง ทำให้ดินเป็นกรด มีธาตุที่เป็นพิษต่อพืชอื่น และดินขาดแคลนหรือสูญเสียธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช เป็นต้น

7.1.5 การเสื่อมโทรมทางกายภาพ (Physical degradation) เช่น เกิดชั้นดานผิว (Surface crust) และเกิดการอัดแน่นในชั้นดิน (Compaction) เป็นต้น

7.1.6 การเสื่อมโทรมทางชีววิทยา (Biological degradation) เช่น ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง เป็นต้น

สำหรับในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวงซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่สูงและลาดชัน มีการกร่อนหรือการชะล้างพังทลายจากน้ำเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ดินเสื่อมโทรม อย่างไรก็ตามการเสื่อมโทรมของดินประการต่าง ๆ เมื่อเกิดขึ้นประการใดประการหนึ่งแล้วย่อมจะมีผลทำให้เกิดการเสื่อมโทรมจากประการอื่น ๆ ตามมาด้วยเสมอ

7.2 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Soil and water conservation)

กรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำไว้ใน พระราชบัญญัติ พัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 ว่า การอนุรักษ์ดินและน้ำ หมายความว่า การกระทำใด ๆ ที่มุ่งให้เกิดการระวังป้องกันรักษาดินและที่ดินไม่ให้เกิดความเสื่อมโทรม สูญเสีย รวมถึงการรักษาปรับปรุง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการรักษาน้ำดินหรือผิวดินให้คงอยู่ เพื่อรักษาสมดุลธรรมชาติให้เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินในทางเกษตรกรรม (สำนักกฎหมาย, 2542)

พิทยากร (2553) ให้ความหมายของ การอนุรักษ์ดินและน้ำ ว่าหมายถึง การกระทำใด ๆ ก็ตามที่จะก่อให้เกิดผลดีกับทรัพยากรดินและน้ำ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ การใช้ประโยชน์ที่ดินหรือทรัพยากรดินและน้ำอย่างเหมาะสม ขาดแคลนและคุ้มค่า โดยคำนึงถึงการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อก่อให้เกิดผลผลิตสูงสุด และยังยืนตลอดไปซึ่งจากคำนิยามของ การอนุรักษ์ดินและน้ำ พอสรุปได้ดังนี้ การอนุรักษ์ดินและน้ำ หมายถึง การใช้ทรัพยากรดินและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสื่อมโทรม สูญเสีย ทรัพยากรดินและน้ำ และสามารถทำการเกษตรอย่างเหมาะสม ให้เกิดผลตอบแทนต่อหน่วยพื้นที่สูงสุด

การอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อวัตถุประสงค์ คือ ลดการชะล้างพังทลายของดิน เพื่อให้อัตราการสูญเสียดินใกล้เคียงกับอัตราการเกิดดิน และพยายามรักษาให้อยู่ในสภาพที่สมดุล รักษาปริมาณธาตุอาหารอันเป็นการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมถึงการป้องกันการสูญเสียและการเพิ่มส่วนที่สูญเสียไปโดยวิธีการหนึ่ง รักษาอินทรีย์วัตถุในดิน รวมถึงควบคุมอัตราการสลายตัวและการเพิ่มซากพืชและสัตว์ให้แก่ดิน เพื่อรักษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ให้มีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงการปรับปรุงบำรุงดินให้ดินมีสมบัติดีขึ้น เพื่อรักษาน้ำและความชื้นในดิน อันเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มี 2 วิธีการ คือ มาตรการวิธีกล และมาตรการวิธีพืช ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปดังต่อไปนี้

7.2.1 มาตรการวิธีกล (Mechanical measures)

มาตรการวิธีกล (Mechanical measures) คือ วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการก่อสร้างโครงสร้างทางวิศวกรรม ได้แก่ วิธีการไถพรวนตามและยกร่องแนวระดับ คันดินกั้นน้ำ คันดินฐานแคบ คันดินฐานกว้าง คันดินเบนน้ำ ชันบันไดดิน คูรับน้ำขอบเขา บ่อน้ำในไร่นา คันชะลอความเร็วน้ำ ทางระบายน้ำ บ่อตกตะกอน และทางลาลื่นในไร่นา เป็นต้น (กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2544)

7.2.1.1 การสร้างคันดิน (Terracing) เป็นการสร้างคันดินและร่องน้ำขวางความลาดเทของพื้นที่โดยพื้นที่จะถูกแบ่งออกเป็นช่วง ๆ เพื่อกักเก็บน้ำไหลบ่าในแต่ละช่วง หรือเบนน้ำไหลบ่าออกไปจากพื้นที่ และป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน โดยคันดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ คันดินฐานกว้างและคันดินฐานแคบ ซึ่งมีทั้งแบบระดับและลดระดับใช้สำหรับพื้นที่เพาะปลูกที่มีความลาดเท 2-12 เปอร์เซ็นต์ และคันดินระดับความยาวไม่จำกัด ใช้ในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย รวมทั้งคันดินลดระดับ ความยาวไม่ควรเกิน 300-600 เมตร หากความยาวเกิดกว่าที่กำหนดให้จัดทำทางระบายน้ำเป็นระยะ เพื่อลดความยาวของคันดินให้อยู่ภายในพิกัด

7.2.1.1.1 คันดินฐานแคบ (Narrow based terraces) เป็นคันดินที่มีลาดด้านหน้า และลาดด้านหลังมาก เครื่องจักรกลขึ้นทำงานยาก เพื่อเป็นการลดความยาวของความลาดเทของพื้นที่ และควบคุมอัตราการชะล้างพังทลายของดิน รวมทั้งสภาพพื้นที่ที่มีความลาดเทมาก จะช่วยอนุรักษ์น้ำไว้ให้แก่ดินเป็นเวลายาวนานขึ้น มีความกว้างของคันดินประมาณ 1-2 เมตร มีทั้งแบบระดับ และแบบลดระดับ ใช้ในพื้นที่ที่มีความลาดเท 1-12 เปอร์เซ็นต์ ข้อดีของคันดินนี้คือมีต้นทุนในการทำต่ำกว่าแบบฐานกว้าง

7.2.1.1.2 คันดินแบบฐานกว้าง (Broad based terraces) เป็นคันดินที่มีลาดด้านหน้าและลาดด้านหลังน้อย เพื่อให้เครื่องจักรกลทำงานสะดวก เป็นการลดความยาวความลาดเทของพื้นที่ ควบคุมอัตราการชะล้างพังทลายของดิน และอนุรักษ์ความชื้นในดินช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี รวมทั้งช่วยในการทำเขตกรรมได้

สะดวกทั่วพื้นที่ความกว้างของคันดินประมาณ 4 เมตร มีทั้งแบบระดับและลดระดับ คันดินฐานกว้างใช้สำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ และแบบระดับใช้กับดินที่มีอัตราการซึมน้ำเร็ว ส่วนแบบลดระดับใช้กับดินที่มีอัตราการซึมน้ำช้า โดยจะลดระดับตั้งแต่ 0.1-0.6 เปอร์เซ็นต์

7.2.1.2 คันดินเบนน้ำ (Diversion terrace) เป็นคันดินขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นขวางความลาดเทของพื้นที่และในกรณีที่คันดินธรรมดาไม่สามารถควบคุมน้ำในพื้นที่ได้ จำเป็นต้องใช้คันดินขนาดใหญ่แทน เพื่อเบนน้ำส่วนใหญ่ออกจากพื้นที่ไปยังร่องน้ำหรือทางน้ำธรรมชาติ ช่วยป้องกันพื้นที่ตอนล่างจากการไหลบ่าของน้ำ โดยมีการลดระดับเพื่อเบนน้ำที่ไหลบ่าลงมาจากพื้นที่ด้านบนไปยังทางระบายน้ำ เป็นคันดินขนาดใหญ่ก่อสร้างตอนบนสุดของพื้นที่หรือขั้นสุดท้ายที่อยู่บนสุดของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ต้องมีการคำนวณออกแบบอย่างถูกต้อง เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดกับคันดินส่วนกลาง

7.2.1.3 ชั้นบันไดดิน (Diversion terrace) เป็นการปรับพื้นที่เป็นขั้น ๆ ต่อเนื่องกันคล้ายบันได เพื่อลดความยาวและระดับความลาดเท ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำและการชะล้างพังทลายดินและสะดวกในการไถพรวน รวมทั้งกักเก็บน้ำไว้ใช้ในการเกษตร ใช้ในพื้นที่ดินลึก ชั้นบันไดดินแบบระดับควรใช้ในบริเวณที่มีฝนตกน้อยกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี และดินลึกมีอัตราการซึมน้ำปานกลางถึงสูง สำหรับชั้นบันไดดินแบบเอียงเข้าในบริเวณที่ฝนตกมากกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี ดินไม่ลึกมากและอัตราการซึมน้ำปานกลางถึงต่ำ ชั้นบันไดดินแบบลาดเอียงออก ใช้ที่มีความลาดชันปานกลางฝนตกหนักและดินลึกมาก เป็นวิธีการที่มีต้นทุนสูง ควรใช้ในพื้นที่ที่มีศักยภาพการผลิตสูง

7.2.1.4 คูรับน้ำขอบเขา (Hillside ditches) เป็นคูรับน้ำที่สร้างบริเวณขอบเขาตามแนวระดับ หรือลดระดับเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อลดความยาวของความลาดเทพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ออกเป็นช่วง ๆ สามารถเก็บกักน้ำหรือระบายน้ำออกไปในทิศทางที่ต้องการ ทำให้น้ำไหลบ่าแต่ละช่วงมีน้อย นอกจากนี้ยังใช้เป็นทางลำเลียงได้ โดยระยะห่างของคูรับน้ำขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม คูรับน้ำขอบเขาเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทน้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ถ้าใช้ร่วมกับชั้นบันไดดินแบบลาดเอียงออก หรือแถบหญ้าจะสามารถใช้ได้ในพื้นที่ลาดเทมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ถ้าในพื้นที่ระหว่างคูรับน้ำขอบเขา มีการปลูกหญ้าก็สามารถใช้ในพื้นที่ที่มีความลาดเทได้ถึง 55 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ที่มีความลาดเทน้อยสามารถขยายฐานคูรับน้ำให้กว้างขึ้น ในพื้นที่ที่ลาดชันสูงกว่าคูรับน้ำใช้ฐานแคบและควรมีการปลูกหญ้าบริเวณคูรับน้ำ

คูรับน้ำขอบเขาเป็นการทำคูรับน้ำตามแนวระดับขวางความลาดเท แต่ปัญหาของคูรับน้ำขอบเขาบนพื้นที่สูงคือการเสียพื้นที่เพาะปลูกเนื่องจากการสร้างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้งจนทำให้มีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวราบค่อนข้างแคบ ซึ่งสอดคล้องกับจากการสำรวจความคิดเห็นของเกษตรกรในพื้นที่โครงการหลวงพบว่าเกษตรกรไม่พอใจระยะห่างของคูรับน้ำขอบเขาเนื่องจากใช้พื้นที่มากทำให้พื้นที่ปลูกผักลดลง ศรัณยุพงศ์ (2558) จึงได้ทำการศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้งที่ระยะ 3, 6 และ 9 เมตร เพื่อปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูงในพื้นที่จังหวัดน่าน พบว่าระยะห่างในแนวตั้งที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงเพื่อปลูกข้าวไร่สำหรับคูรับน้ำขอบเขาคือระยะ 6 เมตร เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเฉลี่ยสูงสุด 89.25 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตข้าวไร่เฉลี่ยสูงสุด 342 กิโลกรัมต่อไร่ และในด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจยังให้กำไรสุทธิสูงสุด 928 บาทต่อไร่ นอกจากนี้ด้านการสูญเสียธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดินมีการสูญเสียอินทรีย์วัตถุต่ำสุด 2.88 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำสุด 81.75 และ 83.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ระยะห่างคูรับน้ำขอบเขาที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดินโดยความหนาแน่นรวมของดินลดลงทุกวิธีการจาก 1.617 เป็น 1.299 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และไม่มีผลต่อความสูงของต้นข้าวโพดแต่มีผลทำให้สมบัติทางเคมีดิน ได้แก่ พีเอชของดิน ในทุกวิธีการเพิ่มสูงขึ้นจาก 4.26-4.40 เป็น 5.37-5.67 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ทุกวิธีการลดลงจาก 2.53-2.73 เป็น 2.24-2.54 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ทุกวิธีการ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 2.49-3.04 เป็น 15.07-22.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ มีค่าลดลงจาก 45.44-60.35 เป็น 40.15-51.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7.2.1.5 บ่อตกตะกอน (Sediment trap) เป็นบ่อขนาดเล็กสร้างขึ้นเพื่อกักตะกอนที่ไหลมาตามทางระบายน้ำก่อนลงสู่บ่อน้ำประจําไรนา เพื่อกักตะกอนที่ไหลมาตามแม่น้ำไม่ให้ไหลลงทับถมบ่อน้ำประจําไรนา ทำให้อายุการใช้งานของบ่อยาวนานขึ้น และเป็นการรักษาคุณภาพของน้ำ สร้างเหนือพื้นที่อ่างเก็บน้ำ ก่อนที่น้ำจะพัดพาเอาตะกอนดินไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ ซึ่งทำให้อ่างเก็บน้ำตื้นเขินอย่างรวดเร็ว

7.2.1.6 ทางลำเลียงในไรนา (Farm road) ทางลำเลียงที่สร้างโดยการทำคันดินให้มีขนาดใหญ่สำหรับใช้เป็นทางลำเลียงผลผลิตทางการเกษตรสู่ตลาด เพื่อความสะดวกในการขนส่งผลผลิตจากพื้นที่เกษตรสู่ตลาด และเพื่อเป็นถนนให้เครื่องจักรกลเข้าทำงานในพื้นที่เพาะปลูก ใช้ในพื้นที่ทำการเกษตรที่มีความลาดเท 2-12 เปอร์เซ็นต์

7.2.1.7 บ่อน้ำในไรนา (Farm pond) เป็นพื้นที่ที่สร้างขึ้นโดยการขุดหรือทำคันดินล้อมรอบสำหรับกักเก็บน้ำไว้ในพื้นที่เกษตร หรือถมดินขวางกั้นทางเดินน้ำหรือร่องน้ำ เพื่อรับน้ำจากคันดินเบนน้ำลงมากักเก็บและนำน้ำไปใช้ในพื้นที่ทำการเกษตรในช่วงที่มีฝนทิ้งช่วงและในฤดูแล้ง นอกจากนี้ยังใช้เพื่อการอุปโภค บริโภค เลี้ยงสัตว์ และลดปัญหาน้ำท่วม ใช้สำหรับพื้นที่ที่เป็นที่ลุ่มมีน้ำขังโดยขุดดินตรงจุดต่ำสุดเพื่อกักเก็บน้ำ กรณีที่มีคลองหรือลำธารอยู่ข้างเคียงพื้นที่ก็ใช้วิธีสูบน้ำหรือระบายน้ำมากักเก็บไว้ในบ่อที่สร้างขึ้น ถ้าในบริเวณพื้นที่มีน้ำหรือตาน้ำที่ไหลมาจากน้ำพุที่เป็นน้ำสะอาดก็สามารถขุดบ่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ได้ รวมทั้งพื้นที่ที่มีน้ำไหลมาก็ทำคันดินกั้นปิดน้ำมากักเก็บไว้ (พิทยากร, 2553)

7.2.2 มาตรการวิธีพืช (Vegetative measures)

มาตรการวิธีพืช (Vegetative measures) คือ วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีการทางพืช ด้วยการปลูกพืชหรือส่วนใด ๆ ของพืชให้เป็นแถบหรือเป็นแนว หรือปกคลุมผิวดินหรืออื่น ๆ เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การปลูกพืชสลับเป็นแถบ การปลูกพืชหมุนเวียน การปลูกพืชแซม การปลูกพืชเหลื่อมฤดูและคันซากพืช เป็นต้น จะเห็นว่าวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำส่วนใหญ่ใช้วิธีการปลูกพืชตามแนวระดับเป็นหลักเท่านั้น (กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2544) ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปดังต่อไปนี้

7.2.2.1 การปลูกพืชคลุมดิน (Cover cropping) เป็นการปลูกพืชคลุมดินที่มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันดินจากการชะกร่อนพังทลายตลอดจนการสงวนรักษาความอุดมสมบูรณ์ และศักยภาพการให้ผลผลิต หรือผลิตภาพของดินโดยการปลูกพืชคลุมดินควรปลูกในช่วงเวลาที่พื้นที่ว่างจากพืชเศรษฐกิจ ในพื้นที่ที่ปลูกพืชเศรษฐกิจล้มลุกโดยอาจปลูกในลักษณะพืชเหลื่อมฤดูร่วมกับพืชเศรษฐกิจล้มลุกที่ปลูกเป็นแถวขวางความลาดเทตามแนวระดับ เช่นข้าวโพด ฝ้าย มันสำปะหลัง พืชคลุมดินที่ใช้ควรเป็นพืชตระกูลถั่ว ที่มีระบบรากลึก เพราะจะช่วยยึดหน้าดินป้องกันน้ำไหลบ่าบนผิวดิน และการสูญเสียดิน ตลอดจนลดการระเหยน้ำสู่บรรยากาศในช่วงฤดูฝน ที่มีฝนตกมาก ควรปลูกประมาณ 1-2 เดือน ก่อนเก็บเกี่ยวพืชหลัก เพื่อให้พืชเลื้อยคลุมดินเต็มพื้นที่ในต้นฤดูแล้งและค่อย ๆ ตายไปในช่วงปลายฤดูแล้ง และเกิดการย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุสะสมในดิน

นอกจากนี้ควรปลูกพืชคลุมดินในพื้นที่ระหว่างไม้ยืนต้นและรอบ ๆ โคนต้นไม้ได้ทรงพุ่มของไม้ยืนต้น เช่น สวนยางพารา สวนมะพร้าว หรือสวนผลไม้ แม้ว่าเรือนยอดไม้ยืนต้นจะคลุมดินอยู่ก็ตาม ดินใต้ไม้ยืนต้นก็ยังมีความเสี่ยงเกิดการชะล้างพังทลายของดินได้ เพราะน้ำที่หยดจากที่สูงประมาณ 7 เมตร นั้นมีพลังงานขณะกระทบพื้นโดยมีความเร็วกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของความเร็วสุดท้ายของฝน Morgan (1979) พบว่าปริมาณการสูญเสียดินสูงถึง 3.2 ตันต่อไร่ต่อปี เมื่อพื้นที่ได้ต้นปาล์มน้ำมันว้างและโล่งเตียน และเมื่อมีพืชคลุมดิน การชะกร่อนหน้าดินจะลดลงเหลือเพียง 8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สำหรับพื้นที่เพาะปลูกที่มีความลาดชัน ควรปลูกพืชคลุมดินบนพื้นที่ที่เป็นคันดิน คูน้ำ และบนสันร่องของชั้นบันไดดินตามแนวระดับ ซึ่งสอดคล้องกับ พัชราภรณ์ (2553) อ้างตาม ธเนศ (2555) พบว่า การปลูกพืชในร่อง แล้วคลุมดินด้วยพืชตระกูลถั่วบนสันร่อง เป็นปัจจัยที่ช่วยลดปริมาณการ

สูญเสียดินอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยปรับปรุงดินให้มีความเสถียรภาพ และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ดี การปลูกพืชคลุมดินอาจมีข้อเสียหลายประการเช่น สูญเสียค่าใช้จ่ายและแรงงานในการปลูก โดยไม่ได้ผลผลิตเป็นการตอบแทนโดยตรง ซึ่งทำให้เป็นอุปสรรคในการยอมรับและส่งเสริมแก่เกษตรกร หรืออาจเป็นที่ยอ้ายของโรค และแมลงสัตว์ศัตรูพืช นอกจากนี้ยังเกิดการแย่งน้ำและอาหารกับพืชหลัก Williams and Joseph (1970) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของการปลูกพืชคลุมดินในสวนยางพาราที่เกาะชวาทะวันออก พบว่าสวนยางพาราที่มีวัชพืชคลุมดินทำให้ความชื้นดินลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงฤดูแล้งเมื่อเปรียบเทียบกับสวนยางพาราที่มีการกำจัดวัชพืช

7.2.2.2 การปลูกพืชหมุนเวียนเหลื่อมฤดู (Rotational relay cropping) เป็นการปลูกพืชหลายชนิดปลูกสลับกันต่อเนื่องในพื้นที่และปีหนึ่ง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชตลอดปี และควบคุมการชะกร่อนพังทลายของดิน

ซึ่ง Lal (1977) ได้ทำการทดลองในพื้นที่ลาดเอียง 6 องศาเซลเซียส ที่เมืองโอบาตาน ประเทศไนจีเรีย โดยทำการปลูกพืช 2 ชนิด ต่อเนื่องกันในปีเดียว (Multiple cropping) พบว่า การปลูกข้าวโพดหลังจากที่มีการไถพรวนต่อเนื่องกันทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน 1.2 ตันต่อไร่ แต่เมื่อปลูกข้าวโพดหลังการไถพรวนดินแล้วตามด้วยพืชคลุมดินตระกูลถั่วโดยไม่ไถพรวน ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินลดลงมากเหลือเพียง 0.03 ตันต่อไร่ และเมื่อปลูกถั่วพุ่มโดยไม่ไถพรวน แล้วตามด้วยการปลูกข้าวโพดหลังการไถพรวนดิน พบว่าเกิดการชะล้างพังทลายของดินเพียง 1.0 ตันต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการชะล้างพังทลายของดินพบว่าระบบการปลูกข้าวโพดแล้วตามด้วยถั่วพุ่มทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินน้อยกว่าระบบการปลูกถั่วพุ่มแล้วตามด้วยการปลูกข้าวโพด นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวโพดเป็นพืชผลอายุสั้น เมื่อปลูกพืชที่ 2 จะเป็นการปลูกพืชในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ลดลงจากพืชแรกอย่างมาก และเมื่อพิจารณาจากผลผลิตของพืชทั้งสองแล้ว พบว่าระบบการปลูกข้าวโพดแล้วตามด้วยถั่วพุ่มให้ผลผลิตดีกว่าระบบการปลูกถั่วพุ่มแล้วตามด้วยการปลูกข้าวโพด เนื่องจากการปลูกพืชตระกูลถั่วหลักปลูกข้าวโพดเป็นการปรับปรุงบำรุงดิน โดยพืชตระกูลถั่วจะตรึงไนโตรเจนไว้ในดินเป็นการเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน สำหรับใช้ในการปลูกพืชรอบต่อไป

7.2.2.3 การปลูกพืชเป็นแถบตามแนวระดับ (Contour strip cropping) เป็นวิธีการปลูกพืชเป็นแถบตามแนวระดับนิยมใช้กันมากบนพื้นที่ลาดชันโดยเฉพาะพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตพืช และควบคุมการชะกร่อนพังทลายของดินโดยปลูกพืชเป็นแถว เป็นแถบสลับกันขวางความลาดเท

การปลูกพืชเป็นแถบสามารถควบคุมการชะกร่อนของดินได้ดีกว่าการปลูกพืชหมุนเวียนธรรมดาตรงที่น้ำและอนุภาคดินที่ไหลไปกับน้ำจากแถบที่ปลูกพืชเป็นแถว เมื่อไหลตามความลาดเอียงไปถึงแถบพืชที่ขึ้นแน่นทึบความเร็วของน้ำจะลดลง เนื่องจากการขัดขวางจากต้นพืชที่ขึ้นแน่นทึบ อนุภาคดินที่ไหลมากับน้ำจึงตกตะกอนอยู่บนแถบของพืชที่ขึ้นอย่างหนาแน่นนั้น การปลูกพืชเป็นแถบใช้ควบคุมการชะกร่อนได้ดีในพื้นที่ความลาดเอียงตั้งแต่ 5-15 เปอร์เซ็นต์ ความกว้างของแถบพืชมีน้อยตามความรุนแรงของการชะกร่อน ในกรณีที่มีการชะกร่อนมีอัตราค่อนข้างสูงต้องใช้แถบพืชให้แคบลงและมีความถี่ให้มากขึ้น (สมชาย, 2552)

7.2.2.4 การปลูกพืชตามแนวระดับ (Contour cultivation) เป็นการปลูกพืชตามแนวระดับขวางความลาดเท ได้แก่ การไถพรวนตามแนวระดับ การยกร่องตามแนวระดับ เป็นต้น สามารถลดปริมาณการสูญเสียดินได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการปลูกพืชเป็นแถวตามแนวความลาดเท โดยประสิทธิภาพของการปลูกพืชตามแนวระดับขึ้นอยู่กับความลาดชันและความยาวของพื้นที่เพาะปลูกที่ความลาดเอียง Morgan (1979) กล่าวว่าพื้นที่ที่มีความลาดเอียง 17 เปอร์เซ็นต์ การปลูกพืชตามแนวระดับใช้ได้ดีเมื่อความยาวของความลาดเอียงไม่เกิน 180 เมตร เมื่อความลาดเอียงเพิ่มขึ้น ความยาวของความลาดเอียงต้องลดลง เมื่อความลาดเอียง 10 เปอร์เซ็นต์

ความยาวตามแนวลาดเอียงต้องไม่เกิน 30 เมตร เมื่อความลาดเอียง 15 เปอร์เซ็นต์ ความยาวของความลาดเอียงต้องไม่เกิน 20 เมตร

มัตติกา (2553) อ้างตาม ธเนศ (2555) กล่าวว่า วิธีการปลูกพืชตามแนวระดับเพียงอย่างเดียวอาจไม่ได้ผลในการป้องกันการชะกร่อนของดินในพืชที่ลาดชันบนที่สูงในภาคเหนือของประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากพืชที่ลาดชันส่วนใหญ่มีลักษณะความลาดชันสูงเกินกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้ร่วมกับวิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์แบบอื่น ๆ ด้วย

7.2.2.5 การปลูกพืชระหว่างแถบบนุรักษ์ (Alley Cropping) เป็นวิธีการปลูกพืชยืนต้นร่วมกับพืชล้มลุกเป็นวิธีการหนึ่งในระบบวนเกษตร (Agroforestry) คือปลูกพืชล้มลุกในพื้นที่ที่เป็นแถวยาวที่มีแถวของพืชยืนต้นขนานอยู่ทั้งสองข้าง (Alley crops) ในแนวระดับของความลาดเอียง พืชยืนต้นนี้อาจเป็นต้นไม้ใหญ่ หรือไม้พุ่มก็ได้ ในพื้นที่วนเกษตรที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างป่า ไม้ยืนต้นที่ปลูกเป็นต้นไม้ใหญ่และปล่อยให้เจริญเติบโตไปเรื่อย ๆ ดังนั้นพื้นที่ปลูกพืชล้มลุกย่อมลดลงตามลำดับ แต่ในกรณีที่ใช้ ระบบนี้เพื่อการเกษตรอย่างถาวร ไม้ยืนต้นควรเป็นไม้พุ่มและต้องมีการตัดแต่งเพื่อควบคุมมิให้ใหญ่เกินไป และนำกิ่งใบของไม้ยืนต้นนั้นมาทำเป็นวัสดุคลุมดินเมื่อเริ่มฤดูปลูกพืชล้มลุกตอนต้นฤดูฝน เมื่อนำระบบการปลูกพืชนี้มาใช้ในพื้นที่ลาดเอียงจะสามารถป้องกันการชะกร่อนของดินได้เป็นอย่างดี (สมชาย, 2552)

การตัดกิ่งใบของพืชยืนต้นไปคลุมดินนี้เป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารจากดินชั้นล่างขึ้นสู่ดินชั้นบนซึ่งรากของพืชยืนต้นดูดกลืนธาตุอาหารขึ้นมาจากดินชั้นล่างและเมื่อสะสมใบที่ร่วงหล่นก็จะสลายตัวสะสมในดินชั้นบนสำหรับพืชล้มลุก และถ้าใช้พืชยืนต้นเป็นพืชตระกูลถั่วก็ยิ่งจะได้ประโยชน์จากการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอีกด้วย

Lal (1988) ได้ทำการทดลองที่สถาบันวิจัยเกษตรเขตร้อนนานาชาติ (International Institute of Tropical Agriculture, IITA) เมืองไอบาดาน ประเทศไนจีเรีย ในดินเนื้อหยาบ มีความลาดเอียง 7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสภาพดินและภูมิอากาศคล้ายประเทศไทยมาก พบว่าการปลูกข้าวโพดร่วมกับแถบกระถินยักษ์ที่ระยะ 2 และ 4 เมตร ต่างก็ทำให้ปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดิน ปริมาณดินและธาตุอาหารพืชสูญเสียลดลงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกข้าวโพดธรรมดา และผลผลิตข้าวโพดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มากขึ้น ทั้ง ๆ ที่ต้องเสียพื้นที่ไปสำหรับปลูกกระถินยักษ์ก็ตาม ในปีที่สอง พบความแตกต่างที่ชัดเจนมากผลผลิตของข้าวโพดจากการปลูกธรรมดาลดลง ขณะที่การปลูกข้าวโพดร่วมกับกระถินยักษ์เพิ่มขึ้นจากปีแรกเป็นจำนวนมาก

นอกจากการปลูกไม้พุ่มตระกูลถั่วเป็นแถวดังกล่าวแล้ว การปลูกหญ้าอาหารสัตว์เป็นแถวก็นำให้ผลลดการชะล้างพังทลายของดินได้ดีเช่นกัน โครงการพัฒนาที่สูง ไทย-เยอรมัน (Thai-German Highland Development) และโครงการพัฒนาการเกษตรและสังคมบนที่สูง (Highland Agricultural and Social Development) ซึ่งเป็นโครงการความร่วมมือระหว่างรัฐบาลไทย-ออสเตรเลีย ได้ทำการวิจัยและพัฒนามาบนที่สูงในภาคเหนือตอนบน พบว่าจากแปลงทดลองบนพื้นที่ที่มีความลาดเอียงมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ระบบที่มีแถบไม้พุ่มตระกูลถั่ว และระบบการปลูกพืชที่มีแถบหญ้าร่วมกับการปลูกพืชหมุนเวียนและมีการคลุมดิน มีการไถพรวนน้อย สามารถลดปริมาณน้ำไหลบ่า และการสูญเสียดิน ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และยังทำให้ผลผลิตพืช และข้าวโพดมากกว่าระบบการปลูกพืชแบบดั้งเดิมของชาวเขา (Hoey, 1988)

7.2.2.6 การปลูกพืชในร่อง (Alley Cropping) เป็นวิธีการปลูกพืชในร่องปลูก ซึ่งปกติจะปลูกพืชบนสันร่อง ซึ่ง Gupta (1995) ได้ศึกษาถึงการจัดการน้ำฝนสำหรับการปลูกไม้ยืนต้นจำพวกไม้เนื้อแข็งโดยศึกษาถึงอิทธิพลของรูปแบบการปลูกพืช ที่มีผลต่อปริมาณการกักเก็บน้ำของดิน การเจริญเติบโตของพืช การสะสม biomass และการนำธาตุอาหารไปใช้โดยต้นพืช โดยเปรียบเทียบรูปแบบการปลูกพืช 8 วิธี ได้แก่ (1) การปลูกแบบควบคุม (2) ปลูกโดยมีการกำจัดวัชพืชรอบโคนต้น (3) ปลูกโดยมีการกำจัดวัชพืชและพรวนดินรอบโคนต้น (4) ปลูกโดยมีการกำจัดวัชพืชและชุดหลุมรอบโคนต้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร (5) ปลูกโดยมีการกำจัดวัชพืชและชุดหลุมรอบโคนต้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร (6) ปลูกโดยมีการกำจัดวัชพืชและชุดหลุมขนาด

เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตรพร้อมทั้งคลุมด้วยไม้ฟุ่มเตี้ยรอบโคนต้น (7) ปลุกโดยมีคันดินรอบโคนต้น และ (8) ปลุกในร่องโดยทำร่องและสันร่องเป็นแนวยาวขวางความลาดเทตามแนวระดับ ขนาดร่องและสันร่องกว้างอย่างละ 1.5 เมตร ทั้งนี้ พบว่าการปลุกไม้ยืนต้นในร่องเป็นแนวยาวขวางความลาดเทตามแนวระดับ เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการเก็บเกี่ยวน้ำฝนลงสู่ชั้นดินล่างในส่วนลึกของดิน และเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังมีการสะสมมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ นอกจากนี้รากของพืชที่ปลุกในร่องเป็นแนวยาวตามแนวระดับยังลึกกว่า มีขนาดใหญ่กว่าและแผ่ขยายได้มากกว่าแบบควบคุมที่ปลุกแบบเป็นแถวขึ้นลงตามความลาดเท ซึ่งส่งผลต่อการนำธาตุอาหารไปใช้ของพืช โดยไม้ยืนต้นจากแปลงที่ปลุกในร่องเป็นแนวยาวตามแนวระดับมีราคาเพิ่มขึ้นมากกว่าแบบควบคุมถึง 50 เปอร์เซ็นต์

7.2.2.7 การปลุกพืชโดยใช้วัสดุคลุมดิน (Mulching) เป็นการปลุกพืชที่ใช้เศษพืชหรือวัสดุคลุมการดินอาจใช้วัสดุที่หาง่าย เช่น ฟางข้าวซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือจากไร่นา หรือวัชพืชที่ตัดสดบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เพาะปลูก นำมาคลุมดินใต้โคนต้นพื้นที่ปลูก โดยการคลุมนั้นจะหนาหรือบางแล้วแต่ปัจจัยต่าง ๆ วิธีการคลุมดินด้วยเศษวัสดุเหลือจากไร่นา หรือวัชพืชที่ตัดสดบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เพาะปลูก นี่เป็นวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่สามารถปฏิบัติได้ง่ายที่สุด โดยเฉพาะพื้นที่ลาดชันทางภาคเหนือของประเทศไทยเพราะไม่ต้องการความรู้ความชำนาญเป็นพิเศษ ไม่ต้องการการลงทุนด้วยเงินสด อีกทั้งวัสดุยังสามารถหาได้ง่าย

การคลุมดินเป็นการป้องกันผิวดินจากแรงปะทะของเม็ดฝน ลดความเร็วของน้ำไหลบ่า เพิ่มการแทรกซึมของน้ำ ลดการระเหยน้ำจากผิวดิน ลดอุณหภูมิดิน และเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืชแก่ดิน เกรียง ไกร (2525) ได้ทดลองใช้ขานอ้อยคลุมดินในไร่มันสำปะหลัง พบว่าแปลงที่คลุมดินด้วยขานอ้อยอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ มีการสูญเสียดินเพียง 22 เปอร์เซ็นต์ ของแปลงที่ไม่คลุมดิน และมีน้ำไหลบ่าเพียง 58 เปอร์เซ็นต์ ของแปลงที่ไม่คลุมดินนอกจากนี้ ดำริ (2525) ได้รายงานไว้ว่า การคลุมดินด้วยฟางข้าว ทำให้ได้ผลผลิตข้าวโพดมากกว่าการไม่คลุมดินถึง 6-12 เท่าในปีที่มีฝนแล้ง เนื่องจากวัสดุคลุมดินเมื่อย่อยสลายแล้วจะเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืช ลดความหนาแน่นของดินทำให้ดินมีช่องว่างขนาดใหญ่มากขึ้นส่งผลให้อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินสูง ลดการระเหยน้ำจากผิวดินและอุณหภูมิดิน

7.2.2.8 วิธีการปลุกพืชเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ IWAM (The Integrated Water-harvest, Anti-erosive and Multiple cropping, IWAM) เป็นการบูรณาการวิธีการเก็บเกี่ยวน้ำฝน การป้องกันการชะกร่อนของดิน และการปลุกพืชผสมเพื่อเพิ่มผลผลิตที่มีการปฏิบัติร่วมกันโดยใช้วิธีการปลุกพืชในร่องตามแนวระดับ ระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสมหลายชนิด แล้วการคลุมดินในร่องด้วยวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายและหาได้ง่ายในบริเวณพื้นที่เพาะปลูก มัตติกา (2553) กล่าวว่า วิธีที่ดีที่สุดที่ก่อให้เกิดความยั่งยืนของระบบเกษตรน้ำฝนบนที่สูง

โดยมัตติกาและคณะ (2553) ได้ทำการทดสอบการปลุกพืชไร้หมุนเวียนเหลื่อมฤดูตลอดปี ภายใต้โครงการวิจัยร่วมระหว่างไทย-เยอรมัน ระยะที่ 3 (The Upland Program, Sub-project B1-3) ได้ทำการทดสอบระบบการปลุกพืชผสมที่มีความหลากหลายในการอนุรักษ์ดินและน้ำ และเพิ่มผลผลิตพืชของพืชผสมในระบบเกษตรน้ำฝนบนพื้นที่ลาดชัน ในโครงการวิจัยเรื่องการปรับปรุงวิธีการปลุกพืชด้านการชะกร่อนและเพิ่มการเก็บเกี่ยวน้ำฝนในการปลุกพืชเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ เพื่อเพิ่มการผลิตพืชผสมในระบบเกษตรน้ำฝนอย่างยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน โดยดำเนินการทดลองระหว่างเดือนเมษายน 2550 ถึงมีนาคม 2553 บนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 4 แห่ง ที่มีลักษณะความลาดชันภูมิสัณฐาน และธรณีวิทยาของดินที่แตกต่างกัน คือ Site A, B และ C ที่หมู่บ้านบ่อไคร้และจำโป อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตลอดทั้ง 3 ปี และ Site D ในปี 4 ที่บ้านถวน อำเภอมะแจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ โดยแปลงทดลองทั้ง 4 แห่ง ประกอบด้วยดำรับการทดลองปลุกพืชด้านการชะกร่อนตามแนวระดับ 4 วิธี จำนวน 3 ซ้ำ คือ (i) การปลุกแบบเกษตรนิยมปฏิบัติ (CP) (ii) การปลุกในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสมถั่วสไตโล (CF-AL) (iii) การปลุกพืชในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสมถั่วสไตโลแล้วคลุมดิน

ด้วยใบตองจากต้นกล้วยน้ำว้า (CF-BnM-AL) ในแปลง Site A กล้วยไม้กวาด (CF-BgM-AL) ในแปลง Site B และ D และหญ้าแฝก (CF-VgM-AL) ในแปลง Site D แล้วปลูกพืชไร่หมุนเวียนเหลือมฤดู 3 พืช ในแต่ละปี ได้แก่ ปลูกข้าวโพดหวานเป็นพืชแรก ในช่วงต้นถึงกลางฤดูฝน ในทุกแปลงทุกปี ส่วนพืชที่สองปลูกในช่วงกลาง-ปลายฤดูฝนหรือต้นฤดูแล้ง ได้แก่ ข้าวไร่ ในปี 2550 ถึง 2551 และชิง ในปี 2552 ในครึ่งแปลงส่วนบนของทุก ๆ แปลง ส่วนครึ่งแปลงล่างปลูก ถั่วเหลือง ถั่วแดงหลวง พริกชี้หนู และถั่วลิสง หมุนเวียนสลับในแปลง ตามด้วยข้าวไร่เป็นพืชที่สองในแปลง Site A, B, C และ D ตลอด 3 ปี และพืชที่สามคือถั่วแปบ และถั่วไก่ ปลูกระหว่างปลายฤดูฝนถึงกลางฤดูแล้ง ในครึ่งแปลงส่วนบนและล่างของทุกแปลงทุกปี ผลการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดในช่วง 3 ปี ที่ทำการศึกษ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ามีการเจริญเติบโตสูงสุดและให้ผลผลิตได้ดีที่สุด ตลอดจนมีรายได้พึงประเมินที่เป็นกำไรสุทธิได้สูงสุด 5.78 เท่า หรือสูงกว่า 487 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้วิธีการวิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ โดยการปลูกพืชไร่ในร่องที่คลุมดินระหว่างแถบอนุรักษ์ไม่ผลผสมถั่วสโตโล (Cultivated Furrow with Mulching in Alley Cropping, CF-M-AL) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกพืชที่เกษตรกรรมปฏิบัติ (Conventional Contour Planting, CP)

7.3 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานในพื้นที่ปลูกผักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง โดยกรมพัฒนาที่ดิน

การทำการเกษตรบนพื้นที่สูงของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 400 เมตรขึ้นไป มีสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเนินเขาเตี้ย ๆ ไปจนถึงภูเขาสูงชันสลับซับซ้อน สภาพพื้นที่ป่าไม่มีตั้งแต่ป่าเสื่อมโทรมไปจนถึงป่าดิบเขา เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นชาวไทยภูเขาทำการเกษตรโดยการปลูกพืชหมุนเวียนบนพื้นที่ลาดชัน ใช้น้ำฝน และน้ำชลประทานภูเขา ในการปลูกพืช ลักษณะดินมีทั้งดินต้นจนถึงดินลึก เนื้อดินเป็นดินทรายจนถึงดินเหนียว สีของดินมีสีน้ำตาลจนถึงสีแดง ปฏิบัติการดินเป็นกรดจัดจนถึงด่างแก่ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกำเนิดดินความอุดมสมบูรณ์ของดินผ่นแปรไปตั้งแต่ต่ำจนถึงสูง ขึ้นกับการใช้ที่ดิน ดังนั้นการทำการเกษตรหรือเขตกรรมบนพื้นที่ดังกล่าวถ้าเกษตรกรไม่กระทำภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ หรือไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ไม่เหมาะสมไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ก็จะทำให้เกิดกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน (Soil erosion) ให้มีความรุนแรงมากขึ้นตามลำดับ อันเป็นเหตุให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Fertility) ส่งผลให้ผลผลิตของดินหรือศักยภาพในการให้ผลผลิตของดินลดลง ดังนั้นกรมพัฒนาที่ดินโดยศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงจึงเข้าดำเนินการแก้ไขด้วยวิธีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และระบบการผลิตผัก เพื่อพัฒนาพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกรในเขตพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทั้ง 38 แห่ง ให้มีความเหมาะสมสำหรับทำการเพาะปลูกพืช ซึ่งมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานที่เหมาะสมมีดังนี้

7.3.1 คันดินเบนน้ำ (Diversion) เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อต้องการป้องกันปริมาณน้ำที่ไหลบ่าหน้าดินที่เกิดจากฝนตกในช่วงฤดูฝน และเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดินนอกพื้นที่พัฒนาไม่ให้ไหลเข้ามากัดเซาะผิวหน้าดินและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ก่อสร้างขึ้นในพื้นที่ให้ชำรุดเสียหายได้ และระบายออกไปยังทางระบายน้ำหรือลำห้วยโดยปลอดภัยที่สุด แต่เป็นวิธีการที่ต้องลงทุนในการก่อสร้างและดูแลรักษาสูงเช่นกัน โดยเป็นคันดินขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นขวางความลาดเทของพื้นที่ โดยก่อสร้างตอนบนสุดของพื้นที่หรือขั้นสุดท้ายที่อยู่บนสุดของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีลักษณะเป็นร่องน้ำที่มีความกว้างของท้องร่อง 50 เซนติเมตร ปากร่องน้ำกว้าง 1.50 เซนติเมตร และมีความลาดเทของผิวด้านข้างร่องน้ำ 1 ต่อ 5 แนวที่ขุดจะมีการลดระดับ 3-5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำดินที่ขุดมาถมข้างร่องน้ำด้านนอกทำเป็นคันกันน้ำและบดอัดให้แน่น ทางน้ำ (Water way) จะต้องมีส่วนเผื่อล้น (Free board) ไม่ต่ำกว่า 15 เซนติเมตร มีระยะทางยาวได้ไม่เกิน 300 เมตร ความลาดเท

ของทางน้ำไม่เกิน 3-5 เปอร์เซ็นต์ และความจุของทางน้ำของคันดินเบนน้ำจะต้องรับน้ำที่สูงสุด (Peak runoff rate) ย้อนหลังในช่วงเวลา 10 ปี (Return period) ได้ ดังนั้นคันดินเบนน้ำจึงเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องดำเนินการก่อสร้างทุกพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกรในเขตพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทั้ง 38 แห่ง (สนิต, 2549)

7.3.2 คันดินกั้นน้ำ (Broad base terrace) เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อต้องการตัดความยาวของความลาดชันให้มีช่วงสั้น ๆ เพื่อลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินจากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และใช้พื้นที่ระหว่างคันดินกั้นน้ำเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืช คันดินชนิดนี้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่มีความลาดเทไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ มีฝนตกเฉลี่ยตลอดปีในปริมาณน้อยถึงปานกลาง คันดินกั้นน้ำมีลักษณะเป็นคันดินยกสูงจากพื้น 75 เซนติเมตร สันคันดินกว้าง 50 เซนติเมตร ฐานคันดินกว้าง 2 เมตร ทางน้ำมีระยะทางยาวได้ไม่เกิน 300 เมตร ความลาดเทของทางน้ำไม่เกิน 3-5 เปอร์เซ็นต์ และความจุของทางน้ำของคันดินเบนน้ำจะต้องรับน้ำที่สูงสุด (Peak runoff rate) ย้อนหลังในช่วงเวลา 10 ปี (Return period) ได้ ซึ่งได้ดำเนินการก่อสร้างในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงพระบาทห้วยต้ม เนื่องจากสภาพพื้นที่ทั้ง 2 ศูนย์นี้เป็นพื้นที่ราบเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแนวคันดินกั้นน้ำมีอยู่ 2 แบบ คือ

7.3.2.1 แนวคันดินกั้นน้ำแบบระดับ (Level or Ridge type terrace) เป็นแนวคันดินกั้นน้ำที่มีระดับเดียวกันตลอดแนว และมีร่องน้ำหน้าคันดินเพื่อเก็บกักน้ำและตะกอนดินทั้งหมดไม่ให้ถูกพัดพาออกจากพื้นที่ ซึ่งเหมาะสมกับพื้นที่ที่มีฝนตกน้อยถึงปานกลาง เพราะจะช่วยรักษาความชื้นได้มาก

7.3.2.2 แนวคันดินกั้นน้ำแบบลดระดับ (Grade หรือ Channel type terrace) เป็นแนวคันดินกั้นน้ำที่มีลักษณะการก่อสร้างเหมือนกับแบบระดับเดียวกันตรงที่แนวที่ขุดจะมีการลดระดับ 3-5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดการชะล้างพังทลายของดิน ด้วยการระบายน้ำออกจากพื้นที่และลดความยาวของความลาดเททำให้อัตราการไหลของน้ำไหลบ่าหน้าดินลดลง (สนิต, 2549)

7.3.3 ขั้นบันไดปลูกพืชแบบต่อเนื่อง (Bench terrace) เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อต้องการตัดความยาวของความลาดชันให้มีช่วงสั้น ๆ เพื่อลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินจากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และใช้พื้นที่ราบขั้นบันไดเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืช ลักษณะของขั้นบันไดจะต่อเนื่องกันมีความสูงของขั้นบันไดแต่ละขั้นสูงในแนวตั้งต่างกัน 0.50-1 เมตร ความกว้างของพื้นที่ราบขั้นบันไดตั้งแต่ 2.5-12 เมตร ทางน้ำมีระยะทางยาวได้ไม่เกิน 300 เมตร ความลาดเทของทางน้ำไม่เกิน 3-5 เปอร์เซ็นต์ และความจุของทางน้ำของคันดินเบนน้ำจะต้องรับน้ำที่สูงสุด (Peak runoff rate) ย้อนหลังในช่วงเวลา 10 ปี (Return period) ซึ่งมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดปลูกพืชแบบต่อเนื่องเหมาะสมที่จะดำเนินการก่อสร้างในทุกพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง โดยขั้นบันไดปลูกพืชแบบต่อเนื่องมี 2 แบบ คือ

7.3.3.1 ขั้นบันไดปลูกพืชแบบระดับ คือขั้นบันไดปลูกพืชที่มีระดับเดียวกันตลอดแนว เพื่อเก็บกักน้ำและตะกอนดินทั้งหมดไม่ให้ถูกพัดพาออกจากพื้นที่ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีฝนตกน้อยถึงปานกลาง เพราะจะช่วยรักษาความชื้นได้มาก

7.3.3.2 ขั้นบันไดปลูกพืชแบบลดระดับ คือ เป็นขั้นบันไดปลูกพืชที่มีการก่อสร้างเหมือนกับแบบระดับแต่ตรงแนวที่ขุดจะมีการลดระดับลง 3-5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดการชะล้างพังทลายของดิน ด้วยการระบายน้ำออกจากพื้นที่และลดความยาวของความลาดเททำให้อัตราการไหลของน้ำไหลบ่าหน้าดินลดลง (สนิต, 2549)

อย่างไรก็ดีพื้นที่ราบขั้นบันไดเหมาะสมที่จะใช้ปลูกพืชผักแบบประณีตที่ขายได้ราคาดี เช่น หอมญี่ปุ่น ผักกาดหวาน เพนเนล กระหล่ำปลีรูปหัวใจ บล็อกโคลี่ พริกหวานเขียว พริกหวานแดง พริกหวานเหลือง มะเขือเทศ เชอร์รหวาน ถั่วหวาน และกระหล่ำปลีแดง เป็นต้น

7.3.4 คูรับน้ำขอบเขา (Hill side ditch) เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อต้องการตัดความยาวของความลาดชันให้มีช่วงสั้นๆ เพื่อลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินจากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และใช้พื้นที่ระหว่างคูรับน้ำขอบเขาเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืช โดยลักษณะของขั้นบันไดจะไม่ต่อเนื่องกัน มีระยะห่างของขั้นบันไดแต่ละขั้นทางด้านลาดเขาห่างกัน 12-17 เมตร ความกว้างของพื้นที่ราบขั้นบันได 1.50-1.75 เมตร ทางน้ำมีระยะทางยาวได้ไม่เกิน 300 เมตร ความลาดเทของทางน้ำไม่เกิน 3-5 เปอร์เซ็นต์ และความจุของทางน้ำของคันดินเบนน้ำจะต้องรับน้ำที่สูงสุด (Peak runoff rate) ย้อนหลังในช่วงเวลา 10 ปี (Return period) ซึ่งมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบคูรับน้ำขอบเขาเหมาะสมที่จะดำเนินการก่อสร้างในทุกพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง โดยคูรับน้ำขอบเขามี 2 แบบ คือ

7.3.4.1 คูรับน้ำขอบเขาแบบระดับ (Level hillside ditch) เป็นคูรับน้ำขอบเขาที่มีระดับเดียวกันตลอดแนว เพื่อกักเก็บน้ำและตะกอนดินทั้งหมดไม่ให้เคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีฝนตกน้อยถึงปานกลาง

7.3.4.2 คูรับน้ำขอบเขาแบบลดระดับ (Graded hillside ditch) เป็นคูรับน้ำขอบเขาที่มีการก่อสร้างเหมือนกับแบบระดับ เพียงแต่ตรงแนวที่ขุดจะมีการลดระดับลง 3-5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดการชะล้างพังทลายของดิน ด้วยการระบายน้ำออกจากพื้นที่และลดความยาวของความลาดเททำให้อัตราการไหลของน้ำไหลบ่าหน้าดินลดลง (สนิท, 2549)

7.3.5 ขั้นบันไดไม้ผลแบบระดับ (Orchard hillside terrace) เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ก่อสร้างเป็นขั้นที่ราบแคบ ๆ ชนิดลาดเทกลับเข้าด้านในไม่ต่อเนื่องกันและยาวไปตามแนวระดับของพื้นที่ มีระยะห่างของขั้นบันไดแต่ละขั้นทางด้านลาดเขาห่างกัน 12-17 เมตร และความกว้างของพื้นที่ราบขั้นบันได 1.50-1.75 เมตร โดยแนวที่ขุดจะไม่มีการลดระดับเพื่อเก็บกับตะกอนดินทั้งหมดไม่ให้ถูกพัดพาออกจากพื้นที่ และขอบนอกของขั้นบันไดทำเป็นคันกั้นน้ำสูง 25 เซนติเมตร กว้าง 30 เซนติเมตร ความจุของทางน้ำของคันดินเบนน้ำจะต้องรับน้ำที่สูงสุด (Peak runoff rate) ย้อนหลังในช่วงเวลา 10 ปี (Return period) บดอัดให้แน่นและทุกระยะ 6-8 เมตร ทำคันกั้นน้ำยาวประมาณ 1 เมตร ยื่นเข้าไปในพื้นที่คูรับน้ำเพื่อให้น้ำในคูรับน้ำให้มีปริมาณที่เท่ากัน และตัดความยาวของความลาดชันให้มีช่วงสั้น ๆ เพื่อลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินจากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ตลอดจนใช้บริเวณที่ราบของคูรับน้ำขุดหลุมปลูกไม้ผล โดยมีระยะห่างของหลุม 6-8 เมตร และใช้พื้นที่ระหว่างขั้นบันไดไม้ผลแบบระดับเป็นพื้นที่เพาะปลูกผัก ซึ่งวิธีการนี้ต้องลงทุนในการก่อสร้างและดูแลรักษาสูง ซึ่งเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมที่จะดำเนินการก่อสร้างในทุกพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง

7.3.6 ทางระบายน้ำหรือลำห้วย (Water way or Creek) ทำการขุดเคลื่อนย้ายดินให้เป็นร่องน้ำรูปพลาโบลาที่มีความลึกของท้องร่องประมาณ 50 เซนติเมตร ทางน้ำ (Water way) จะต้องมีส่วนเขื่อน (Free board) ไม่ต่ำกว่า 15 เซนติเมตร มีระยะทางยาวได้ไม่เกิน 300 เมตร และความจุของทางน้ำของคันดินเบนน้ำจะต้องรับน้ำที่สูงสุด (Peak runoff rate) ย้อนหลังในช่วงเวลา 10 ปี (Return period) เพื่อบรรเทาพื้นที่ระบายออกจากระบบอนุรักษ์ดินและน้ำลงไปสู่ร่องระบายน้ำตามธรรมชาติ หรือใช้ลำห้วยในพื้นที่รองรับน้ำจากระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่ ซึ่งวิธีการนี้ต้องใช้ควบคู่ไปกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอื่น ๆ

7.3.7 อาคารชะลอความเร็วของน้ำ (Drop structure) เป็นการก่อสร้างสิ่งกีดขวางทางระบายน้ำหรือลำห้วย เพื่อใช้ประโยชน์ในการลดความเร็วของน้ำที่ไหลในทางระบายน้ำจำนวนมากและมีระยะทางยาว ประกอบกับทางระบายน้ำมีความลาดชัน การไหลของน้ำจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำอย่างรวดเร็วมีพลังงานมากทำให้เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงได้ มี 2 ประเภท คือ

7.3.7.1 อาคารชะลอแบบใช้แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ขนาดกว้าง 0.50 เมตร หนา 0.07 เมตร และยาว 1.50 เมตร จัดวางเรียงแผ่นคอนกรีตขวางทางระบายน้ำหรือลำห้วยในร่องที่ขุดไว้แล้วเททับฐานด้วยคอนกรีตหยาบ และส่วนปลายของแผ่นคอนกรีตเททับด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อให้แผ่นคอนกรีตยึดติดกันบริเวณด้านหน้าและด้านหลังของร่องแกนแผ่นคอนกรีตจะปูด้วยหินทิ้ง

7.3.7.2 อาคารชะลอแบบเกเบี่ยน ขนาดกว้าง 0.50 เมตร หนา 1.00 เมตร และยาว 1.00 เมตร โดยจัดวางเรียงกล่องเกเบี่ยนขวางทางระบายน้ำหรือลำห้วยในร่องที่ขุดและผูกยึดกล่องเกเบี่ยนให้ติดกันด้วยลวดสังกะสี นำก้อนหินใส่ลงในกล่องเกเบี่ยนให้เต็มแล้วปิดฝาผูกเชือกยึดฝาให้แน่นด้วยลวดสังกะสี หลังจากนั้นบริเวณด้านหน้าและด้านหลังของร่องแกนกล่องเกเบี่ยนจะปูด้วยหินทิ้ง



ภาพที่ 7.1 อาคารชะลอแบบเกเบี่ยน

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน

7.3.8 ส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ลาดชันโดยปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวเดี่ยวตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่ จำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนที่ถูกต้อง เครื่องมือช่วยในการกำหนดแนวระดับ ได้แก่ กล้องส่องระดับ ซึ่งมีราคาแพงและต้องรู้จักวิธีการใช้งานด้วย อาจใช้เครื่องมือที่ทำเองและเสียค่าใช้จ่ายน้อย ได้แก่ ไม้เอเฟรม หรือไม้เขาควาย โดยนำไม้มาทำเป็นรูปสามเหลี่ยมปลายแหลมไว้ด้านบน มีเชือกผูกห้อยตุ้มถ่วงแนวตั้ง วิธีนี้นิยมใช้กันมาก เนื่องจากเครื่องมือทำได้เอง ราคาไม่แพงและใช้งานง่าย

แนวการปลูกหญ้าแฝกจะวางไปตามเส้นระดับและกำหนดให้ระยะห่างของแนวปลูกแฝกตามค่าระยะห่างตามแนวตั้ง 2-3 เมตร (ตารางที่ 7.1) อย่างไรก็ตามการวางแผนระดับค่อนข้างจะต้องได้รับการฝึกหัดเพื่อให้เกิดทักษะและปฏิบัติงานได้จริงในพื้นที่

ตารางที่ 7.1 ระยะห่างแถวหญ้าแฝกที่ปลูกในพื้นที่ตามความลาดชัน

ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์)	ระยะห่างแถวหญ้าแฝก
5-10	30 เมตร
11-15	20 เมตร
16-20	15 เมตร
21-25	12 เมตร
26-30	10 เมตร
31-35	8 เมตร
36-45	7 เมตร
46-55	6 เมตร

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2557)

ฤดูปลูกที่เหมาะสม ได้แก่ ในช่วงต้นฤดูฝน และควรปลูกในขณะที่ดินยังมีความชุ่มชื้นอยู่แต่สำหรับพื้นที่ที่สามารถให้น้ำได้ก็ควรปลูกก่อนฤดูฝน ทั้งนี้เพื่อให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโต ซึ่งเมื่อมีฝน ร้ำหญ้าแฝกที่ปลูกไว้ก็สามารถรองตะกอนดินและซับน้ำฝนที่ไหลบ่าเอาไว้ ทำหน้าที่ป้องกันการชะล้างพังทลายได้ หญ้าแฝกจะตั้งตัวและแตกกอชิดติดกันเป็นแนวโดยใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 3 เดือน โดยมีรูปแบบการปลูกแนวหญ้าแฝกตามลักษณะพื้นที่มีดังต่อไปนี้

7.3.8.1 รูปแบบการปลูกแนวหญ้าแฝกบนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงในสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงที่นิยมปลูกไม้ยืนต้นบนคันคูรับน้ำรอบขอบเขา หรือชั้นบันไดดิน ซึ่งประสบปัญหาคันดินที่สร้างไว้ถูกน้ำฝนกัดเซาะพังทลายเสียหายเป็นประจำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะก่อสร้างแล้วเสร็จใหม่ ๆ มาตรการที่เหมาะสมและเป็นวิธีง่าย ๆ ได้แก่ การปลูกหญ้าแฝกให้เป็นแนวรั้วบริเวณริมคันคูขอบเขาหรือริมชั้นบันไดดินด้านนอกเพื่อป้องกันความเสียหายดังกล่าวและเพื่อเป็นการรักษาความชุ่มชื้นไว้ในดินได้อย่างยาวนาน อีกด้วย

7.3.8.2 รูปแบบการปลูกแนวหญ้าแฝกบนพื้นที่ที่มีความลาดเทปานกลางในสภาพพื้นที่ที่มีความลาดเทสม่ำเสมอ ความถี่ห่างของแนวหญ้าแฝกที่ปลูกขึ้นอยู่กับความสูงต่ำของพื้นที่ ถ้าพื้นที่มีความลาดเทสูงแนวหญ้าแฝกก็จะถี่กว่าพื้นที่ที่มีความลาดเทต่ำ แต่ความห่างระหว่างแนวหญ้าแฝกที่จะปลูก ต้องอยู่ห่างกันไม่เกินค่าสูงต่ำตามแนวดิ่ง 1.50 เมตร ซึ่งหาได้จากการใช้สายยางระดับแบบช่างไม้ ดังนั้นในพื้นที่สวนไม้ผล หรือไม้ยืนต้นที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความลาดเทสม่ำเสมอั้นจึงการทำได้ง่าย ทั้งนี้เมื่อกำหนดแนวที่จะปลูกได้แนวแรกแล้ว แนวต่อ ๆ ไปก็จะใช้จำนวนแถวของไม้ผลที่จะปลูกเป็นตัวกำหนดเช่น ในแนวแรกมีไม้ผล 3 แถว ดังนั้นทุก ๆ 3 แถวของไม้ผลก็จะปลูกหญ้าแฝก 1 แนว จนตลอดพื้นที่ แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อให้หญ้าแฝกได้ทำหน้าที่อย่างมีประสิทธิภาพ การวางแผนปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้นก็ต้องวางแผนปลูกตามแนวระดับวางความลาดเทของพื้นที่ด้วย และการปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวไม้ผล จะปลูกห่างจากโคนไม้ผลที่ปลูก 1.50 เมตร ดังนั้น ความห่างของแนวหญ้าแฝกตามแนวดิ่งอาจน้อยกว่า 1.50 เมตร หรือเกินกว่า 1.50 เมตร เล็กน้อยก็ได้ตามความเหมาะสมของแถวไม้ผลที่ปลูก

7.3.8.3 รูปแบบการปลูกแนวหญ้าแฝกบนพื้นที่ที่ไม่มี ความลาดเทในสภาพพื้นที่ที่ไม่มี ความลาดเทหรือพื้นที่ระดับจะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียดิน ถึงแม้จะเป็นพื้นที่ราบใดก็ยังคงมีการไหลบ่าของน้ำฝนเกิดขึ้นได้เช่นกัน ดังนั้นวิธีการปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาความชุ่มชื้นในดินในพื้นที่ให้ได้มากที่สุด จึงเป็นวิธีการที่ดี โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรน้ำฝนจะปลูกเพื่อกักเก็บน้ำฝนไว้ในพื้นที่โดยให้ไหลบ่าออกจากพื้นที่น้อยที่สุด ดังนั้นวิธีการปลูกหญ้าแฝกก็จะปลูกเป็นแถวเดี่ยวล้อมรอบพื้นที่ และบริเวณที่ปลูกไม้ผลก็จะปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวไม้ผลที่ปลูก ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการตัดใบคลุมโคนไม้ผล เพื่อลดการสูญเสียในดิน

7.3.8.4 พื้นที่แหล่งน้ำ โดยการนำหน่อหญ้าแฝกมาปลูกรอบ ๆ บริเวณด้านข้างของแหล่งน้ำ จะช่วยกรองเศษพืชตะกอนดิน รวมทั้งสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ มิให้ไหลลงสู่แหล่งน้ำนอกจากนี้ รากหญ้าแฝกที่สานกันอย่างหนาแน่นเป็นกำแพงใต้ดิน จะช่วยยึดดินและดูดซับสารเคมีก่อนที่จะไหลลงสู่แหล่งน้ำได้อีกด้วย ทำให้น้ำในแหล่งน้ำต่างๆ มีคุณภาพดีเหมาะสมแก่การอุปโภค บริโภค ตลอดจนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอีกด้วย สำหรับการวางแผนปลูกหญ้าแฝกบริเวณแหล่งน้ำเพื่อป้องกันการตื้นเขินและเพื่อรักษาคุณภาพน้ำ สามารถดำเนินงานได้ดังนี้

7.3.8.4.1 อ่างเก็บน้ำ วางแนวปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามระดับ 3 แถว

แถวที่ 1 ปลูกที่ระดับทางน้ำล้นหรือระดับกักเก็บน้ำจนรอบอ่าง

แถวที่ 2 ปลูกที่ระดับสูงกว่าแถวที่ 1 ตามแนวตั้ง 20 เซนติเมตร จนรอบอ่าง

แถวที่ 3 ปลูกที่ระดับต่ำกว่าแถวที่ 1 ตามแนวตั้ง 20 เซนติเมตร จนรอบอ่าง

7.3.8.4.2 บ่อน้ำ สระน้ำ จะต้องวางแผนปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวระดับ จำนวน 2 แถว คือ

แถวที่ 1 ขอบบ่อห่างจากริมขอบบ่อประมาณ 50 เซนติเมตร

แถวที่ 2 ที่ระดับทางเข้า

7.3.8.4.3 คลองส่งน้ำ คลองระบายน้ำ แม่น้ำลำคลอง ปลูกเป็นแถวตามแนวระดับขนานไปตามคลองส่งน้ำ หรือแม่น้ำลำคลอง 50 เซนติเมตร

7.3.8.4.4 ร่องน้ำ ปลูกหญ้าแฝกพาดผ่านร่องน้ำเป็นรูปตัววีคว่ำ ส่วนแหลมของตัววีจะคว่ำอยู่กลางร่องน้ำ หันทวนน้ำ ส่วนแขนทั้งสองข้างของตัววีจะพาดขึ้นไปถึงบนฝั่งร่องน้ำทั้งสองด้าน โดยระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร สำหรับกล้าเปลือยราก และ 10 เซนติเมตร สำหรับกล้าถุงขนาด 2x6 นิ้ว หรืออาจปลูกสลับฟันปลา เพื่อให้แถวหญ้าแฝกแน่นโดยระยะห่างระหว่างแนวตัววี 2 เมตร

การปลูกควรดำเนินการช่วงต้นฤดูฝนในขณะที่ยังมีความชุ่มชื้นอยู่ โดยวางแผนปลูกหญ้าแฝกในร่องน้ำเตรียมที่เตรียมไว้ปลูกแถวเดี่ยวระยะห่างระหว่างต้น 5-10 เซนติเมตร กลบโคนให้แน่น หลังจากนั้นก็ควรตรวจและดูแลอย่างสม่ำเสมอ และปลูกซ่อมต้นที่ตายไป มีการตัดใบเหลือความสูงระดับประมาณ 40-50 เซนติเมตร หลังปลูกประมาณ 3 เดือน และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณเล็กน้อย ข้างแถวแฝกเพื่อเร่งให้หญ้าแฝกแตกกอประสานกันเป็นแนวได้เร็วยิ่งขึ้น

7.3.8.5 พื้นที่ไหลถน ปลูกหญ้าแฝกบริเวณด้านข้างของไหลถน เป็นวิธีป้องกันความเสียหายของไหลถนได้ดีโดยเฉพาะถนนลูกรังมักประสบปัญหาถูกน้ำกัดเซาะจนเสียหาย การวางแผนปลูกหญ้าแฝกบริเวณด้านข้างของไหลถน แถวแรกอยู่บนไหลถนแถวถัดลงไปอยู่ต่ำกว่าไหลถนประมาณ 50-100 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของความยาวและความลาดชัน ระยะห่างระหว่างต้นเช่นเดียวกับการปลูกการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินรูปแบบดังกล่าวข้างต้น โดยปลูกเป็นแนวเดี่ยวระยะห่างระหว่างต้น 5-10 เซนติเมตร

ปัญหาอีกประการหนึ่งที่พบเป็นประจำ ได้แก่ บริเวณทางระบายน้ำข้างถนนจะเกิดการกัดเซาะซึ่งบางแห่งก็รุนแรงจนทำให้ถนนขาดเสียหายได้ ดังนั้นควรที่จะมีการปลูกหญ้าแฝกขวางทางน้ำเช่นเดียวกับการปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการกัดเซาะแบบร่องลึก ซึ่งแถวหญ้าแฝกจะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

7.3.8.6 พื้นที่ร่องสวน ด้วยการยกร่องสวนที่มีร่องน้ำ จำเป็นต้องมีการปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันขอบร่องพังทลายลงไปในน้ำ ใช้ระยะปลูกเช่นเดียวกับการปลูกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน โดยปลูกอย่างน้อย 1 แถว ห่างจากริมขอบแปลง 30 เซนติเมตร

7.3.8.7 การปลูกหญ้าแฝกเพื่อแก้ไขการเกิดร่องน้ำแบบลึกสามารถกระทำได้ด้วยวิธีการแบบง่าย ๆ ประหยัดค่าใช้จ่าย โดยสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเอง คือ การปลูกหญ้าแฝกพาดขวางร่องน้ำแบบลึก เมื่อหญ้าแฝกแตกหน่อ และเจริญเติบโตแล้วกอหญ้าแฝกจะผสานยึดติดกันขวางร่อง ซึ่งเมื่อมีน้ำไหลบ่ามาปะทะแนวหญ้าแฝก จะเกิดการกระจายตัวและไหลผ่านไปได้อย่างช้า ๆ ตะกอนดินที่ถูกพัดพามากก็จะทับถมกันอยู่บริเวณหน้าแถวหญ้าแฝก ในขณะที่ตะกอนดินทับถมสูงขึ้นในแต่ละปี ก็จะไม่มีปัญหาต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกเลย

ทั้งนี้เพราะหญ้าแฝกจะแตกหน่อยกตัวสูงกว่าดินที่ทับถมได้เป็นอย่างดี ไม่นานก็จะมีดินมาทับถมกลบร่องน้ำแบบลึกไปได้ในที่สุด ประโยชน์ที่ได้รับอีกประการหนึ่ง คือ แนวหญ้าแฝกที่พาดขวางร่องน้ำ และพาดยาวออกไปตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่จะช่วยกระจายน้ำและกักเก็บน้ำไว้ในพื้นที่ทำให้ดินมีความชุ่มชื้นอยู่ได้นาน

7.4 โครงสร้างปัจจัยพื้นฐาน ได้แก่ บ่อพักน้ำขนาด 60 ลูกบาศก์เมตร และระบบชลประทาน

7.4.1 บ่อพักน้ำขนาด 60 ลูกบาศก์เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เมตร สูง 2.45 เมตร



ภาพที่ 7.2 บ่อพักน้ำขนาด 60 ลูกบาศก์เมตร

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน

7.4.2 ระบบชลประทาน



ภาพที่ 7.3 ระบบชลประทาน

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน

7.4.3 เส้นทางลำเลียงภูเขา



ภาพที่ 7.4 เส้นทางลำเลียงภูเขา

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน

7.5 ขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง

ก่อนการดำเนินการก่อสร้างก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงทุกครั้ง ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงจะต้องมีขั้นตอนในการก่อสร้างระบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

7.5.1 ขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

7.5.1.1 สำรวจและคัดเลือกพื้นที่เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมทางด้านกายภาพ และศักยภาพของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินของเกษตรกร

7.5.1.2 รวบรวมข้อมูลทั่วไป เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปฏิบัติงาน เช่น สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศดินน้ำ ฯลฯ ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม

7.5.1.3 วิเคราะห์สภาพปัญหาของพื้นที่เพื่อกำหนดแนวทางการในการแก้ปัญหา

7.5.1.4 สำรวจและจัดทำแผนที่วงรอบและแผนที่ระดับ

7.5.1.5 ออกแบบระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

7.5.1.6 ทำประชาพิจารณ์เพื่อชี้แจงให้เกษตรกรเข้าใจในประโยชน์ของการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

7.5.1.7 ก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อปรับปรุงการชะล้างพังทลายของดินจากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินเพื่อพัฒนาพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับการทำการเกษตรบนพื้นที่สูง

7.5.2 ขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้างระบบชลประทาน

7.5.2.1 รวบรวมข้อมูลทั่วไป เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปฏิบัติงาน เช่น สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศดินน้ำ ฯลฯ ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม

7.5.2.2 สำรวจและคัดเลือกพื้นที่ศึกษาลักษณะภูมิประเทศ และระบบแหล่งน้ำลำธารในพื้นที่เพื่อ
พิจารณากำหนดการส่งน้ำในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย

7.5.2.3 สำรวจและจัดทำแผนที่ระดับแนวท่อส่งน้ำ

7.5.2.4 ก่อสร้างระบบส่งน้ำชลประทานเพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพการใช้น้ำและให้เกษตรกร สามารถ
เพาะปลูกพืชในพื้นที่ได้ตลอดปี

7.5.3 ขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้างระบบเส้นทางลำเลียง

7.5.3.1 สำรวจเบื้องต้นในการก่อสร้างเส้นทางลำเลียงภูเขา เช่น จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของถนน

7.5.3.2 สำรวจในพื้นที่เพื่อสำรวจจำนวนประชากรที่จะใช้เส้นทาง และประโยชน์ที่จะได้รับการ
ก่อสร้าง

7.5.3.3 สำรวจสภาพภูมิประเทศโดยละเอียด โดยมีความลาดชันของแนวเส้นทางไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์

7.5.3.4 ออกแบบเส้นทางลำเลียงภูเขา

7.5.3.5 ทำประชาพิจารณ์ เพื่อชี้แจงเกษตรกรเข้าใจถึงประโยชน์การก่อสร้างเส้นทางลำเลียงภูเขา

7.5.3.6 ดำเนินการก่อสร้างเส้นทางลำเลียงการถางป่า ขุดต่อ การตัดถมดิน บดอัด การก่อสร้างสะพาน
เพื่อให้เกษตรกรสามารถขนส่งผลผลิตได้ด้วยความสะดวกและรวดเร็ว เป็นการลดต้นทุนการขนส่ง ลดการซ้ำของ
ผลผลิตพืชผัก

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2557. **คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 242 น.
- กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. 2544. **มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ นิยามและทางเลือก**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 95 น.
- เกรียงไกร เลขะกุล. 2555. **การใช้วัสดุคลุมดินเพื่อป้องกันการชะล้างบนที่ลาดชัน**. น. 403-417. ในรายงานการอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งชาติ วันที่ 24-29 พฤษภาคม 2525. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ดำริ ถาวรมาศ. 2525. **วิธีการเตรียมดินเพื่อการอนุรักษ์น้ำและเพิ่มผลผลิตพืช**. น. 418-423. ในรายงานการอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งชาติ วันที่ 24-29 พฤษภาคม 2525. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ธเนศ แสงหล่อ. 2555. **การเพิ่มประสิทธิภาพและทดสอบแบบจำลองการใช้น้ำของพืชที่ปลูกเชิงอนุรักษ์บนชุดดินลาดชันเชิงซ้อนในระบบเกษตรน้ำฝนบนที่สูง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 126 น.
- พิทยากร ลิ้มทอง. 2553. **การชะล้างพังทลายของดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ คู่มือเจ้าหน้าที่ของราชการอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. น. 30-40.
- มัตติกา พนมธรนิจกุลศิริวงค์ นฤบาลดลพ สุภาวรรณ และวราคุณ ศรีวิชัย. 2553. **การปรับปรุงวิธีด้านการชะกร่อนและการเก็บเกี่ยวน้ำในดินโดยการปลูกพืชเชิงแถบอนุรักษ์เพื่อเพิ่มการผลิตพืชผสมในระบบเกษตรน้ำฝนอย่างยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน**. ในรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ (พ.ศ.2550-2553) ระหว่างเดือนมกราคม 2550 – มีนาคม 2553 เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สภาวิจัยแห่งชาติ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 120 น.
- สมชาย องค์ประเสริฐ. 2552. **ดินประเทศไทยและการจัดการ**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สนธิอนันต์ชัย. 2549. **คู่มือการก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงในเขตพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง**. เชียงใหม่: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 100 น.
- สำนักกฎหมาย. 2542. **กฎหมายเกี่ยวกับที่ดิน พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. น. 229-234.
- ศรีบุญวงศ์ ชัยวัฒน์กุล. 2558. **การศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาเพื่อปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูงในพื้นที่จังหวัดน่าน**. น. 16-27. ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 4 วันที่ 2-4 กรกฎาคม 2558. ณ โรงแรมहरรรษา เจบี อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย.
- Buddee, W.F. 1986. **Soil erosion and degradation in northern uplands-cause and rimidy. In the proceedings of the northern and development research seminar, held at March 6-7,1986, rintr Hotel, Chiangmai, Thailand.** p. 18-62.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1977. **Assessing soil degradation**. Soil Bulletin No. 34. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

- Gupta, G.N. 1995. **Rain-water management for tree planting in the Indian Desert.** Journal of Arid Environments. 31:p. 219-235.
- Hoey, M. 1988. **Land use, related problems and development strategies for stable agricultural systems for the Highland Agricultural and Social Development Project.** *In* Paper presented at the 5th International Soil Conservation Conference, 18-29 January 1988. Bangkok.
- Lal, R. 1988. **Soil erosion control with alley cropping.** *In* Paper presented at the 5th International Soil Conservation Conference, 19-22 January 1988. Bangkok.
- Lal, R. 1977. **Soil-conserving versus soil-degradation crops and management for erosion control.** pp. 81-86. *In* Greenland, D. J. and Lal, R. (Editors) Soil conservation management in Humid Tropics. Wiley, London.
- Larson, W. E., Walsh, L. M., Stewart, B. A. and Boelter, D. H. (Editors). 1981. **Soil and water resources: research priorities for the nation.** Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America.
- Morgan, R. P. C. 1979. **Soil erosion.** London: Longman Group Limited. 113 p.
- Williams C. N. and Joseph, K. T. 1970. **Climate, soil and crop production in the humid tropics.** Kuala Lumpur: .Oxford University Press. 177 p.

บทที่ 8

การจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง

ปัจจุบันกรมพัฒนาที่ดินร่วมกับกรมชลประทานได้จัดการหาต้นทุนเพื่อการเกษตรเกือบถึงจุดอิ่มตัวแล้ว แต่การใช้น้ำของเกษตรกรยังไม่มีประสิทธิภาพ ประกอบกับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบันทำให้ภูมิอากาศของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด ส่วนปริมาณฝน วันที่มีฝนตก และพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่ผ่านประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง และจะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรบริเวณเขตร้อนลดลงประมาณร้อยละ 10-30 ต่อไร่ โดยภาคเหนือของประเทศไทยมีสถิติอุณหภูมิสูงสุดที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 45.5 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ กนิษฐ และคณะ (2554) รายงานว่าปรากฏการณ์เอลนีโนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนจะมีความรุนแรงขึ้นทุกปี ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่ารายปีลดลงจากระดับปกติ 20-40 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำท่ารายเดือนได้ลดลงด้วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายนปริมาณน้ำท่าลดลงจากระดับปกติมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และปรากฏการณ์เอลนีโนทำให้ปริมาณน้ำท่าในปีต่อมาลดลงมากกว่าปีปกติมีผลกระทบโดยตรงต่อระบบชลประทานในเขตพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง เนื่องจากต้องอาศัยน้ำฝนในแต่ละปีมาเก็บไว้ใช้ในการปลูกผักให้เพียงพอต่อความต้องการน้ำของผักแต่ละชนิด ตลอดฤดูการเพาะปลูก ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณและการกระจายของฝนในแต่ละปีเป็นสำคัญที่ ทำให้ผลผลิตไม่แน่นอนและยากต่อการวางแผนการปลูกพืชหมุนเวียนตลอดปี ทำให้รายได้ของเกษตรกรไม่มั่นคง ซึ่งมัตติกา (2548) กล่าวว่า การให้น้ำแก่พืชในการเพาะปลูก โดยทั่วไปหากไม่คำนึงถึงปริมาณน้ำและวิธีการให้น้ำที่ถูกต้องและเหมาะสมกับความต้องการน้ำของพืชในช่วงอายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของพืชและชนิดของดินที่ใช้ปลูกพืชนั้น ๆ อาจทำให้สูญเสียน้ำจำนวนมากโดยเปล่าประโยชน์ เป็นการสูญเสียประสิทธิภาพการให้น้ำและการใช้น้ำ ตลอดจนเกิดการชะล้างธาตุอาหารละลายไปกับในดินชั้นล่าง หรือไหลไปกับน้ำไหลบ่าบนผิวดิน และในทางกลับกันหากให้น้ำแก่พืชในปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำของพืชหรือการใช้น้ำของพืช ก็จะทำให้ศักยภาพในการให้ผลผลิตของดินและพืชผักลดลงต่ำกว่าปกติเช่นเดียวกัน ดังนั้นเพื่อให้เกษตรกรสามารถจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดความยั่งยืนในพื้นที่จึงจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงการใช้น้ำหรือความต้องการน้ำของพืชผัก และวิธีการให้น้ำที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และกำหนดแนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ซึ่งอาจกล่าวได้โดยสังเขปดังต่อไปนี้

8.1 ความต้องการน้ำของพืชผัก

การศึกษาความต้องการน้ำของพืช ตลอดจนการประเมินการใช้น้ำของพืชโดยทั่ว ๆ ไปจำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจในความหมายและคำจำกัดความของคำศัพท์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาความต้องการน้ำของพืช คำศัพท์ต่างๆ ที่สำคัญสำหรับการใช้น้ำ ดังต่อไปนี้

8.1.1 การคายระเหยหรือการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration)

การคายระเหยหมายถึงกระบวนการสูญเสียน้ำ ซึ่งเกิดจากกระบวนการ 2 กระบวนการ คือ การระเหยน้ำจากพื้นผิวดิน (Evaporation) ร่วมกับการคายน้ำจากพืช (Transpiration) ซึ่ง 2 กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันและไม่อาจแบ่งแยกออกจากกันได้ ซึ่งอัตราการคายระเหยน้ำจากผิวดินที่มีพืชปกคลุมจะแตกต่างจากผิวดินที่ปราศจากพืชปกคลุม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

8.1.1.1 การคายระเหยน้ำจากพื้นผิวดิน (Evaporation)

การระเหยน้ำจากพื้นผิวดินเป็นกระบวนการซึ่งน้ำในสภาพของเหลวถูกเปลี่ยนเป็นน้ำในสภาพก๊าซ หรือเป็นไอ และเคลื่อนที่จากพื้นผิวซึ่งสูญเสียน้ำ มีการสูญเสียน้ำผ่านกระบวนการระเหยชนิดนี้จากพื้นผิวทุกชนิด เช่น พื้นผิวดิน

พื้นผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ พื้นผิวน้ำในทะเลและมหาสมุทร พื้นผิวนอน และ พื้นผิวใบไม้และต้นไม้ที่เปียกชื้น เป็นต้น การระเหยน้ำจากพื้นผิวเป็นกระบวนการที่ต้องการพลังงานเพื่อการเปลี่ยนโมเลกุลของน้ำใน สภาพของเหลวเป็นก๊าซ หรือเป็นไอ รังสีดวงอาทิตย์และระดับอุณหภูมิที่อยู่รอบ ๆ รวมทั้งสภาพอากาศ โดยรอบพื้นผิวเป็นองค์ประกอบสำคัญ ซึ่งเสริมการเปลี่ยนสถานะภาพของน้ำดังกล่าวซึ่งพลังงานที่ใช้ในการดึงไอน้ำจากพื้นผิวเป็นความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของไอน้ำ (Water vapor pressure) ของพื้นผิว (Evaporating surface) และความเข้มข้นของไอน้ำใน บรรยากาศ (Surrounding atmosphere) ที่อยู่รอบพื้นผิว ในทุกขณะที่เกิดการระเหยน้ำของพื้นผิวสู่อากาศรอบ พื้นผิวนั้น ทำให้อากาศเกิดสภาพอิ่มตัวด้วยไอน้ำและกระบวนการมีอัตราการลดลงและอาจจะหยุดได้ใน กรณีที่อากาศมีไอน้ำอยู่เต็มพื้นที่ที่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ อากาศที่แห้งและร้อนจะไหลเข้ามาแทนที่อากาศ ที่อิ่มตัวและเย็นกว่าโดยมีกระแสลมช่วยให้กระบวนการไหลเวียนของอากาศและการระเหยน้ำจาก พื้นผิวเปลี่ยนแปลง ดังนั้น รังสีดวงอาทิตย์ระดับ อุณหภูมิอากาศ ระดับความชื้นในอากาศ และความเร็วของกระแสลมเป็นปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศที่ต้องนำมาเกี่ยวข้องกับการประเมินกระบวนการระเหยน้ำจาก พื้นผิวชนิดต่าง ๆ ในกรณีที่พื้นผิวที่พิจารณาอัตราการคายน้ำ เป็นพื้นผิวดิน ปัจจัยเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการนี้ได้แก่ ทรงพุ่มพืชและปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินและพื้นผิวพืช การที่มีฝนตกลงมาก็ดี การใช้น้ำการชลประทานก็ดี หรือการเคลื่อนตัวของน้ำสู่ผิวดินก็มีส่วนทำให้ผิวดินมีความชื้น เมื่อดินมีความชื้นมากพอต่อกระบวนการระเหยน้ำแล้วนั้น ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการระเหยน้ำได้แก่ปัจจัยด้าน ภูมิอากาศของพื้นที่นั้น ๆ เป็นปัจจัยสำคัญ และในสภาพที่พื้นผิวดินแห้งและมีความชื้นต่ำมาก อัตรา การระเหยน้ำของ พื้นผิวดินขึ้นกับความสามารถของดินและการจัดการที่จะเติมน้ำให้แก่พื้นผิวและดินที่ อยู่ในชั้นลึกลงไป เช่น การ ชลประทาน เป็นต้น

8.1.1.2 การคายน้ำจากพืช (Transpiration, T)

การระเหยน้ำจากพืชเป็นกระบวนการสูญเสียไอน้ำจากพืชสองขั้นตอน ได้แก่ การเปลี่ยนน้ำในสภาพของเหลวใน เนื้อเยื่อของพืชเป็นไอน้ำในช่องว่างที่เรียกว่า“ปากใบ” (Stomata) ของพืช และการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากปากใบพืชไป สู่บรรยากาศ การระเหยน้ำจากพืชส่วนใหญ่เกิดขึ้นผ่านช่องเปิดนี้ พืชดูดน้ำและธาตุอาหารผ่านระบบราก และมีการ ขนส่งในท่อลำเลียงผ่านลำต้นและกิ่งก้านสาขา การเปลี่ยนน้ำในสภาพของเหลวเป็นของแข็งเกิดขึ้นในใบพืช และ เป็นการสูญเสียไอน้ำในสัดส่วนที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้น้ำของพืชในส่วนอื่น ๆ เช่นเดียวกับการระเหยน้ำซึ่งการคาย น้ำขึ้นกับพลังงานที่ใช้ในการระเหยของน้ำ ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของไอน้ำในช่องว่างปากใบพืชและความ เข้มข้นของไอน้ำในบรรยากาศ ดังนั้นการประเมินค่าการระเหยน้ำของพืชต้องการข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้องกับ อุณหภูมิของอากาศ ระดับรังสีดวงอาทิตย์ ความชื้นในบรรยากาศ และความเร็วลม นอกจากนี้ความชื้นในดินและ ความสามารถในการดูดน้ำของระบบรากพืชก็มีผลต่ออัตราการคายน้ำของพืช รวมทั้งสภาพน้ำขังและระดับความเค็ม ของดิน ซึ่งอัตราการคายน้ำของพืชได้รับอิทธิพลโดยตรงจากลักษณะของพืช สภาพแวดล้อมและการจัดการผลิตพืช โดยพืชแต่ละชนิดมีอัตราการคายน้ำแตกต่างกันตลอดจนระยะพัฒนาของพืช

ดังนั้นการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration: ET) เป็นการระเหยน้ำจากพื้นผิวดินร่วมกับการคายระเหยน้ำ จากพืชเกิดขึ้นพร้อมกัน และพลังงานที่ผิวดินได้รับเป็นสัดส่วนที่ผกผันกับปริมาณการปกคลุมของใบพืชซึ่งแปรผันตาม อายุและระยะการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดโดยตรง โดยในระยะต้นกล้าหรือต้นอ่อนพืชยังมีขนาดเล็กการคาย ระเหยส่วนใหญ่เกือบร้อยละร้อยเป็นการคายระเหยจากผิวดินโดยตรงและเมื่อพืชเจริญเติบโตแผ่กิ่งก้านและใบปกคลุม ผิวดินมากขึ้นอัตราการคายระเหยจากน้ำผิวดินจะลดลง อัตราการคายน้ำจากพืชจะเพิ่มขึ้น โดยในระยะที่พืช เจริญเติบโตเต็มที่การสูญเสียไอน้ำจะเกิดจากกระบวนการคายระเหยน้ำจากพืชเป็นสำคัญเกือบ 90 เปอร์เซ็นต์

8.1.2 ความต้องการน้ำหรือปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop water requirement)

มัตติกา (2548) กล่าวว่าความต้องการน้ำหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชหมายถึงปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้ใน สร้างการเจริญเติบโตและการคายระเหยทั้งหมด (Evapotranspiration) ตลอดชีพจักรของพืชตั้งแต่ช่วงอายุการ

เจริญเติบโตจนถึงระยะให้ผลผลิตของพืช ภายใต้สภาพอากาศบริเวณหนึ่ง ๆ ซึ่งไม่มีข้อจำกัดของน้ำและความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งด้านเคมี ชีวภาพ และฟิสิกส์ของดิน พืชได้รับน้ำเต็มที่ตามความต้องการน้ำ ตามลักษณะทางสรีรวิทยาหรือพันธุกรรมของพืช พืชย่อมมีการเจริญเติบโตเต็มที่ สามารถให้ผลผลิตพืชได้เต็มที่ตามศักยภาพของพันธุ์พืชแต่ละชนิด ซึ่งหากพืชขาดน้ำหรือไม่ได้รับน้ำตามความต้องการน้ำของพืชย่อมทำให้การเจริญเติบโตของพืชไม่เต็มที่อาจแคระแกร็น ส่งผลให้ผลผลิตพืชลดลง ไม่ได้คุณภาพ เป็นต้น

8.1.3 หน่วยวัดปริมาณหรืออัตราการคายระเหยของพืช (Units)

อัตราการคายระเหยของพืช (Evapotranspiration) ส่วนใหญ่มีหน่วยวัดเป็น มิลลิเมตรต่อหน่วยเวลา (mm per unit of time) ซึ่งการแสดงความลึกของการสูญเสียน้ำหรือการใช้น้ำของพืชนั้นสามารถแสดงได้หลายแบบ แล้วแต่ความสะดวกของผู้ใช้แต่ส่วนใหญ่นิยมแสดงเป็นมิลลิเมตรต่อวัน นอกจากนี้ยังสามารถแสดงได้อีกหลายแบบเช่น แสดงเป็นชั่วโมง วัน สัปดาห์ เดือน ฤดูปลูกหรือรายปี เช่น พื้นที่ 1 ตารางเมตร มีการใช้น้ำน้ำคิดเป็นหน่วยความสูง หรือความลึกสมมูลเท่ากับ 1 มิลลิเมตร เท่ากับ 0.001 เมตร ดังนั้นการสูญเสียน้ำหรือการใช้น้ำ 1 มิลลิเมตร เท่ากับการสูญเสียน้ำหรือการใช้น้ำ 0.001 ลูกบาศก์เมตรหรือเท่ากับ 1.6 ลูกบาศก์เมตร ต่อไร่ต่อวัน เป็นต้น นอกจากนี้ความสูงของน้ำยังสามารถแสดงในรูปของพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวกลายเป็นไอน้ำ พลังงานของการเปลี่ยนสถานะนี้เรียกว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (latent heat of vaporization, λ) ซึ่งเป็น function ของอุณหภูมิของน้ำ เช่น น้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำเท่ากับ 2.45 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (MJ kg^{-1}) หรือสามารถกล่าวได้ว่า ต้องใช้พลังงานความร้อน 2.45 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำเหลว 1 กิโลกรัม หรือ 0.001 ลูกบาศก์เมตร ให้เป็นไอน้ำ ดังนั้น น้ำ 1 มิลลิเมตร เท่ากับ 0.001 เมตร เท่ากับพลังงาน 2.45 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และการใช้น้ำของพืชสามารถมีหน่วยเป็น เมกะจูลต่อกิโลเมตรต่อวัน ($\text{MJ kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$) เรียกว่า Latent heat flux ซึ่งใช้สัญลักษณ์เป็น λ_{ET} ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 แสดงหน่วยของอัตราการคายระเหย และค่าที่ใช้สำหรับปรับเปลี่ยนระหว่างหน่วยความลึกของลำน้ำเป็นหน่วยปริมาตรน้ำและพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ตามลำดับ

อัตราการคายระเหย	ความลึกของลำน้ำ	ปริมาตรน้ำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่		พลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ *
	mm day^{-1}	$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$	$\text{l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$	$\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$
mm day^{-1}	1	10	0.116	2.45
$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$	0.1	1	0.012	0.245
$\text{l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$	8.640	86.40	1	21.17
$\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$	0.408	4.082	0.047	1

หมายเหตุ: ในกรณีที่น้ำมีความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 20°C

ที่มา: Doorenbos and Pruitt (1977)

8.1.4 การประเมินการคายระเหยน้ำของพืช (Estimation of potential crop evapotranspiration or Crop water requirement)

การประเมินปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้หรือความต้องการน้ำของพืชให้ถูกต้องแม่นยำนั้นทำได้ยากโดยเฉพาะเมื่อต้องการความถูกต้องโดยละเอียดในสภาพไร่จริง ๆ ส่วนใหญ่วิธีการต่างๆที่ใช้ในการประเมินค่าศักยภาพการคายระเหยของพืชอาศัยหลักการของสมดุลของพลังงานที่บริเวณเพาะปลูกหนึ่ง ๆ ภายใต้สภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมหนึ่ง เป็นหลักในการประเมินและประยุกต์นำไปใช้ในสถานที่ที่มีสภาพการเพาะปลูกและภายใต้สภาพภูมิอากาศที่แตกต่างจากสภาพดั้งเดิม ที่วิธีการหรือสมการประเมินค่าศักยภาพการคายระเหยของ

พืชนั้น (ETcp) ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรก ซึ่งอาจทำให้ผลการประเมินไม่ถูกต้องแม่นยำเท่าที่ควร การตรวจสอบรูปแบบจำลองหรือสมการต่าง ๆ ก่อนนำไปประยุกต์ปรับใช้ในบริเวณหนึ่ง ๆ เป็นสิ่งจำเป็นและต้องใช้ เวลาและต้นทุนค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามการประเมินปริมาณการใช้น้ำของพืชในพื้นที่เพาะปลูกหนึ่ง ๆ เป็น ข้อมูลที่จำเป็นยิ่งในการวางแผนการจัดการน้ำให้ถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวทางในการคำนวณ ปริมาณศักยภาพการคายระเหยหรือความต้องการน้ำของพืช ต้องอาศัยหลักการปรับใช้สมการหรือสูตรต่างๆให้ ถูกต้อง สูตรดังกล่าวที่นิยมใช้เป็นสากลโดยทั่วไปได้รับการพัฒนา ปรับแก้และแนะนำโดยองค์การอาหารและ การเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ซึ่งวิธีการประเมินปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้หรือความต้องการน้ำของพืช สามารถทำได้ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

8.1.4.1 การวัดการคายระเหยของพืชโดยใช้วิธีสมดุลของน้ำ (Water Balance Method)

การวัดและประเมินองค์ประกอบต่างๆในแบบจำลองสมดุลของน้ำอาศัยหลักการที่ว่าน้ำที่เข้ามาในระบบ การเกษตรพื้นที่หนึ่งๆเท่ากับน้ำที่สูญเสียจากพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งเขียนสมดุลได้ดังสมการที่ 8.1 และ 8.2

$$\text{ปริมาณน้ำที่ได้รับ (Water Gain)} = \text{ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss)}$$

$$P+I_r = ET+R+D+\Delta S+I \quad 8.1$$

$$ET = P+I_r-R-D-\Delta S-I \quad 8.2$$

- P คือ น้ำจากหยาดน้ำฟ้าหรือฝน (Precipitation)
 I_r คือ น้ำจากการชลประทาน (Irrigation)
 ET คือ น้ำที่สูญเสียจากการคายระเหย (Evapotranspiration)
 R คือ น้ำที่สูญเสียจากการไหลบ่าบนผิวน้ำดิน (Runoff)
 D คือ น้ำที่สูญเสียโดยการระบายน้ำซึมลึกเลยบริเวณรากพืชลงไปในดิน (Deep Drainage)
 ΔS คือ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่กักเก็บภายในดิน
 I คือ การสูญเสียน้ำที่ไม่ได้ลงสู่ดิน เช่น น้ำค้างใบ (Interception)

ค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงเวลาหนึ่ง (P) ปริมาณน้ำชลประทาน (I_r) และปริมาณการเปลี่ยนแปลงน้ำที่ กักเก็บในดิน (ΔS) สามารถวัดได้โดยตรงในสภาพพื้นที่เพาะปลูกจริงโดยใช้เครื่องมือต่าง ส่วนค่าปริมาณน้ำไหล บ่าบนผิวน้ำดิน (R) น้ำที่ซึมลึกในดินเลยความลึกที่กำหนดหรือเลยบริเวณความลึกของรากพืช (D) และน้ำที่ค้าง บนใบพืช (I) สามารถวัดได้จากการคำนวณประเมินจากสมการที่มีการศึกษามาก่อนหรืออาจทำการวัดโดยตรง จากการสร้างแปลงวัดน้ำไหลบ่า (Runoff plot) สำหรับวัดค่าปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวน้ำดิน (R) การใช้ เครื่องมือวัดศักย์ของน้ำในดินที่ระดับลึกต่าง ๆ สำหรับคำนวณค่า น้ำที่ซึมลึกในดินเลยความลึกที่กำหนด หรือเลย บริเวณรากพืช (D) และการวัดปริมาณฝนที่ตกได้รุ่มเงาของพืชโดยตรงก็เป็นวิธีการที่ใช้คำนวณปริมาณที่ค้างบน ใบพืช (I) ได้การวัดค่าต่าง ๆ ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

8.1.4.2 การใช้ภาชนะปลูกพืชเพื่อวัดปริมาณการสูญเสียน้ำจากการคายระเหยโดยตรง (Using Lysimeter or Evapotranspiration)

ไลซิมิเตอร์ (Lysimeter) เป็นภาชนะที่ใช้สำหรับปลูกพืชโดยการบรรจุดินให้มีลักษณะการเรียงตัวของ โปรไฟล์ และความหนาแน่นเหมือนกับดินธรรมชาติทุกประการ และภาชนะดังกล่าวส่วนมากจะฝังอยู่พื้นที่ บริเวณเพาะปลูกเพื่อให้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ เหมือนกับสภาพแวดล้อมที่เพาะปลูกในธรรมชาติ ขนาดของ ภาชนะต้องมีปริมาตรความกว้างและความสูงมากเพียงพอเพื่อให้รากพืชเจริญเติบโตได้โดยอิสระไม่มีข้อจำกัดของ การขยายรากพืชทั้งแนวนอนและแนวตั้งเช่นเดียวกับสภาพในแปลงเพาะปลูกจริง ๆ ซึ่งภาชนะดังกล่าวมีการ

ติดตั้งบนกลไกที่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของการคายระเหยน้ำจากภาชนะได้โดยตรง เช่น การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่กดบนตาชั่งหรือการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในระบบไฮดรอลิก (Hydraulic) ที่บรรจุภาชนะ แล้วต่อกับกลไกที่วัดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในเครื่องมือวัดระดับน้ำ เมื่อน้ำหนักของภาชนะปลูกเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการสูญเสียน้ำจากการคายระเหย การใช้ภาชนะปลูกเป็นวิธีที่ใช้วัดค่าการคายระเหยได้โดยตรงทั้งปริมาณการคายระเหยแท้จริง (ETca) และศักยภาพการคายระเหยของพืช (ETcp) รวมทั้งปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ETr) ส่วนใหญ่นิยมใช้วัดค่า ETo หรือ ETcp เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ชนิดต่าง ๆ อย่างไรก็ตามภาชนะปลูกพืชมีข้อบกพร่องมากมาย เช่น ข้อมูลที่ได้ไม่สามารถแทนข้อมูลในสภาพพื้นที่เพาะปลูกจริงได้ดินในภาชนะปลูกพืชไม่สามารถใช้แทนดินในธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์ และการจัดวางภาชนะปลูกพืชในสนามจำเป็นต้องห่างจากขอบแปลงอย่างน้อย 100 เมตร และเป็นพืชชนิดเดียวกันกับที่ปลูกในแปลงที่ศึกษาเป็นต้น

การศึกษางบดุลของน้ำโดยใช้ภาชนะปลูกพืชดังกล่าว ให้ค่าถูกต้องแม่นยำพอสมควรหากการเจริญเติบโตของพืชในภาชนะและในพื้นที่ปลูกรอบๆมีลักษณะเดียวกัน ทั้งความสูง การเจริญแตกกิ่งก้านสาขา และการครอบคลุมพื้นที่ ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่จากการศึกษาในอดีตพบว่าการเจริญเติบโตของพืชในภาชนะปลูกแตกต่างจากนบรีเวณเพาะปลูกรอบ ๆ อย่างมาก ความแตกต่างนี้ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) และศักยภาพการคายระเหยของพืช (ETcp) ที่ประเมินจากค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ETo) ที่วัดได้โดยภาชนะปลูกไม่ถูกต้องและผิดพลาดจากความเป็นจริงในธรรมชาติอย่างมาก และเนื่องจากการติดตั้งประกอบภาชนะปลูกเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยากและลงทุนสูง ฉะนั้นจึงไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนักในการวัดการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ETo) หรือศักยภาพการคายระเหยของพืช (ETcp) โดยทั่วไปนอกจากใช้ในการศึกษาวิจัยที่ต้องการควบคุมค่าต่าง ๆ อย่างละเอียดเท่านั้น

8.1.4.3 การวัดการคายระเหยโดยใช้วิธีงบดุลของพลังงาน (Energy Balance Methods)

การคายระเหยเป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำเหลวกลายเป็นไอน้ำ ฉะนั้นค่าปริมาณการคายระเหยจึงขึ้นกับการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนสุทธิที่บริเวณปลูกพืชได้รับเท่ากับพลังงานที่สูญเสียออกจากบริเวณนั้น ๆ ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สุทธิ (Net radiation, Rn) ที่พื้นผิวโลกหรือบริเวณปลูกพืชได้รับสามารถจำแนกได้เป็นส่วนต่าง ๆ โดยพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด (Solar radiation) สามารถส่องลงพื้นผิวโลกและมหาสมุทรได้เพียง 51 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น และพลังงานส่วนที่ได้ใช้ในกระบวนการคายระเหยเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น คือส่วนที่เป็น Sensible heat 7 เปอร์เซ็นต์ ที่เป็น Latent heat 23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือของพลังงานส่วนใหญ่ถูกดูดกลืนไว้ในบรรยากาศที่มีฝุ่นละออง เมฆ หมอก โอโซน หรือสะท้อนกลับสู่บรรยากาศชั้นสูงในรูปรังสีคลื่นยาว

การระเหยของน้ำจากผิวดินและการคายน้ำจากพืชขึ้นกับพลังงานความร้อนที่ผิวดินและพืชได้รับจากดวงอาทิตย์ แล้วมีการแยกส่วนของพลังงานที่ได้รับเป็น 4 ส่วน คือ

Sensible heat (H) เป็นพลังงานสำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างดินกับบรรยากาศ หรือเป็นพลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้น

Latent heat (λET) เป็นพลังงานสำหรับการระเหยน้ำหรือพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการเปลี่ยนสถานะของน้ำเหลวให้กลายเป็นไอน้ำซึ่งเท่ากับความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอคูณด้วยปริมาณการคายระเหยของน้ำนั่นเอง

Sensible heat storage in soil (G) เป็นพลังงานที่เก็บรักษาไว้สำหรับแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างผิวดินกับพืช หรือปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิดินสูงขึ้นนั่นเอง

Chemical heat (aA) เป็นพลังงานสำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ การสังเคราะห์แสงของกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในอาณาบริเวณที่มีการปลูกพืช หากกำหนดให้พลังงานสุทธิที่พืชได้รับจากดวงอาทิตย์ (Net Radiation) เป็น R_n ซึ่งเขียนสมการงบดุลของพลังงานได้ดังนี้

$$R_n = H + \lambda ET + G + aA \quad 8.3$$

เมื่อ	R_n	คือ พลังงานสุทธิที่บริเวณปลูกพืชได้รับ (Net Radiation)
	H	คือ พลังงานสำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างดิน บรรยากาศ กับ บริเวณปลูกพืชซึ่งทำให้อากาศเปลี่ยนแปลง
	λ	คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (Latent heat) มีค่าเท่ากับ 590 แคลลอรี่ต่อกรัม
	ET	คือ ปริมาณการคายระเหยจากบริเวณปลูกพืช (Evapotranspiration)
	G	คือ พลังงานที่เก็บรักษาไว้สำหรับแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างดินกับพืช
	aA	คือ พลังงานสำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการหายใจและการสังเคราะห์แสง รวมถึงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

8.1.5 ศักยภาพการคายระเหยหรือปริมาณความต้องการน้ำของพืช (Potential crop evapotranspiration, ET_{cp} or crop water requirement)

มัตติกา (2548) กล่าวว่า ศักยภาพการคายระเหยของพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง (ET_{cp} , mm.day⁻¹) หมายถึง ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกพืชที่มีดินอุดมสมบูรณ์เต็มที่ มีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ โดยพืชชนิดหนึ่งที่มีการใช้น้ำในปริมาณสูงสุดในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต หรือตลอดช่วงอายุของพืช ภายใต้เงื่อนไขที่การเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด ครอบคลุมพื้นที่ปลูกเต็มที่ ปราศจากการรบกวนโดยศัตรูพืชอาจกล่าวได้ว่าค่า ET_{cp} ก็คือค่าปริมาณความต้องการน้ำของพืชที่ปลูกในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ซึ่งถูกจำกัดด้วยสภาพแวดล้อมทางอุตุนิยมวิทยา และลักษณะทางสรีรวิทยาและช่วงอายุพืชจักรพืชแต่ละชนิดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับค่าเฉลี่ยความต้องการน้ำตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของผักทั่วไปมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 200-500 มิลลิเมตร (Doorenbos and Pruitt, 1984) แต่อย่างไรก็ตามความต้องการน้ำของผักแต่ละชนิดไม่เท่ากันซึ่งได้รวบรวมและแสดงไว้ในตารางที่ 8.2 และศักยภาพการคายระเหยหรือปริมาณความต้องการน้ำของพืช คำนวณจากสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) คูณด้วยค่าการคายระเหยอ้างอิง (ET_o , mm.day⁻¹) (สมการ 8.4)

$$ET_{cp} = K_c \times ET_o \quad 8.4$$

การประเมินค่าปริมาณความต้องการน้ำของพืช (ET_{cp}) ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลัก 3 ปัจจัยดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งขั้นตอนที่ 1 คือการประเมินค่าอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_r) หรือศักยภาพความต้องการในการคายระเหยของภูมิภาค ซึ่งสามารถประเมินได้จากวิธีการต่าง ๆ หลายวิธีดังจะได้กล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป ส่วนขั้นตอนที่ 2 เป็นการประเมินค่าศักยภาพอัตราการคายระเหยของพืชที่ปลูก (ET_{cp}) โดยใช้วิธีเดียวกับขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 3 คือการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) จากสัดส่วน ET_p/ET_r หรือ ET_p/ET_o ซึ่งในปัจจุบันองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติได้รวบรวมค่า K_c ของพืชชนิดต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตต่าง ๆ ไว้เป็นจำนวนมากและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกได้เพียงแต่ต้องคำนวณค่า ET_o สำหรับบริเวณที่ต้องการปลูกพืชแต่ละแห่งเฉพาะที่ให้ถูกต้องกับสภาพดินฟ้าอากาศและภูมิภาคของบริเวณนั้น ๆ เพราะสภาพภูมิอากาศจะผันแปรตามลักษณะภูมิประเทศ เส้นรุ้ง เส้นแวง ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ภูมิภาคต่าง ๆ ได้รับไม่เหมือนกัน ฉะนั้นค่าศักยภาพความต้องการในการคายระเหยของภูมิภาค (ET_o) ซึ่งกำหนดโดยสภาพภูมิอากาศแต่ที่แต่ละแห่งจึงแตกต่างกัน

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าค่าศักยภาพการคายระเหยของพืช (ETp) ถูกควบคุมโดยปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศ (Climate factor) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ที่คำนวณได้จะมีลักษณะผันแปรอย่างมากตามลักษณะทางสรีรวิทยาของต้นพืชและพื้นที่ใบโดยเฉพาะพื้นที่ใบต่อ 1 หน่วยพื้นที่เพาะปลูก (Leaf Area Index, LAI) ฉะนั้นอาจกล่าวได้ว่า ค่า Kc ถูกควบคุมโดยปัจจัยทางด้านพืชโดยตรง (Crop factor)

ตารางที่ 8.2 ปริมาณความต้องการน้ำหรือศักยภาพในการคายระเหยของพืชผักแต่ละชนิดตลอดฤดูปลูก

ชนิดพืช	ปริมาณความต้องการน้ำของพืช ตลอดฤดูปลูก (นิ้วต่อพื้นที่)	ปริมาณความต้องการน้ำของพืช ตลอดฤดูปลูก (มิลลิเมตรต่อพื้นที่)
Asparagus	10-18	254-457
Bean, green	10-15	254-381
Bean, pinto	15-20	381-508
Beet, table	10-15	254-381
Broccoli	20-25	508-635
Cabbage	20-30	508-762
Cantaloupe	13-20	330-508
Carrot	10-15	254-381
Cauliflower	20-30	508-762
Celery	30-35	762-889
Collards/kale	12-14	305-356
Corn, sweet	20-35	508-889
Cowpea	10-15	254-381
Cucumber, pickle	15-20	381-508
Cucumber, slicer	20-25	508-635
Eggplant	20-35	508-889
Garlic	15-20	381-508
Lettuce	8-12	203-305
Mustard green	10-15	254-381
Okra	15-20	381-508
Onion	25-30	635-762
Pepper, bell	25-35	635-889
Pepper, jalapeno	25-30	635-762
Potato	20-40	508-1,016
Pumpkin	25-30	635-762
Radish, red globe	5-10	127-254
Spinach	10-15	254-381
Squash	7-10	178-254

ที่มา: Frank J. Dainello (2012)

ตารางที่ 8.2 ปริมาณความต้องการน้ำหรือศักยภาพในการคายระเหยของพืชผักแต่ละชนิดตลอดฤดูปลูก (ต่อ)

ชนิดพืช	ปริมาณความต้องการน้ำของพืช ตลอดฤดูปลูก (นิ้วต่อพื้นที่)	ปริมาณความต้องการน้ำของพืช ตลอดฤดูปลูก (มิลลิเมตรต่อพื้นที่)
Sweetpotato	10-20	254-508
Tomato	20-25	508-635
Turnip	10-15	254-381
Watermelon	10-15	254-381

ที่มา: Frank J. Dainello (2012)

8.1.6 การคายระเหยของพืชอ้างอิงและการคายระเหยอ้างอิง (Reference crop evapotranspiration, ETrand Reference evapotranspiration, ETo)

การคายระเหยของพืชอ้างอิง หมายถึง ปริมาณน้ำที่สูญเสียดังกล่าวจากพื้นที่ปลูกพืชอ้างอิง (พืชตระกูลหญ้าหรือ ถั่วอัลฟาลฟา) ที่เติบโตคลุมดินเต็มที่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่สมบูรณ์เต็มที่สูง 8-15 เซนติเมตร เป็นค่าคงที่ที่มีการแปรผันตามสภาวะภูมิอากาศ พลังงานแสงแดด อุณหภูมิ และปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่ควบคุมอัตราการคายระเหยของน้ำจากบริเวณเพาะปลูกหนึ่ง ๆ โดยไม่มีข้อจำกัดใด ๆ ซึ่งปัจจุบันได้มีการสร้างสมการเพื่อประเมินอัตราการคายระเหยดังกล่าวจากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา โดยกำหนดให้เป็นอัตราการคายระเหยอ้างอิง (ETo) และใช้แทนอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ETr) ได้ ซึ่งค่า ETo กำหนดโดยสภาพภูมิอากาศแต่ที่แต่ละแห่งค่าจึงแตกต่างกัน และสามารถประเมินได้จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่

8.1.7 การประเมินค่ารูปแบบจำลองที่ใช้ในการประเมินค่าการคายระเหยอ้างอิงโดยใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

เนื่องจากการวัดค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ETr) โดยการใช้พืชตระกูลหญ้าหรือพืชอ้างอิงตระกูล ถั่ว (Alfalfa หรือ Lucern) ปลูกในพื้นที่ทดสอบจริงๆทำได้ยากเสียเวลาและข้อมูลที่ได้อาจไม่มีความละเอียดถูกต้องเท่าที่ควร การคำนวณค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่สามารถวัดได้ง่ายบันทึกได้แน่นอน มีเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถติดตั้งและบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ได้โดยอัตโนมัติ (Data logger) ละเอียดถูกต้องตามความต้องการจึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามรูปแบบจำลองหรือสมการที่สร้างขึ้นจากการใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในการคำนวณค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงหรืออาจเรียกว่าการคายระเหยอ้างอิง (ETo) โดยไม่จำเป็นต้องอ้างอิงพืชตระกูลหญ้าหรือตระกูลถั่วแต่อย่างใด จะให้ค่าที่น่าเชื่อถือเพียงโดยอ้อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่ใช้ในการคำนวณงบลของพลังงานว่ามีการวัดส่วนต่าง ๆ ได้ถูกต้องครบถ้วนและแม่นยำเพียงใด ซึ่งปัจจุบันองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้เสนอไว้ทั้งหมด 5 สมการด้วยกันซึ่งจะกล่าวโดยสังเขปดังต่อไปนี้

8.1.6.1 รูปแบบจำลองของ Blaney&Criddle (The Blaney and Criddle model)

เป็นวิธีที่ใช้ข้อมูลอุณหภูมิของอากาศและความยาวของช่วงแสงเวลากลางวันในการคำนวณค่าการคายระเหยอ้างอิง (ETo) Blaney and Criddle (1950) ได้ใช้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (T) และสัดส่วนของเวลากลางวัน (จำนวนชั่วโมงที่มีแสงในแต่ละวัน) โดยเฉลี่ยในแต่ละเดือนต่อแสงกลางวันตลอดปี (P) ที่เกิดระหว่างช่วงเวลาที่พิจารณาในการคำนวณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ETo, mm d⁻¹) การคำนวณอาศัยหลักการที่ว่า ETo ผัน

แปรโดยตรงกับผลรวมของผลคูณระหว่างอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งเดือนและเปอร์เซ็นต์ของความยาวนานวันที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตเมื่อความชื้นภายในดินไม่จำกัด สมการของ Blaney-Criddle เขียนได้ดังสมการ 8.5

$$ET_o = p(0.46T_{mean} + 8) \quad 8.5$$

เมื่อ T_{mean} คือ อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวัน องศาเซลเซียส
 p คือ คือสัดส่วนความยาวนานของกลางวัน โดยคำนวณเป็นจำนวนชั่วโมงที่มีแสงเฉลี่ยในแต่ละวันต่อ ปริมาณจำนวนชั่วโมงกลางวันเฉลี่ยตลอดปี ประเมินได้จากตารางค่าความยาวนานของกลางวันเฉลี่ยในแต่ละเดือนที่ละติจูดต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8.3

สำหรับวิธีการใช้ข้อมูลอุณหภูมิของอากาศและความยาวของช่วงแสงเวลากลางวันหรือรูปแบบจำลองของแบลนีย์และ คริตเติล (The Blaney and Criddle Model) ควรใช้เฉพาะช่วงของ 1 เดือน หรือระยะยาวกว่า 1 เดือนในเขตชุ่มชื้น ลมแรงและเขตเส้นรุ้งปานกลาง (Mid-latitude) ค่าผิดพลาดอาจมีได้ทั้งต่ำและสูงกว่าความจริงประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ (มัตติกา, 2548)

ตารางที่ 8.3 ค่าสัดส่วนของจำนวนชั่วโมงกลางวันที่มีแสงต่อจำนวนชั่วโมงกลางวันตลอดปี

ละติจูด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
64	3.81	5.27	8.00	9.92	12.50	13.63	13.26	11.08	8.56	6.63	4.32	3.02
62	4.31	5.49	8.07	9.80	12.11	12.92	12.73	1.87	8.55	6.80	4.70	3.65
60	4.70	5.67	8.11	9.69	11.78	12.41	12.31	10.68	8.54	6.95	5.02	4.14
58	5.02	5.84	8.14	9.59	11.50	12.00	11.96	10.52	8.53	7.06	5.30	4.54
56	5.31	5.98	8.17	9.48	11.26	11.67	11.67	10.36	8.52	7.18	5.52	4.87
54	5.56	6.10	8.19	9.40	11.04	11.42	11.42	10.22	8.50	7.28	5.74	5.16
52	5.79	6.22	8.21	9.32	10.85	11.14	11.19	10.10	8.48	7.36	5.92	5.42
50	5.99	6.32	8.24	9.24	10.68	10.92	10.99	9.99	8.46	7.44	6.08	5.65
48	6.17	6.41	8.26	9.17	10.52	10.72	10.81	9.89	8.45	7.51	6.24	5.85
46	6.33	6.50	8.28	9.11	10.38	10.53	10.65	9.79	8.43	7.58	6.37	6.05
44	6.48	6.57	8.39	9.05	10.25	10.39	10.49	9.71	8.41	7.64	6.50	6.22
42	6.61	6.65	8.30	8.99	10.13	10.24	10.35	9.62	8.40	7.70	6.62	6.39
40	6.75	6.72	8.32	8.93	10.01	10.09	10.22	9.55	8.39	7.75	6.73	6.54
38	6.87	6.79	8.33	8.89	9.90	9.96	10.11	9.47	8.37	7.80	6.83	6.68
36	6.98	6.85	8.35	8.85	9.80	9.82	9.99	9.41	8.36	7.85	6.93	6.81
34	7.10	6.91	8.35	8.80	9.71	9.71	9.88	9.34	8.35	7.90	7.02	6.93
32	7.20	6.97	8.36	8.75	9.62	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05
30	7.31	7.02	8.37	8.71	9.54	9.49	9.67	9.21	8.33	7.99	7.20	7.16
28	7.40	7.07	8.37	8.67	9.46	9.39	9.58	9.17	8.32	8.02	7.28	7.27
26	7.49	7.12	8.38	8.64	9.37	9.29	9.49	9.11	8.32	8.06	7.36	7.37
24	7.58	7.16	8.39	8.60	9.30	9.19	9.40	9.06	8.31	8.10	7.44	7.47

ที่มา: Erie *et al.*, (1965)

ตารางที่ 8.3 ค่าสัดส่วนของจำนวนชั่วโมงกลางวันที่มีแสงต่อจำนวนชั่วโมงกลางวันตลอดปี (ต่อ)

ละติจูด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
22	7.67	7.21	8.40	8.56	9.22	9.11	9.32	9.01	8.30	8.13	7.51	7.56
20	7.75	7.26	8.41	8.53	9.15	9.02	9.24	8.95	8.29	8.17	7.58	7.65
18	7.83	7.31	8.41	8.50	9.08	8.93	9.16	8.90	8.29	8.20	7.65	7.74
16	7.91	7.35	8.42	8.47	9.01	8.85	9.08	8.85	8.28	8.23	7.72	7.83
14	7.98	7.39	8.43	8.43	8.94	8.77	9.00	8.80	8.27	8.27	7.79	7.93
12	8.06	7.43	8.44	8.40	8.87	8.69	8.92	8.76	8.26	8.31	7.85	8.01
10	8.14	7.47	8.45	8.37	8.81	8.61	8.85	8.71	8.25	8.34	7.91	8.09
8	8.21	7.51	8.45	8.34	8.74	8.53	8.78	8.66	8.25	8.37	7.98	8.18
6	8.28	7.55	8.46	8.31	8.68	8.45	8.71	8.62	8.24	8.40	8.04	8.26
4	8.36	7.59	8.47	8.28	8.62	8.37	8.64	8.57	8.23	8.43	8.10	8.34
2	8.43	7.63	8.49	8.25	8.55	8.29	8.57	8.53	8.22	8.46	8.16	8.42
0	8.50	7.67	8.49	8.22	8.49	8.22	8.50	8.49	8.21	8.49	8.22	8.50

ที่มา: Erie *et al.*, (1965)

8.1.6.2 รูปแบบจำลองของพริสทลีย์และเทย์เลอร์ (Priestley and Taylor's Model)

เป็นวิธีการที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่บริเวณปลูกพืชได้รับ (Radiation method or Priestley Taylor Method) Priestley and Taylor (1972, อ้างโดย Doorendos and Kassam, 1979) ได้ศึกษาการคายระเหยของพืชอ้างอิงโดยใช้หลักการสมดุลของพลังงานความร้อนสุทธิจากรังสีอาทิตย์ที่พื้นที่บริเวณเพาะปลูกได้รับ โดยให้ความสำคัญต่อพลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศและดินเปลี่ยนแปลง และความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอขณะที่อากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ โดยไม่คำนึงถึงความเร็วของลมสภาพการเคลื่อนย้ายคลื่นความร้อนหรือการต้านทานต่อการคายระเหยของพืชในบริเวณที่เพาะปลูก ฉะนั้นในกรณีนี้ส่วนของพลังงานที่สำคัญคือพลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง (Sensible heat, H) และความร้อนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากน้ำเหลวเป็นไอน้ำ (Latent heat, λE_T) เท่านั้นและสมการสมดุลของพลังงานเขียนได้ดังสมการที่ 8.6

$$\lambda E_{To} = \alpha \left[\frac{\Delta}{(\Delta + \gamma)} \right] (R_n - G) \quad 8.6$$

เมื่อ λE_{To} คือ ปริมาณความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอซึ่งทำให้เกิดการคายระเหยของพืชอ้างอิงสู่บรรยากาศเหนือผิวพืชในปริมาณ E_{To}

R_n คือ ปริมาณพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์ (Net radiation)

G คือ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทสู่ดิน (Soil heat flux density)

Δ คือ การเปลี่ยนแปลงของความดันไออิ่มตัวต่อหนึ่งหน่วยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Slope of the saturation vapor pressure temperature curve)

γ คือ ค่าคงที่ที่เป็นสัดส่วนระหว่างการเปลี่ยนแปลงของความดันไอต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Psychrometric constant)

α คือ สัมประสิทธิ์การใช้ปรับค่าองค์ประกอบของพลังงานในการคำนวณอัตราการระเหยที่สภาพ

ภูมิอากาศที่แตกต่างกัน $\alpha = 1.26$ สำหรับพื้นที่บริเวณที่มีความชื้นสูง (Wetland) หรือเมื่อสภาพภูมิอากาศแบบชุ่มชื้น

ในกรณีที่สภาพบรรยากาศที่แห้งที่ไม่อิ่มตัว สมการนี้ไม่สามารถนำมาใช้ได้ รวมทั้งพื้นที่ในเขตแห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้งเพราะว่าไม่มีค่า α ที่เหมาะสมในการคำนวณค่า E_{To} เนื่องจากสภาพแวดล้อมดังกล่าว ความเร็วลมและการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศร้อนมีบทบาทสำคัญมาก นอกจากนี้ Priestley and Taylor ยังพบว่าค่า $\Delta/(\Delta + \gamma)$ จะผันแปรจาก 0.56 ที่อุณหภูมิพื้นผิว 10 องศาเซลเซียส จนถึง 0.82 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามต้นพืชในเขตการเกษตรที่อาศัยน้ำฝน เมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำหลังจากฝนตกหนัก ซึ่งความกดดันของอากาศ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศเหนือบริเวณพื้นผิวพืชที่ปลูกแตกต่างจากบริเวณภายในพื้นที่เพาะปลูกโดยรวม ดังนั้นการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศร้อนที่ปรากฏอาจจะเป็นการเคลื่อนที่ของพลังงานที่ปรากฏทั้งภายในและภายนอกของบริเวณปลูกพืชและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการคายระเหยอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สมการของ Priestley and Taylor จึงเหมาะสมที่จะใช้ในการคำนวณการคายระเหยในพื้นที่ดังกล่าวแต่ในสภาพที่อุณหภูมิสูงเกินไป ค่าผิดพลาดอาจเป็นไปได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูร้อน

8.1.6.3 รูปแบบจำลองของเพ็นแมน (Penman's Model)

เป็นวิธีการใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่สมบูรณ์โดยรวมค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่บริเวณปลูกพืชได้รับร่วมกับความชื้นของบรรยากาศและความเร็วลมในการประเมินค่าศักยภาพการคายระเหย (E_{To}) Penman (1956) ได้เสนอแบบจำลองที่ใช้คำนวณค่าศักยภาพการคายระเหยหรือการคายระเหยอ้างอิง (E_{To}) โดยอาศัยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาต่าง ๆ ที่ค่อนข้างสมบูรณ์ เช่น อุณหภูมิอากาศ ความชื้นของบรรยากาศ ความเร็วลมและช่วงระยะเวลาการรับแสง หรือปริมาณพลังงานรังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์ ซึ่งสมการของ Penman นี้ได้รวมเอาค่าปัจจัยต่าง ๆ เพิ่มเติมจากสมการของ Priestley and Taylor อีกมากมาย ซึ่งเขียนได้ดังสมการ 8.7

$$\lambda E_{To} = \left[\frac{\Delta}{(\Delta + \gamma)} \right] (R_n - G) + 6.43 \left[\frac{\gamma}{(\Delta + \gamma)} \right] (e_s - e_d) W_f \quad 8.7$$

เมื่อ λE_{To} คือ ปริมาณความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอซึ่งทำให้เกิดการคายระเหยของพืชอ้างอิงสู่บรรยากาศเหนือผิวพืชในปริมาณ E_{To}

R_n คือ ปริมาณพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์ (Net radiation)

G คือ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายทอดสู่ดิน (Soil heat flux density)

Δ คือ การเปลี่ยนแปลงของความดันไออิ่มตัวต่อหนึ่งหน่วยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Slop of the saturation vapor pressure temperature curve)

γ คือ ค่าคงที่ที่เป็นสัดส่วนระหว่างการเปลี่ยนแปลงของความดันไอต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Psychrometric constant)

$E_s - e_d$ คือ ความแตกต่างของความดันไอของบรรยากาศอิ่มตัวและความดันไอปกติขณะพิจารณา (kPa)

W_f คือ ค่าผันแปรเนื่องจากความเร็วของลมที่ระดับความสูง 2 เมตร. (U_2 , ms^{-1}) คำนวณจากสมการว่าด้วยความเร็วของลม (Wind speed function, $W_f = a + bU_2$) ซึ่ง a และ b มีค่าผันแปรค่อนข้างสูงตามสภาพแวดล้อม เนื่องจากเป็นสมการที่ได้จากการทดลอง (Empirical formula) รายละเอียดสามารถศึกษาได้จาก Allen *et al.* (1998)

สมการนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อสมการรวมของเพ็นแมน (Penman combination equation) เพราะรวมอิทธิพลเกี่ยวกับพลังงานความร้อนแฝงการกลายเป็นไอ พลังงานที่เพิ่มอุณหภูมิ และบทบาทของลมเข้าไว้ด้วยกัน อย่างไรก็ตามสมการนี้ยังไม่ใช้รูปแบบจำลองที่สมบูรณ์ เพราะว่ามีลักษณะของพืช เช่น ปากใบและสาร

เคลื่อนผิวใบรวมถึงความต้านทานต่อการคายระเหยจากลักษณะการเจริญเติบโตของพืช และการเคลื่อนที่ของ กระแสอากาศร้อนยังไม่ได้ถูกรวมไว้ในสมการดังกล่าวให้ค่าความผิดพลาดอาจเป็นไปได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้ สภาพการระเหยน้ำต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์สูงซึ่งต่อมามีการศึกษาและปรับปรุงสมการรวมของเพ็นแมนให้สมบูรณ์ ขึ้น โดยพยายามรวมเอาความต้านทานต่อการคายระเหยจากการเคลื่อนย้ายของกระแสอากาศและลักษณะความ ต้านทานของพืชเข้าไว้ในสมการโดยมีชื่อสมการใหม่ว่าสมการเอฟเอโอ-เพ็นแมน-มอนทีซ (FAO Penman-Monteith equation)

8.1.6.4 รูปแบบจำลองของ FAO Penman-Monteith

เป็นรูปแบบจำลองของเพ็นแมน-มอนทีซ (Penman-Monteith's Model) ที่มีวิธีการประเมินค่า ETo โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่สมบูรณ์ของเพ็นแมนร่วมกับลักษณะของพืช (The Modified Penman-Monteith Combination Method) เป็นวิธีที่ยอมรับกันมากที่สุดในการคำนวณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ETo) และ ทดสอบแล้วว่าสามารถประยุกต์ใช้งานได้ทั่วโลก (สมการ 8.8) (Allen *et al.*, 1998, อ้างโดย มัตติกา, 2548) ซึ่ง อาศัยหลักการรวมงบดุลของพลังงานความร้อน ความต้านทานในการคายน้ำของพืช และลักษณะทางกลศาสตร์ที่ เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอากาศเข้าไว้ในสมการของเพ็นแมน

รูปแบบจำลองนี้ได้รวมลักษณะการเคลื่อนย้ายของมวลอากาศ (Aerodynamic) และการเปลี่ยนแปลง พลังงานความร้อน (Thermodynamic) ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายพลังงานความร้อนและไอน้ำเข้าไว้รวมกับ การเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนซึ่งความต้านทานของอากาศ (Aerodynamic resistance, R_a) และแรง ต้านทานการเคลื่อนที่ของไอน้ำออกจากผิวใบพืช (Crop resistance, R_c) รวมทั้งค่าคงที่ psychrometric (γ) ซึ่ง ให้ค่าผิดพลาดต่ำสุดไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ดังสมการที่ 8.8

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad 8.8$$

เมื่อ λ	คือ	สัมประสิทธิ์ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ 590 MJ kg ⁻¹
ETo	คือ	การคายระเหยของพืชอ้างอิงที่ได้รับพลังงานความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (λETo , MJ m ⁻² d ⁻¹)
Δ	คือ	ค่าสัดส่วนระหว่างการเปลี่ยนแปลงแรงดันไอที่อิ่มตัวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (des/dT, kPa °C ⁻¹)
γ	คือ	ค่าคงที่ที่เป็นสัดส่วนระหว่างการเปลี่ยนแปลงของความดันไอต่อการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ (Psychrometric constant, kPa °C ⁻¹)
G	คือ	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทสู่ดิน (Soil heat flux density, MJ m ⁻² d ⁻¹)
T	คือ	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของอากาศที่ความสูง 2 เมตร จากผิวใบพืช (°C)
Rn	คือ	คือพลังงานรังสีสุทธิที่วัดได้จากพื้นผิวที่ปลูกพืช
U ₂		ความเร็วของกระแสลมที่ระดับความสูง 2 เมตร (m.s ⁻¹)
es-ed		ความแตกต่างของความดันไอของบรรยากาศอิ่มตัวและความดันไอปกติขณะพิจารณา (kPa)

8.1.6.5 วิธีการวัดการคายระเหยของพืชจากการใช้ถาดวัดการระเหย (Pan Evaporation method)

เป็นวิธีการวัดการคายระเหยจากการใช้ถาดวัดการระเหย (Pan Evaporation) โดยการรวมผลของพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ กระแสลม อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่มีผลต่อการระเหยจากผิวน้ำอิสระ ที่ใช้พลังงานความร้อนแฝงในการระเหยจากถาดระเหย ที่คล้ายคลึงกับการคายระเหยจากดินและพืช ค่าการคายระเหยอ้างอิง (Reference Evapotranspiration, ETo) และค่าศักยภาพการคายระเหยของพืชหรือค่าความต้องการน้ำของพืช (ETp) คำนวณจากสมการ 8.9 และ 8.10 ตามลำดับ

$$ETo = KpEpan \quad 8.9$$

$$ETcp = KcETo = KcKpEpan \quad 8.10$$

เมื่อ $Epan$ คือ ค่าเฉลี่ยของการคายระเหยจากถาดระเหย ($mm\ d^{-1}$)
 Kp คือ คือสัมประสิทธิ์ของถาดระเหย ซึ่งมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 0.9 ตามชนิดของถาดระเหย สิ่งแวดล้อมและตำแหน่งที่ทำการติดตั้งถาดระเหย (Doorenbos and Pruitt, 1979)

สำหรับการวัด ETo โดยใช้ถาดระเหยเป็นวิธีการที่ประหยัดที่สามารถใช้กำหนดความต้องการในการระเหย (Evaporation demand) ในบริเวณที่ศึกษาเฉพาะที่ซึ่งไม่มีการผันแปรจากฤดูกาลหนึ่งสู่ฤดูกาลหนึ่ง (Shouse *et al.* 1982) อย่างไรก็ตามมีปัจจัยหลักต่าง ๆ หลายปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในการสูญเสียน้ำระหว่างการคายระเหยของพืชจากถาดระเหย คือการสะท้อนกลับของพลังงานรังสีดวงอาทิตย์จากผิวน้ำประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ แต่จากผิวน้ำอิสระจะมีประมาณ 5-8 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น นอกจากนี้ ความร้อนที่กักเก็บในถาดระเหยอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการระเหยในช่วงเวลากลางคืนและกลางวันในฤดูร้อนใกล้เคียงกัน ในขณะที่การคายระเหยของพืชเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวันเท่านั้น เพราะฉะนั้นในการติดตั้งถาดระเหย ชนิดของถาดและสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ถาด เช่น ความเร็วลม ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศล้วนมีผลต่อข้อมูลที่วัดได้ โดยเฉพาะเมื่อถาดระเหยติดตั้งภายในแปลงที่ว่างเปล่าปราศจากพืช ผลกระทบเหล่านี้สามารถทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดระเหยเกิดความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งและทำให้การประเมินความต้องการใช้น้ำของพืชมีความผิดพลาดมากขึ้น (Doorenbos and Pruitt, 1977, อ้างโดย มัตติกา, 2548)

ถาดวัดการระเหยที่นิยมใช้กันทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิด คือ Class A evaporationpan และ Colorado sunken pan โดย Class A evaporationpan มีลักษณะเป็นถาดหน้าตัดกลม ทำด้วยเหล็กเคลือบสังกะสี (galvanized iron) หนา 0.8 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 120.7 เซนติเมตร ลึก 25 เซนติเมตร ติดตั้งบนโครงไม้โปร่งสูงจากพื้นดิน 15 เซนติเมตร ส่วน Colorado sunken pan มีลักษณะเป็นถาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีด้านกว้างยาว 92 เซนติเมตร (3 ฟุต) ลึก 46 เซนติเมตร หรืออาจกว้างยาว 100 เซนติเมตร ลึก 50 เซนติเมตร ก็ได้ทำด้วยเหล็กหนา 3 มิลลิเมตร ติดตั้งโดยฝังลึกลงไปในพื้นที่ดิน ให้ขอบบนโผล่จากผิวดิน 5 เซนติเมตร ก่อนการวัดการระเหยน้ำในถาดวัดระเหยทั้ง 2 ชนิด ควรให้ระดับน้ำในถาดต่ำกว่าขอบบน 5-7.5 เซนติเมตร และควรมีช่องวัดระดับน้ำ (Stilling well) เพื่อป้องกันการกระเพื่อมของน้ำในถาดเวลาที่มีลมแรง

วิธีการคำนวณค่าการคายระเหยอ้างอิง (ETo) ดังกล่าวข้างต้นเป็นการข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาโดยเฉลี่ยประจำวันหรือประจำเดือน (30 วัน) หน่วยของ ETo แสดงค่าเป็นมิลลิเมตรต่อหน่วยเวลา เช่น มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงหนึ่ง ๆ การจะเลือกวิธีใดสำหรับประเมินค่าการคายระเหยอ้างอิงนั้น ขึ้นกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาว่ามีอยู่มากน้อยสมบูรณ์เพียงใดและค่าปริมาณความต้องการน้ำของพืชนั้นต้องการความละเอียด

ถูกต้องแม่นยำเพียงพอ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณค่าการคายระเหยอ้างอิง (ET_o) จากสมการ 8.4 (มัตติกา, 2548)

ตารางที่ 8.4 แสดงข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณค่าการคายระเหยอ้างอิง (ET_o) จากสมการ หรือรูปแบบจำลองต่าง ๆ ที่นิยมใช้กันทั่วไป

Method	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม	ความยาวกลางวัน	พลังงานแสงอาทิตย์	การระเหย	สถานะแวดล้อม
Blaney&Criddle	*	0	0	0			0
Priestley & Taylor	*	0	0	*	(*)		0
Penman	*	*	*	*	(*)		0
Penman-Monteith	*	*	*	*	*		*
Pan -Evaporation		0	0			*	*

หมายเหตุ: *ข้อมูลที่สามารถวัดได้ ; 0 ข้อมูลที่คำนวณโดยประมาณ ; (*) ข้อมูลที่อาจใช้ได้แต่ไม่จำเป็น
ที่มา: มัตติกา (2548)

มัตติกา (2548) กล่าวว่าจากวิธีการประเมินค่าการคายระเหยอ้างอิง (ET_o) 5 วิธี ที่กล่าวมาข้างต้น มีกฎเกณฑ์การคำนวณที่คล้ายคลึงกันในการคำนวณค่า ET_o โดยใช้ข้อมูลทางสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลา 10-30 วัน นิยมแสดงในหน่วย มิลลิเมตรต่อวัน และเป็นตัวแทนของค่าเฉลี่ยในช่วงนั้น ๆ อย่างไรก็ตามค่า ET_o ที่แท้จริงจะมีความผันแปรจากวันต่อวัน ดังนั้นการคำนวณใช้ ET_o ในช่วงเวลาสั้น ๆ น่าจะมีความถูกต้องมากกว่าในช่วงเวลายาวนาน รูปแบบจำลองที่ใช้หรือเลือกวิธีการต่างๆขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือและความเป็นประโยชน์ของข้อมูลทางภูมิอากาศ (อุตุนิยมวิทยา) และต้องการความแม่นยำในการกำหนดความต้องการใช้น้ำของพืชระดับใด ซึ่ง Doorenbos and Pruitt (1977, อ้างโดย มัตติกา, 2548) ได้ให้ความเห็นว่า ค่าที่ประเมินได้จากสมการของ Penman น่าจะให้ผลที่ดีและมีความผิดพลาดน้อยคือ ผิดพลาดประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในช่วงฤดูร้อนและ 20 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพที่มีการระเหยต่ำ วิธีการวัดโดยใช้ถาดระเหยเป็นวิธีที่ตรงลงมา ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน สำหรับวิธีของ Blaney -Criddle ควรมีการประยุกต์ใช้ในช่วงเวลาที่นานกว่า 1 เดือนเท่านั้น ซึ่งวิธีการนี้จะให้ความคลาดเคลื่อนในการคาดคะเนมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ภายใต้ สภาพอากาศที่ชื้นและมีลมแรงในช่วงฤดูหนาว สำหรับวิธีของ FAO-Penman-Monteith เป็นวิธีการที่ให้ความถูกต้องแม่นยำและน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยเฉพาะเมื่อมีการวัดค่าความเร็วลมและพลังงานรังสีสุทธิที่บริเวณปลูกพืชได้รับในที่เพาะปลูกเฉพาะแห่งและมีการวัดค่าพลังงานความร้อนที่ถ่ายทอดสู่ดิน (Soil heat flux density) โดยการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่ทันสมัยและมีการบันทึกข้อมูลเก็บไว้ตลอดฤดูกาลเพาะปลูกหรือตลอดปีโดยใช้ Data logger ค่าปริมาณการคายระเหยอ้างอิง (ET_o) หรือศักยภาพการคายระเหย (ET_p) ที่คำนวณได้จากรูปแบบจำลองของ FAO-Penman-Monteith ก็จะถูกต้องแม่นยำน่าเชื่อถือและนำไปใช้วางแผนการจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8.1.7 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่ใช้คำนวณการคายระเหยอ้างอิง (Meteorological factors determining ETo)

ปริมาณการคายระเหยของพืชใด ๆ ก็ตามขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวกับการให้พลังงานที่ทำให้ให้น้ำในสถานะของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำและการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากพื้นที่ผิวที่กำลังระเหยน้ำขึ้นสู่บรรยากาศ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวประกอบด้วย

8.1.7.1 พิกัดตำแหน่งของพื้นที่ (Location)

พิกัดตำแหน่งของพื้นที่ ได้แก่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมีหน่วยเป็นเมตร (Z) และเส้นรุ้งองศาเหนือหรือใต้ รวมทั้งเส้นแวงซึ่งกำหนดเป็นองศาตะวันออกและตะวันตก โดยข้อมูลพิกัดตำแหน่งนี้จะใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์บางค่า สำหรับค่าเฉลี่ยของความกดอากาศซึ่งเป็นสมการของระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล และใช้ในการคำนวณรังสีดวงอาทิตย์เหนือชั้นบรรยากาศของโลก (Ra) ในกรณีที่ใช้ในการคำนวณค่าความยาวนานวัน (N) สูงสุดที่จะเป็นไปได้ และการคำนวณทั้งสองค่านี้ต้องแปลงหน่วยของค่าเส้นรุ้งให้เป็นเรเดียน โดยค่าเส้นรุ้งเป็นค่าบวกสำหรับพื้นที่ในซีกโลกเหนือและเป็นค่าลบสำหรับพื้นที่ในซีกโลกใต้ (Allen *et al.*, 1998, อ้างโดย มัตติกา, 2548)

8.1.7.2 รังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation, Ra)

รังสีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญมากในการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวเป็นไอน้ำแล้วระเหยขึ้นสู่บรรยากาศโดยระดับของรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและตำแหน่งเส้นรุ้งและเส้นแวง รวมทั้งระดับความสูงจากน้ำทะเลปานกลางของพื้นที่ตลอดจนสภาพบรรยากาศการปกคลุมของเมฆซึ่งมีผลต่อการสะท้อนกลับของซึ่งส่งผลต่อการสะสมความร้อนของบรรยากาศและพื้นผิวดิน (Allen *et al.*, 1998, อ้างโดย มัตติกา, 2548)

8.2.7.3 อุณหภูมิและความชื้นอากาศ (Air temperature and humidity)

ชั้นบรรยากาศของโลกดูดซับความร้อนและมีการสะท้อนกลับของรังสีทำให้เพิ่มความร้อนขึ้นโดยธรรมชาติความร้อนของมวลอากาศ (Sensible heat) เคลื่อนย้ายพลังงานสู่ต้นพืชและส่งผลต่ออัตราการคายระเหยจากพื้นที่ต่างๆโดยตรงในสภาพอากาศร้อนและมีแสงแดดส่องเต็มพื้นที่มีอัตราการคายระเหยมากกว่าในสภาพที่มีอากาศเย็นและมีเมฆปกคลุมพื้นผิว

ส่วนความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างพื้นผิว และอากาศรอบ ๆ พื้นผิวเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการสูญเสียของไอน้ำจากพื้นผิวดังตัวอย่างเช่นในสภาพอากาศร้อนพื้นผิวที่ได้รับน้ำชลประทานอย่างเต็มที่ที่มีศักยภาพสูงมากในการระเหยน้ำหรือพื้นผิวดินในช่วงกลางวันมีแสงแดดร้อนจัดมีความสามารถสูงในการระเหยน้ำที่ตกลงบนพื้นผิวดินเป็นต้นในพื้นที่เขตร้อนชื้น (Humid tropical regions) แม้ว่าจะมีพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นปริมาณมากแต่บรรยากาศมีความชื้นค่อนข้างสูงย่อมมีอัตราการคายระเหยในอัตราน้อยกว่าพื้นที่ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเนื่องจากอากาศมีไอน้ำอยู่เป็นปริมาณมากหรือเกือบอิ่มตัวด้วยไอน้ำและมีอัตราการคายระเหยน้อยกว่าพื้นที่เขตร้อนและแห้งแล้ง (Arid regions)

8.1.7.4 ความเร็วลม (Wind speed)

กระบวนการเคลื่อนที่ของไอน้ำขึ้นอยู่กับกระแสลม (Wind turbulence) และความแปรเปลี่ยนของมวลอากาศ (Air turbulence) ซึ่งจะถ่ายเทไอน้ำจากพื้นที่ผิวขึ้นสู่บรรยากาศ หรือจากบริเวณหนึ่งไปยังบริเวณใกล้เคียงในขณะที่น้ำกลายเป็นไอน้ำนั้นอากาศเหนือพื้นผิวมีความดันไอน้ำเพิ่มขึ้นตามลำดับที่ละเล็กละน้อย

น้อยและอัตราการคายระเหยจะลดลงตามลำดับหากอากาศร้อนและแห้งไม่ไหลเวียนเข้ามาแทนที่อากาศที่ชื้นและกำลังอิ่มตัวด้วยไอน้ำ

ปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นต่างมีผลแสดงออกร่วมกันกับอัตราการคายระเหยของบริเวณที่ปลูกพืชหนึ่งๆ โดยพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันของสภาพความชื้น และอุณหภูมิของบรรยากาศ เช่น ในเขตร้อนและแห้ง (Hot and dry) ย่อมมีอัตราการคายระเหยสูงกว่าเขตอบอุ่นและชื้น เนื่องจากความแห้งของอากาศและพลังงานที่มีในระดับสูงช่วยให้การคายระเหยมีอัตราสูงกว่า

นอกจากนี้ยังมีกระแสลมที่ช่วยให้มีการถ่ายเทอากาศและไอน้ำได้เป็นอย่างดีตรงกันข้ามในพื้นที่เขตร้อนชื้น (Humid conditions) ซึ่งอากาศมีความชื้นสูงและมีเมฆปกคลุมทำให้อัตราการคายระเหยน้อยกว่าพื้นที่เขตร้อนและแห้งอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วมีผลต่ออัตราการคายระเหยอย่างมีนัยสำคัญ ถ้าสภาพอากาศมีความแห้งมากยิ่งมีผลต่ออัตราการคายระเหยอ้างอิงและทำให้ความลาดชันเพิ่มขึ้นในพื้นที่เขตร้อนชื้น กระแสลมมีส่วนช่วยให้เกิดการถ่ายเทของมวลอากาศที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำแต่มีผลน้อยกว่าในพื้นที่ร้อนและแห้ง (Allen *et al.*, 1998, อ้างโดย มัตติกา, 2548)

8.1.8 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, Kc)

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชผักแต่ละชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 8.5 และ 8.6 และจากสมการ 8.4 ชี้ให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, Kc) หมายถึงสัดส่วนระหว่างศักยภาพการใช้น้ำหรือการคายระเหยของพืช (ET_{cp}) ต่อปริมาณการคายระเหยอ้างอิง (ET_o) ดังสมการที่ 8.11

$$Kc = ET_{cp}/ET_o \quad 8.11$$

ค่า Kc เป็นตัวเลขแสดงอัตราส่วนของค่า ET_c และ ET_o และเป็นดัชนีชี้ลักษณะความแตกต่างระหว่างแปลงหญ้าอ้างอิงและแปลงพืชซึ่งมีอยู่ 4 ลักษณะ ได้แก่

1. ความสูงของต้นพืช (Crop height) ซึ่งมีผลต่อพลวัตของกระแสลม (ra) และมีปรากฏในสมการ Penman-Monteith ถึงสองแห่งด้วยกัน
2. การสะท้อนแสง (Albedo) ของผิวดินและทรงพุ่มพืช การสะท้อนแสงขึ้นกับสัดส่วนของผิวดินที่ถูกปกคลุมด้วยทรงพุ่มพืชและความชื้นของผิวดิน การสะท้อนแสงมีผลโดยตรงต่อระดับรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกถึงพื้นผิว (R_n) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักของกระบวนการคายระเหย
3. การต้านทานของทรงพุ่มพืช (Canopy resistance) การต้านทานของทรงพุ่มพืชที่การถ่ายเทไอน้ำได้รับอิทธิพลโดยตรงจากพื้นที่ในช่วงอายุและสภาพของใบพืชและความสามารถในการควบคุมปากใบ ซึ่งการต้านทานของทรงพุ่มพืชมีโดยตรงต่อค่า r_s
4. การระเหยน้ำจากดิน โดยเฉพาะผิวดินที่ไม่มีทรงพุ่มพืชปกคลุม ความชื้นของผิวดินและสัดส่วนของผิวดินที่ถูกปกคลุมด้วยทรงพุ่มพืชมีผลต่อการต้านของพื้นผิว (Surface resistance, r_s) หลังการให้น้ำแก่แปลงพืช อัตราการถ่ายเทไอน้ำจากผิวดินจะอยู่ใน ระดับสูงโดยเฉพาะในแปลงพืชที่ทรงพุ่มพืชยังไม่ปกคลุมทั่วผิวดิน ค่า Kc ทำให้คาดการณ์ได้ว่าค่า ET_c ภายใต้การผลิตพืชในพื้นที่ขนาดใหญ่ มีการจัดการดูแลรักษาด้านน้ำและธาตุอาหารอย่างยอดเยี่ยม ซึ่งเป็นค่าแสดงระดับสูงสุดของการคายระเหย และสามารถปรับให้เข้ากับสภาพการผลิตพืชที่ไม่สมบูรณ์ได้และเมื่อพืชขาดน้ำสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) จะเปลี่ยนเป็นสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช (K_s)

ตารางที่ 8.5 คำนวณสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

Crop	Initial stage	Crop Developing stage	Mid-season stage	Late season stage
Barley/Oats/Wheat	0.35	0.75	1.15	0.45
Bean, green	0.35	0.70	1.10	0.90
Bean, dry	0.35	0.70	1.10	0.30
Cabbage/Carrot	0.45	0.75	1.05	0.90
Cotton/Flax	0.45	0.75	1.15	0.75
Cucumber/Squash	0.45	0.70	0.90	0.75
Eggplant/Tomato	0.45	0.75	1.15	0.8
Grain/small	0.45	0.75	1.10	0.65
Lentil/Pulses	0.45	0.75	1.10	0.5
Lettuce/Spinach	0.45	0.6	1.00	0.9
Maize,sweet	0.40	0.80	1.15	1.00
Maize,grain	0.40	0.80	1.15	0.70
Melon	0.45	0.75	1.00	0.75
Millet	0.35	0.70	1.10	0.65
Onion,green	0.50	0.70	1.00	1.00
Onion,dry	0.50	0.75	1.05	0.85
Peanut/Groundnut	0.45	0.75	1.05	0.70
Pea,fresh	0.45	0.80	1.15	1.05
Pepper,fresh	0.35	0.70	1.05	0.90
Potato	0.45	0.75	1.15	0.85
Radish	0.45	0.60	0.90	0.90
Cucumber/Squash	0.45	0.70	0.90	0.75
Eggplant/Tomato	0.45	0.75	1.15	0.80

หมายเหตุ: ในกรณีที่พื้นที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ มีความเร็วลมน้อยกว่า 2 เมตรต่อวินาที ควรปรับลดค่า Kc ลง 0.05 และในกรณีที่พื้นที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีความเร็วลมสูงมากกว่า 5 เมตรต่อวินาที ควรปรับค่า Kc ขึ้น 0.05

ที่มา: Brouwer and Heibloem (1986)

ตารางที่ 8.5 คำนวณสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ต่อ)

Crop	Initial stage	Crop Developing stage	Mid-season stage	Late season stage
Grain/small	0.35	0.75	1.10	0.65
Lentil/Pulses	0.45	0.75	1.10	0.50
Lettuce/Spinch	0.45	0.60	1.00	0.90
Maize,sweet	0.40	0.80	1.15	1.00
Maize,grain	0.40	0.80	1.15	0.70
Melon	0.45	0.75	1.00	0.75
Millet	0.35	0.70	1.10	0.65
Onion,green	0.50	0.70	1.00	1.00
Onion,dry	0.50	0.75	1.05	0.85
Peanut/Groundnut	0.45	0.75	1.05	0.70
Pea,fresh	0.45	0.80	1.15	1.05
Pepper,fresh	0.35	0.70	1.05	0.90
Potato	0.45	0.75	1.15	0.85
Radish	0.45	0.60	0.90	0.90
Sorghum	0.35	0.75	1.10	0.65
Soybean	0.35	0.75	1.10	0.60
Sugarbeet	0.45	0.80	1.15	0.80
Sunflower	0.35	0.75	1.15	0.55
Tobacco	0.35	0.75	1.10	0.90

หมายเหตุ: ในกรณีที่พื้นที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ มีความเร็วลมน้อยกว่า 2 เมตรต่อวินาที ควรปรับลดค่า Kc ลง 0.05 และในกรณีที่พื้นที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีความเร็วลมสูงมากกว่า 5 เมตรต่อวินาที ควรปรับค่า Kc ขึ้น 0.05

ที่มา: Brouwer and Heibloem (1986)

ตารางที่ 8.6 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, Kc) แต่ช่วงการเจริญเติบโต ภายใต้สภาวะ
อากาศแบบต่าง ๆ

Crop	Humidity		RHmin>70%		RHmin< 20%	
	Wind m/sec		0-5	5-8	0-5	5-8
	Crop stage					
All field crops	Initial	1				
All field crops	Crop dev.	2				
Artichokes (Perennial-clean cultivated)	Mid-season at harvest or maturity	3	0.95	0.95	1.00	1.05
		4	0.90	0.90	0.95	1.00
Barley		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.25	0.25	0.20	0.20
Beans (green)		3	0.95	0.95	1.00	1.05
		4	0.85	0.85	0.90	0.90
Beans (dry)		3	1.05	1.10	1.15	1.20
Pulses		4	0.30	0.30	0.25	0.25
Beets(table)		3	1.00	1.00	1.05	1.10
		4	0.90	0.90	0.95	1.00
Carrots		3	1.00	1.05	1.10	1.15
		4	0.70	0.75	0.80	0.85
Castor beans		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.50	0.50	0.50	0.50
Celery		3	1.00	1.05	1.10	1.15
		4	0.90	0.95	1.00	1.05
Corn (sweet maize)		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.95	1.00	1.05	1.10
Corn (grain maize)		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.95	1.00	1.05	1.05
Cotton		3	1.05	1.15	1.20	1.25
		4	0.65	0.65	0.65	0.70
Crucifers (cabbage, cauliflower, broccoli and Brussels sprout)		3	0.95	1.00	1.05	1.10
		4	0.80	0.85	0.90	0.95
Cucumber Fresh market Machine harvest		3	0.90	0.90	0.95	1.00
		4	0.70	0.70	0.75	0.80
		4	0.85	0.85	0.95	1.00

ที่มา: Doorenbos and Pruitt (1984)

ตารางที่ 8.6 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของผัก (Crop coefficient, Kc) แต่ช่วงการเจริญเติบโต ภายใต้สภาวะ
อากาศแบบต่าง ๆ (ต่อ)

Crop	Humidity		RHmin>70%		RHmin< 20%	
	Wind m/sec		0-5	5-8	0-5	5-8
	Crop stage					
All field crops	Initial	1				
All field crops	Crop dev.	2				
Cucumber Fresh market Machine harvest	Mid-season at	3	0.90	0.90	0.95	1.00
	harvest or maturity	4	0.70	0.70	0.75	0.80
		4	0.85	0.85	0.95	1.00
Egg plant (aborigine)		3	0.95	1.00	1.05	1.10
		4	0.80	0.85	0.85	0.90
Flax		3	1.00	1.05	1.10	1.15
		4	0.25	0.25	0.20	0.20
Grain		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.30	0.30	0.25	0.25
Lentil		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.30	0.30	0.25	0.25
Lettuce		3	0.95	0.95	1.00	1.05
		4	0.0	0.90	0.90	1.00
Melons		3	0.95	0.95	1.00	1.05
		4	0.65	0.65	0.75	0.75
Millet		3	1.00	1.05	1.00	1.15
		4	0.30	0.30	0.25	0.25
Oats		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.25	0.25	0.20	0.20
Onion (dry)		3	0.95	0.95	1.05	1.10
		4	0.75	0.75	0.80	0.85
Onion (green)		3	0.95	0.95	1.00	1.05
		4	0.95	0.95	1.00	1.05
Peanuts (groundnuts)		3	0.95	1.00	1.05	1.10
		4	0.55	0.55	0.60	0.60
Peas		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.95	1.00	1.05	1.10
Peppers (fresh)		3	0.95	1.00	1.05	1.10
		4	0.80	0.85	0.85	0.90

ที่มา: Doorenbos and Pruitt (1984)

ตารางที่ 8.6 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของผัก (Crop coefficient, Kc) แต่ช่วงการเจริญเติบโต ภายใต้สภาวะอากาศแบบต่าง ๆ (ต่อ)

Crop	Humidity		RHmin>70%		RHmin< 20%	
	Wind m/sec		0-5	5-8	0-5	5-8
	Crop stage					
All field crops	Initial	1				
All field crops	Crop dev.	2				
Potato	Mid-season at	3	3	1.05	1.10	1.15
	harvest or maturity	4	4	0.70	0.70	0.75
Radishes		3	0.80	0.80	0.85	0.85
		4	0.75	0.75	0.80	0.85
Safflower		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.25	0.25	0.20	0.20
Sorghum		3	1.00	1.05	1.10	1.15
		4	0.50	0.50	0.55	0.55
Soybeans		3	1.00	1.05	1.10	1.15
		4	0.45	0.45	0.45	0.45
Spinach		3	0.95	0.95	1.00	1.05
		4	0.90	0.90	0.95	1.00
Squash		3	0.90	0.90	0.95	1.00
		4	0.70	0.70	0.75	0.80
Sugar beet		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.90	0.95	1.00	1.00
	No irrigation last month	4	0.60	0.60	0.60	0.60
Sunflower		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.40	0.40	0.35	0.35
Tomato		3	1.05	1.10	1.20	1.25
		4	0.60	0.60	0.65	0.65
Wheat		3	1.05	1.10	1.15	1.20
		4	0.25	0.25	0.20	0.20

ที่มา: Doorenbos and Pruitt (1984)

8.1.9 สัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช (Water stress coefficient, Ks)

มัตติกา (2548) ได้อธิบายไว้ว่า สัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช (Water stress coefficient, Ks) หมายถึง สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในกรณีที่พืชมีการดูดน้ำไปใช้ได้น้อยลงเนื่องจากน้ำที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available watercontent, AWC₀) มีปริมาณลดลงส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชไม่เต็มที่ ทำให้ค่า Kc ต่ำกว่าค่ามาตรฐานและต้องปรับเปลี่ยนไปโดยการคูณด้วยสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช (Ks) ซึ่งค่า Ks เป็นผลกระทบจากการลดลงของความชื้นในดินจนพืชแสดงอาการขาดน้ำทำให้การดูดกลืนน้ำและธาตุอาหารพืชลดลง ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตช้าลง อย่างไรก็ตามพืชที่ปลูกในดินปกติที่ไม่เป็นกรดหรือด่างจัด และไม่มีผลกระทบจากเกลือในดินภายใต้สภาพเกษตรน้ำฝนโดยทั่วไปการคำนวณค่า Ks อาจคำนวณได้จากกรณีที่ความ

เป็นประโยชน์ของน้ำในดินลดลง มากจนพืชเริ่มแสดงอาการขาดน้ำค่าสัมประสิทธิ์การขาดน้ำ (K_{sw}) ของพืช คำนวณได้จากสมการ 8.12

$$K_s = (TAW - DAW) / (TAW - RAW) = (TAW - DAW) / (1 - p) TAW \quad 8.12$$

เมื่อ	K_s	คือ	สัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช (Water stress coefficient)
	TAW	คือ	ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ทั้งหมดหรือความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ในบริเวณรากพืช (Total available water or Available water capacity in root, TAW or AWCa)
	RAW	คือ	เป็นค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์เต็มที่ในบริเวณรากพืช (Readily available water in the root zone) ซึ่งพืชจะไม่แสดงอาการขาดน้ำ
	DAW	คือ	ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ที่ลดลงในบริเวณรากพืช และพืชเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ (Decreased available water) นิยมใช้เมื่อความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินลดเหลือร้อยละ 50 ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์
	p	คือ	สัดส่วนของความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินที่รากไม่แสดงอาการขาดน้ำต่อความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินซึ่งนิยมใช้ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณรากพืช ($p = RAW/TAW$)

Panomtaranichagul (1997) ได้แสดงสมการที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช โดยใช้หลักการว่า ขณะที่อัตราการดูดกลืนน้ำของพืชลดลงเนื่องจากน้ำในดินมีความเป็นประโยชน์ลดลง เมื่อความชื้นที่เป็นประโยชน์ลดลง ($AWCo$) ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ ($AWCa$ or TAW) สัดส่วนของความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินต่อความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ในขณะนั้น ๆ ในดิน (Available water fraction) คือ AWf สามารถนำมาสร้างสมการเพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชได้เมื่อกำหนดให้ FC คือ ความจุความชื้นในสนามหรือ ความจุความชื้นสูงสุดที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้ (Field capacity) ส่วน WP คือ ความชื้นต่ำสุดที่พืชยังคงรักษาความเต่งตึงของเซลล์ไว้ได้ (Permanent wilting point) หากความชื้นต่ำกว่า WP พืชจะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำและจะเริ่มเหี่ยวอย่างถาวร θ คือ ความชื้นในดินขณะใดขณะหนึ่ง จากรูปที่ 8.1 อาจเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$TAW = AWCa = FC - WP \quad 8.13$$

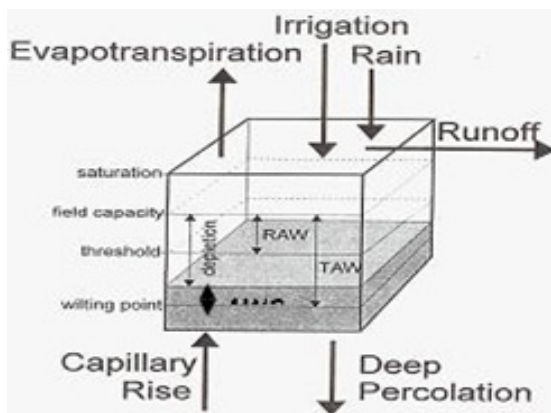
$$AWCo = \theta - WP \quad 8.14$$

$$AWf = AWCo / AWCa \quad 8.15$$

$$\text{และ } K_s = 2AWCo / AWCa = 2AWf \quad 8.16$$

ค่า $K_{sw} = 1$ ในกรณีที่ค่า AWf หรือ ($AWCo / AWCa$) มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.5

ค่า $K_{sw} = 2AWf$ ในกรณีที่ค่า AWf มีค่าน้อยกว่า 0.5 เมื่อ K_{sw} เป็นสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช



รูปที่ 8.1 งบดุลของน้ำในบริเวณรากพืช และสัญลักษณ์ต่างๆที่ใช้ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช

8.1.10 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Factors effecting crop coefficient)

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงลักษณะความแตกต่างระหว่างสรีรวิทยาของพืชใดพืชหนึ่งและพืชตระกูลหญ้าอ้างอิง ซึ่งมีการเจริญเติบโตปกคลุมพื้นที่เพาะปลูกอย่างสมบูรณ์เต็ม 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นพืชต่างชนิดกันย่อมมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาของต้นพืชระหว่างที่มีการเจริญเติบโต เช่น การแตกกิ่งก้าน สาขา ขยายพื้นที่และปริมาณใบเพิ่มขึ้น มีการเพิ่มของปากใบมากขึ้น ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของฤดูกาลเพาะปลูกย่อมมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ในขณะเดียวกันการระเหยน้ำจากผิวดินซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการคายระเหยของพืชที่ปลูกบริเวณหนึ่งๆ มีการเปลี่ยนแปลงด้วยปัจจัยใดก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชก็จะมีการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน ดังนั้นค่า K_c ของพืชแต่ละชนิด ย่อมมีหลายค่าตามช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต ซึ่งจะทำให้มีการคลุมดินที่สมบูรณ์หรือไม่ย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระยะปลูกและอายุของพืช (มัตติกา, 2548)

8.1.11 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช (Factors effecting crop water stress coefficient)

Shouseet *al.* (1982) อ้างโดย มัตติกา (2548) ได้กล่าวว่า สภาพของพื้นที่ ความผันแปรของสภาพภูมิอากาศ การเคลื่อนที่ของอากาศ สมบัติของดินที่ไม่เหมาะสม ความเค็ม ปริมาณน้ำในดิน วิธีการเพาะปลูกและวิธีการจัดการพืชต่าง ๆ สามารถส่งผลต่อความผันแปรของการคายระเหยของพืชหรือการใช้น้ำที่แท้จริงของพืชได้เสมอ ซึ่งในสภาพพื้นที่เพาะปลูกทั่วไป รวมถึงสภาพพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทยภายใต้ระบบเกษตรน้ำฝนบนที่สูงที่มีการขาดน้ำในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง มีปัจจัยทางดินและปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) เป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ควบคุมปริมาณการคายระเหยของพืชหรือการใช้น้ำที่แท้จริงของพืช โดยมีสมบัติทางฟิสิกส์ดินที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน คือ สัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของน้ำในดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated hydraulic conductivity, $K\theta$) ซึ่งควบคุมโดยปริมาณความชื้น ขนาดและความต่อเนื่องของช่องว่างในดิน ดังนั้นสัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ($K\theta$) จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของพืช (ET_{ca}) ในดินที่มีน้ำไม่เพียงพอ และมีบทบาทต่อความผันแปรของสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช อย่างไรก็ตามการวัดค่า $K\theta$ ในภาคสนามจริง ๆ ทำได้ค่อนข้างยากและใช้ต้นทุนสูง จึงนิยมใช้รูปแบบจำลองการประเมินค่า $K\theta$ แต่ก็ยังไม่มีการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $K\theta$ และ K_{sw} ของดินที่เป็นที่ยอมรับทั่วไป

8.1.12 ค่าวิกฤตความชื้นในดินสำหรับพืชผัก (Critical moisture periods of vegetables)

ค่าวิกฤตความชื้นในดิน (Critical moisture periods of vegetables) หมายถึงระดับหรือปริมาณความชื้นในดินที่ทำให้ผลผลิตพืชเริ่มลดลง กล่าวคือ เมื่อปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำของพืชในการสร้างการเจริญเติบโตแต่ละช่วงส่งผลให้ผลผลิตพืชลดลง

ค่าวิกฤตความชื้นในดินแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินชนิดนั้นๆ ซึ่ง มัตติกา (2547) กล่าวว่า ปริมาณหรือค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินแต่ละชนิด (AWC) จะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับค่าความจุความชื้นในสนามของดินและความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรของดินชนิดนั้น ๆ ซึ่งค่า FC และ PWP จะถูกควบคุมด้วยเนื้อดินแลโครงสร้างดินเป็นหลัก โดยค่าความจุความชื้นในสนามของดิน (FC) จะถูกควบคุมจากโครงสร้างของดินส่วนความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรของดิน (PWP) จะถูกควบคุมโดยเนื้อดินเป็นหลัก ดังแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวไว้ในตารางที่ 8.7 ดังนั้นจึงควรรักษาระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินให้ไม่ต่ำกว่าระดับหรือค่าวิกฤตความชื้นในดินตลอดช่วงระยะเวลาปลูกพืชเสมอ ๆ สำหรับแปลงปลูกผักโดยทั่วไปจะรักษาระดับความชื้นในช่วงที่รากพืชผักอยู่เท่านั้น ประมาณ 30 เซนติเมตรจากผิวดิน โดยค่าวิกฤตความชื้นในดินสำหรับปลูกผักแต่ละชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 8.8

การหาค่า FC และ PWP นั้นต้องทำในห้องทดลองโดยใช้ความดันสกัดน้ำในดินออกมาที่ระดับความดัน 0.3 และ 15 บรรยากาศ ซึ่งเป็นเรื่องยุ่งยาก เพื่อสะดวกรวดเร็วในการนำไปใช้งาน สามารถหาประเมินค่า AWC ได้จากเนื้อดินโดยปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (AWC) ของดินสามารถคำนวณได้จากความชื้นที่ FC ลบด้วยความชื้น PWP ของดินนั้น ๆ ดังตารางที่ 8.9

ตารางที่ 8.7 ปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของน้ำในดินในช่วงความลึก 1 เมตร ในเนื้อดินประเภทต่าง ๆ

ลักษณะเนื้อดิน	ความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ในดิน ภายใต้ความลึก 1 เมตร (มิลลิเมตร)
ดินทรายหยาบ	35-60
ดินทราย	60-75
ดินทรายปนร่วน	75-110
ดินร่วนปนทราย	100-160
ดินร่วนปนทรายละเอียด	145-185
ดินร่วน	150-220
ดินร่วนปนซิลท์	170-250
ดินร่วนปนเหนียว และดินร่วนปนเหนียวปนซิลท์	170-220
ดินเหนียวปนร่วนและดินเหนียว	150-200

ที่มา: มัตติกา (2548)

ตารางที่ 8.8 ค่าวิกฤตความชื้นในดินสำหรับปลูกผักแต่ละชนิด

Crop	Bars	ASM ¹	Irrigation Critical Moisture Period	Preferred Irrigation Method ²	Drought Tolerance ³	Rooting Depth ⁴	Defects Caused by Water Deficit	Comments
Asparagus	- 0.70	40%	Crown set and transplanting	a,b	H	D	Shriveling	Will withstand most drought
Beans,dry	- 0.45	50%	Flowering	a	M	M	Poor pod fill and small beans	No irrigation after pods begin to dry
Beans,lima	- 0.45	50%	Flowering	a,b	L-M	D	Poor pod fill and small beans	Cooling irrigation can increase yield
Beans,pole	- 0.34	60%	Flowering	a	L-M	M	Poor pod fill and pithy beans	Steady moisture supply is necessary during flowering
Beans,snap	- 0.45	50%	Flowering	a	L-M	M	Poor pod fill and pithy beans	Irrigation prior to flowering has little benefit
Beans,soy(edible)	- 0.70	40%	Flowering	a,b	M	M	Poor pod fill	Irrigation prior to flowering has little benefit
beet	- 2.00	20%	Root expansion	a,b	M	M	Growth cracks	
Broccoli	- 0.25	70%	Head development	a,b,c	L	S	Strong flavor	
Brussels sprout	- 0.25	70%	Sprout formation	a,b,c	M	S	Poor sprout production	
Cabbage	- 0.34	60%	Head development	a,b	M-H	S	Growth cracks	

หมายเหตุ: ¹คือ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Soil Moisture, ASM: %) โดยใช้ FC ที่ 0.1 bar และ PWP ที่ 15 bars

²คือ วิธีการให้น้ำชลประทาน ได้แก่ a คือ แบบสปริงเกอร์, b คือ ปืนฉีดน้ำแรงดัน, c คือ แบบหยด และ d คือ แบบน้ำท่วมเป็นผืน

³คือ ความทนทานต่อสภาพให้แล้ง 3 ระดับ ได้แก่ L คือ ระดับต่ำต้องให้น้ำบ่อยๆ, M คือ ระดับปานกลาง ควรให้น้ำมากตลอดปี และ H คือ ระดับสูง ต้องการ น้ำน้อยหรือให้น้ำบางครั้ง

⁴คือ ความลึกของราก 3 ระดับ ได้แก่ S คือ ระบบรากพืชที่ตื้น ระหว่าง 12-18 นิ้ว, M คือ ระบบรากพืชปานกลาง ระหว่าง 18-24 นิ้ว และ D คือ ระบบรากพืชที่ลึก มากกว่า 24 นิ้ว

ที่มา: Kemble and Sanders (2000)

ตารางที่ 8.8 ค่าวิกฤตความชื้นในดินสำหรับปลูกผักแต่ละชนิด (ต่อ)

Crop	Bars	ASM ¹	Irrigation Critical Moisture Period	Preferred Irrigation Method ²	Drought Tolerance ³	Rooting Depth ⁴	Defects Caused by Water Deficit	Comments
Cantaloupe	- 0.34	60%	Flowering and fruit development	a,b	M	S-M		
Carrot	- 0.45	50%	sSeed germination and root expansion	a,b	M-H	S-M	Growth cracks, misshapen roots	Avoid droughts during root expansion
Cauliflower	- 0.34	60%	Head development	a,b,c	L	S	Ricey curd, buttoning	
Celery	- 0.25	70%	Continuous	a,b,c,d	L	S	Small petioles	Moisture deficit can stop growth irreversibly
Collards	- 0.45	50%	Continuous	a,b,c	M	S	Thoug leaves	
Corn, sweet	- 0.45	50%	Silking	a,b	M-H	S	Poor ear fill	Irrigation prior to silking has little value
Chinese cabbage	- 0.25	70%	Continuous	a,c	L	S	Thoug leaves	
Cucumber,pickles	- 0.45	50%	Flowering and fruiting	a,b,c	L	S-M	Pointed and cracked fruit	Moisture deficit can drastically reduce yield and quality
Cucumber,slicer	- 0.45	50%	Flowering and fruiting	a,b,c	L	S-M	Pointed and cracked fruit	Moisture deficit can drastically reduce yield and quality
Eggplant	- 0.45	50%	Flowering and fruiting	a,b,c	M	M	Blossom-end rot, misshapen fruit	

หมายเหตุ: ¹คือ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Soil Moisture, ASM: %) โดยใช้ FC ที่ 0.1 bar และ PWP ที่ 15 bars

²คือ วิธีการให้น้ำชลประทาน ได้แก่ a คือ แบบสปริงเกอร์, b คือ ปืนฉีดน้ำแรงดัน, c คือ แบบหยด และ d คือ แบบน้ำท่วมเป็นผืน

³คือ ความทนทานต่อสภาพให้แล้ง 3 ระดับ ได้แก่ L คือ ระดับต่ำต้องให้น้ำบ่อยๆ, M คือ ระดับปานกลาง ควรให้น้ำมากตลอดปี และ H คือ ระดับสูง ต้องการ น้ำน้อยหรือให้น้ำบางครั้ง

⁴คือ ความลึกของราก 3 ระดับ ได้แก่ S คือ ระบบรากพืชที่ตื้น ระหว่าง 12-18 นิ้ว, M คือ ระบบรากพืชปานกลาง ระหว่าง 18-24 นิ้ว และ D คือ ระบบรากพืชที่ลึก มากกว่า 24 นิ้ว

ที่มา: Kemble and Sanders (2000)

ตารางที่ 8.8 ค่าวิกฤตความชื้นในดินสำหรับปลูกผักแต่ละชนิด (ต่อ)

Crop	Bars	ASM ¹	Irrigation Critical Moisture Period	Preferred Irrigation Method ²	Drought Tolerance ³	Rooting Depth ⁴	Defects Caused by Water Deficit	Comments
Greens (tumip, mustard, kale)	- 0.25	70%	Continuous	a,b	L	M	Thoug leaves	Good continuous moisture essential to good yields
Leek	- 0.25	70%	Continuous	a,b	L-M	S	Thin scale formation	
Lettuce (head, Bibb, lefa, cos)	- 0.34	60%	Head expansion	a,b	M-H	D	Tough small leavess	
New Zealand Spinach	- 0.25	70%	Continuous	a,b,d	L	S	Thogt leaves, poor production	Irrigation to keep growth continuous and repid
Okra	- 0.70	40%	Flowering	a,c	M-H	D	Tough pods	Irrigation can reduce yield
Onion	- 0.25	70%	Bulbing and buib expansion	a,b	L	S	Poor size	
Parsnip	- 0.70	40%	Root expansion	a,b	H	D		
Peas, Garden (English)	- 0.70	40%	Flowering	a	L	M	Poor pod fill	
Peppers	- 0.45	50%	Transplanting flower up to 1/2" fruit	a,b,c	M	M	Shriveled pods, blossom-end rot	Irrigate for increased pod size and yield
Potato,Irish	- 0.35	70%	After flowering	a,b	M	S	Second growth and misshapen roots	Irrigate only during extreme drought during root development

หมายเหตุ: ¹ คือ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Soil Moisture, ASM: %) โดยใช้ FC ที่ 0.1 bar และ PWP ที่ 15 bars

² คือ วิธีการให้น้ำชลประทาน ได้แก่ a คือ แบบสปริงเกอร์, b คือ ปืนฉีดน้ำแรงดัน, c คือ แบบหยด และ d คือ แบบน้ำท่วมเป็นผืน

³ คือ ความทนทานต่อสภาพให้แล้ง 3 ระดับ ได้แก่ I คือ ระดับต่ำต้องให้น้ำบ่อยๆ, M คือ ระดับปานกลาง ควรให้น้ำมากตลอดปี และ H คือ ระดับสูง ต้องการ น้ำน้อยหรือให้น้ำน้อยครั้ง

⁴ คือ ความลึกของราก 3 ระดับ ได้แก่ S คือ ระบบรากพืชที่ตื้น ระหว่าง 12-18 นิ้ว, M คือ ระบบรากพืชปานกลาง ระหว่าง 18-24 นิ้ว และ D คือ ระบบรากพืชที่ลึก มากกว่า 24 นิ้ว

ที่มา: Kemble and Sanders (2000)

ตารางที่ 8.8 ค่าวิกฤตความชื้นในดินสำหรับปลูกผักแต่ละชนิด (ต่อ)

Crop	Bars	ASM ¹	Irrigation Critical Moisture Period	Preferred Irrigation Method ²	Drought Tolerance ³	Rooting Depth ⁴	Defects Caused by Water Deficit	Comments
Pumpkin	- 0.70	40%	Fruiting	a,b	M	D	Blossom-end rot	
Radish	- 0.25	70%	Continuous	a	L	S	Pithy roots	Keep soil moisture levels high to promote rapid growth
Rhubarb	- 2.00	20%	Leaf emergence	a,b	M	D	Pithy stems	
Rutabagas	- 0.45	50%	Root expansion	a,b	M	M	Though roots	
Southernpeas	- 0.70	40%	Flowering and pod swelling	a,b	M	M	Poor pod fill	Plants will recover from drought but yield is reduced
Squash, summer	- 0.25	70%	Fruit sizing	a,c	L	M	Pointed and misshapen fruit	Fruit sizing. Irrigation can double or triple yields
Squash, winter	-0.7	40%	Fruit sizing	a,b	M	D		
Sweetpotato	-2	20%	Fruit and last 40 day	a,b	H	D	Small and misshapen roots	
Tomato, staked	- 0.45	50%	Fruit expansion	a,c	M	D	Blossom and root growth cracks	continupus water supply helps avoid blossom-end rot and increase fruit size
Tomato, ground	- 0.45	50%	Fruit expansion	a,b	M	D	Blossom and root growth cracks	continupus water supply helps avoid blossom-end rot and increase fruit size

หมายเหตุ: ¹คือ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Soil Moisture, ASM: %) โดยใช้ FC ที่ 0.1 bar และ PWP ที่ 15 bars

²คือ วิธีการให้น้ำชลประทาน ได้แก่ a คือ แบบสปริงเกอร์, b คือ ปืนฉีดน้ำแรงดัน, c คือ แบบหยด และ d คือ แบบน้ำท่วมเป็นผืน

³คือ ความทนทานต่อสภาพให้แล้ง 3 ระดับ ได้แก่ L คือ ระดับต่ำต้องให้น้ำบ่อยๆ, M คือ ระดับปานกลาง ควรให้น้ำมากตลอดปี และ H คือ ระดับสูง ต้องการ น้ำน้อยหรือให้นานๆครั้ง

⁴คือ ความลึกของราก 3 ระดับ ได้แก่ S คือ ระบบรากพืชที่ตื้น ระหว่าง 12-18 นิ้ว, M คือ ระบบรากพืชปานกลาง ระหว่าง 18-24 นิ้ว และ D คือ ระบบรากพืชที่ลึก มากกว่า 24 นิ้ว

ที่มา: Kemble and Sanders (2000)

ตารางที่ 8.8 ค่าวิกฤตความชื้นในดินสำหรับปลูกผักแต่ละชนิด (ต่อ)

Crop	Bars	ASM ¹	Irrigation Critical Moisture Period	Preferred Irrigation Method ²	Drought Tolerance ³	Rooting Depth ⁴	Defects Caused by Water Deficit	Comments
Tomato, processing	- 0.45	50%	Fruit expansion	a,b	M	D	Blossom and root growth cracks	continupus water supply helps avoid blossom-end rot and increase fruit size
Turnip	- 0.45	50%	Root expansion	a,b	M	M	Woody roots	
Watermelon	-2	40%	Fruit expansion	a,b,c	M-H	D	Blossom end rot	This crop can withstand extreme drought, but there will be some yield reduction

หมายเหตุ: ¹คือ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Soil Moisture, ASM: %) โดยใช้ FC ที่ 0.1 bar และ PWP ที่ 15 bars

²คือ วิธีการให้น้ำชลประทาน ได้แก่ a คือ แบบสปริงเกอร์, b คือ ปืนฉีดน้ำแรงดัน, c คือ แบบหยด และ d คือ แบบน้ำท่วมเป็นผืน

³คือ ความทนทานต่อสภาพให้แล้ง 3 ระดับ ได้แก่ I คือ ระดับต่ำต้องให้น้ำบ่อยๆ, M คือ ระดับปานกลาง ควรให้น้ำมากตลอดปี และ H คือ ระดับสูง ต้องการ น้ำน้อยหรือให้นานๆครั้ง

⁴คือ ความลึกของราก 3 ระดับ ได้แก่ S คือ ระบบรากพืชที่ตื้น ระหว่าง 12-18 นิ้ว, M คือ ระบบรากพืชปานกลาง ระหว่าง 18-24 นิ้ว และ D คือ ระบบรากพืชที่ลึก มากกว่า 24 นิ้ว

ที่มา: Kemble and Sanders (2000)

ตารางที่ 8.9 ปริมาณความชื้นในดินที่พืชเริ่มเหี่ยวถาวร (PWP) ปริมาณความชื้นที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้สูงสุด (FC) และปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (AWC)

เนื้อดิน	PWP (% โดยมวล)	FC (% โดยมวล)	AWC (% โดยมวล)
Medium sand	1.7	6.8	5.1
Fine sand	2.3	8.5	6.2
Sandy loam	3.4	11.3	7.9
Fine sandy loam	4.5	14.7	10.2
Loam	6.8	18.1	11.3
Silt loam	7.9	19.8	11.9
Clay loam	10.2	21.5	11.3
Clay	14.7	22.6	7.3

ที่มา: มัตติกา (2537)

8.1.13 การคายระเหยที่แท้จริงหรืออัตราการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง (Actual crop evapotranspiration, ET_{ca})

มัตติกา (2548) กล่าวว่า การใช้น้ำหรือการคายระเหยที่แท้จริงของพืช (ET_{ca}) หมายถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากพื้นที่ปลูกพืช ที่มีปัจจัยลบด้านต่าง ๆ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชไม่สมบูรณ์เต็มที่ โดยเกิดขึ้นจริงกับพืชที่ปลูกในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง อัตราการคายระเหยที่แท้จริง (ET_{ca}) อาจมีค่าผันแปรจากค่าที่ใกล้เคียงจนถึงเท่ากับอัตราความต้องการน้ำสูงสุดของพืชหรือศักยภาพการคายระเหยสูงสุดของพืช (ET_{cp}) ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง (ET_{ca})

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) โดยทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณศักยภาพการใช้น้ำของพืช (ET_{cp}) ภายใต้เงื่อนไขมาตรฐานที่ไม่มีข้อจำกัดใด ๆ ที่รบกวนการเจริญเติบโตของพืช ดินมีความอุดมสมบูรณ์เต็มที่ พืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของอายุพืช ในกรณีที่สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชทำให้พืชใช้น้ำน้อยลง เช่น ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินลดลงมากจนพืชเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชอาจถูกปรับค่าให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานซึ่งเรียกว่าสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช (Water stress coefficient, K_{sw}) และค่าศักยภาพการคายระเหยของพืช (ET_{cp}) ก็จะเป็นค่าการคายระเหยภายใต้สภาพแท้จริงหรือ Actual crop evapotranspiration (ET_{ca}) โดยการปรับเปลี่ยนค่า ET_{cp} เป็นค่า ET_{ca} อาจใช้สมการที่ 8.17 ในการปรับค่าดังต่อไปนี้ (Allen *et al.*, 1998, อ้างโดย มัตติกา, 2548)

$$ET_{cp} = K_c \times ETo$$

$$ET_{ca} = K_s \times ET_{cp}$$

$$ET_{ca} = K_s \times K_c \times ETo$$

$$ET_{ca} = K_{sx} ET_{cp} = K_s \times K_c \times ETo \quad 8.17$$

อย่างไรก็ดีการขาดน้ำมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตของพืชเป็นอย่างมาก โดยจะส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชไม่เต็มที่ ทำให้ปริมาณผลผลิตพืชลดลงไม่มากนักซึ่งแสดงความสัมพันธ์ได้โดยค่าปัจจัยการตอบสนองของผลผลิต

8.1.14 ปัจจัยการตอบสนองของผลผลิต (Yield reduction factor, Ky)

Allen *et al.*, (1998) ได้อธิบายไว้ว่า ค่าปัจจัยการตอบสนองของผลผลิต (Ky) เป็นค่าแสดงถึงการลดลงของผลผลิตสัมพัทธ์ตามการลดลงของปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของพืช (ETca) ซึ่งมีการขาดน้ำค่า Ky เป็นค่าเฉพาะพืช และอาจจะเปลี่ยนแปลงตามอายุพืชในฤดูเพาะปลูกโดยทั่วไปการขาดน้ำในช่วงพัฒนาการทางใบ และ ลำต้นและช่วงสุกแก่ทำให้ผลผลิตพืชลดลงไม่มากแต่หากขาดน้ำในช่วงการออกดอกและการสร้างผลผลิตจะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก ค่า Ky สามารถคำนวณจากสมการ 8.18

$$Ky = 1 - (Ya/Ym) \div 1 - (ETca/ETcp) \quad 8.18$$

เมื่อ Ya คือ ผลผลิตจริง, Ym คือ ผลผลิตสูงสุด และ ETca คือ อัตราการคายระเหยน้ำของพืชที่ปรับเปลี่ยนตามสภาพการขาดน้ำ หรือปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของพืช

โดยทั่วไปค่า Ky จะแปรผันตามชนิดพืชและช่วงระยะเวลาที่ปลูกพืช โดยพืชต่างชนิดกัน ค่า Ky จะมีความแตกต่างกันมาก และแปรผันสูงในพืชชนิดเดียวกันที่ปลูกในฤดูกาลที่ต่างกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8.10

ตารางที่ 8.10 ค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของผลผลิต (Ky) ตลอดชีพจักร ของพืชแต่ละชนิด

ชนิดพืช	ค่า Ky	ชนิดพืช	ค่า Ky
กระหล่ำห่อ	0.95	มันฝรั่ง	1.10
ถั่วลิสง	0.70	ถั่วเหลือง	0.85
หัวหอมใหญ่	1.10	หัวบีท	1.00
ถั่วกินเมล็ด	1.15	มะเขือเทศ	1.05
พริกไทย	1.10		

ที่มา: มัตติกา, (2548)

8.2 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช

ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช หมายถึง การที่พืชนำน้ำไปใช้ในการสร้างเสริมการเจริญเติบโต ซึ่งการใช้น้ำของพืชจะมีประสิทธิภาพเพียงไรนั้น ขึ้นอยู่กับว่า พืชจะนำน้ำไปใช้ในการพัฒนาการเจริญเติบโตมากน้อยเท่าไร ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชสามารถคำนวณได้จากปริมาณการผลิตน้ำหนักแห้งทั้งหมดหรือผลผลิตพืช ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วยปริมาณการใช้น้ำหรือการคายระเหยน้ำของพืช

การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตสามารถทำได้โดย การลดปริมาณการสูญเสีย น้ำ ในรูปของน้ำไหลบ่าบนผิวดิน ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการซึมลึกเลयरากพืชและ ปริมาณน้ำที่ระเหยกลับสู่บรรยากาศและลดปริมาณการสูญเสียหน้าดิน (Soil loss) ซึ่งกิจกรรมทั้งหลายเหล่านี้ต่างก็ใช้เพื่อควบคุมการชะกร่อนของดินล้วนมีผลป้องกันการเสื่อมโทรมความอุดมสมบูรณ์และสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพของดินด้วยเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับ Hudson (1981) ได้กล่าวว่าการจัดการต่าง ๆ เพื่อควบคุมการชะกร่อนของดินอย่างดีที่สุดนั้นถือเป็นการจัดการอย่างเดียวกันกับการจัดการเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดด้วย ดังนั้นประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชจึงมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชยังสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดถึงประสิทธิภาพของวิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์แบบต่าง ๆ ได้อย่างดี (มัตติกา, 2548)

8.2.1 การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของผัก

ประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำในการสร้างน้ำหนักแห้งทั้งหมดของส่วนที่อยู่เหนือดิน (Water use efficiency for total dry biomass production, WUE_{TDB}) ของผักในช่วงการเจริญเติบโตต่าง ๆ สามารถทำได้โดยใช้ปริมาณน้ำหนักแห้งทั้งหมดในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต (TDB, kg.ha⁻¹) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วย

ปริมาณการใช้น้ำหรือการคายระเหยน้ำของพืชที่แท้จริงในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของผัก (Measured crop water use, meas.ETca) (ธเนศ, 2555) ดังสมการที่ 8.19

$$WUE_{TDB} = TDB/meas.ETca \quad 8.19$$

นอกจากนี้ได้คำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำในการสร้างผลผลิต (Water use efficiency for crop yield productions, WUE_Y) ของผักแต่ละชนิดจากปริมาณน้ำหนักรวมผลผลิต ในหนึ่งหน่วยพื้นที่เพาะปลูก ต่อหนึ่งหน่วยปริมาณการใช้น้ำตลอดอายุของผัก (Total measured crop water use, total meas.ETca, mm) เริ่มตั้งแต่วันปลูกจนถึงวันเก็บเกี่ยว ดังสมการที่ 8.20

$$WUE_{Ya} = meas.Ya/total\ meas.ETca \quad 8.20$$

8.3 การนำแบบจำลองและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยความต้องการน้ำของพืช

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปหรือแบบจำลองสำหรับวิธีการคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหย (ETp) และค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงหรือค่าการคายระเหยอ้างอิง (ETo) จากรูปแบบจำลองวิธีที่ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทั้ง 5 รูปแบบที่กล่าวมา และอย่างที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่าปัจจุบันองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติได้รวบรวมค่า Kc ของพืชชนิดต่างๆในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตต่าง ๆ ไว้เป็นจำนวนมากและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกได้ค่า Kc ของพืชแต่ละชนิดจึงอยู่ในโปรแกรมเรียบร้อยแล้วให้เราเลือกใช้ได้ เพียงแต่ขอให้เรามีข้อมูลที่รูปแบบครบตามความต้องการของแต่ละวิธีการ เช่น ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลดิน และข้อมูลพืชที่เราต้องการศึกษา เป็นต้น ซึ่งกรมพัฒนาที่ดิน (2556) รายงานว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่นิยมในปัจจุบันเป็นแบบจำลองการปลูกพืช (Crop Simulation Models) คือการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่แสดงการเจริญเติบโตของพืช ขบวนการเหล่านี้ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของพืช สิ่งแวดล้อมและการจัดการ มีผู้พัฒนาและประยุกต์แบบจำลองมากมายหลายแบบกับพืชหลายชนิดทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลผลิตพืชและสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการผลิตโดยแบบจำลองจะช่วยวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตและการลงทุน เพื่อประโยชน์ในการทดสอบสมมุติฐานการผลิต (Scenarios) เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในระดับฟาร์ม (Farm household level) และระดับวางแผน (Regional level) รวมถึงการนำเสนอผลการวิเคราะห์แก่ผู้เกี่ยวข้อง สำหรับช่วยตัดสินใจในการปลูกและส่งเสริมการปลูกพืชให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากความล้มเหลวของเกษตรกรลงได้

การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาประยุกต์ใช้ในงานวินิจฉัยคุณภาพดิน เนื่องจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ในปริมาณมาก และสามารถสร้างความเชื่อมโยงกับแบบจำลองการปลูกพืชได้ ซึ่งจะทำให้นำผลการประเมินจากแบบจำลองให้อยู่ในรูปข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การดำเนินงานด้านวินิจฉัยคุณภาพและกำลังผลิตของดินเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยแบบจำลองที่เป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้

8.3.1 โปรแกรม DSSAT (Decision Support System for Agro-technology Transfer)

เป็นโปรแกรมที่ใช้กันระหว่างประเทศมากกว่า 15 ปี (Jones *et al.*, 1991) ประกอบด้วย กลุ่มของแบบจำลองการปลูกพืชมากกว่า 16 ชนิด ซึ่งได้จากการจัดการข้อมูลดิน ภูมิอากาศและพันธุกรรมของพืช โปรแกรม DSSAT สามารถใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตของพืชไร่และข้าว จนถึงการผลิตผลผลิตในสภาพที่

ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง มีการใช้กันอย่างแพร่หลายใน 100 ประเทศทั่วโลก แบบจำลองที่อยู่ใน DSSAT ได้แก่ CERWS Maize และ CERES Rice

8.3.2 แบบจำลอง PLANTGRO

แบบจำลอง PLANTGRO พัฒนาขึ้นโดย CSISRO (The Commonwealth scientific and Industrial Research Organization) ประเทศออสเตรเลีย โดย Hackett (1991) ซึ่งอธิบายว่า PLANTGRO ได้ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยในการพยากรณ์การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ แบบจำลอง PLANTGRO จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพืช ดินและภูมิอากาศ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวพยากรณ์การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยการจัดระดับ (Rating) จาก 0-9 และ 9-0 โดยการจัดชั้นความเหมาะสมจะจัดจาก 9 ไปยัง 0 แต่การจัดชั้นของข้อจำกัดจะจัดจาก 0-9 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตของไม้ผลและไม้ยืนต้น

8.3.3 แบบจำลอง CROPWAT

เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ เพื่อที่จะใช้ในการวางแผนการชลประทาน แบบจำลอง CROPWAT จะคำนวณการคายระเหยอ้างอิง ความต้องการน้ำของพืช และความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation requirement) นอกจากนี้ยังสามารถจะออกแบบและจัดการชลประทานได้อีกด้วย แบบจำลอง CROPWAT จะใช้หลักการการคำนวณการคายระเหยอ้างอิงจาก FAO ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ขนาดเล็ก เฉพาะจุดหรือรายแปลงเป็นต้น สามารถใช้วิธี down load computer program ชื่อ “CROPWAT” จาก web-site ของ FAO (<http://www.fao.org/agl/aglw/cropwat>) ซึ่งมีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอปัจจุบันเป็น CROPWAT8

8.3.4 แบบจำลอง WOFOST

เป็นแบบจำลองการปลูกพืชที่พัฒนาขึ้นโดยศูนย์กลางการศึกษาผลิตภัณฑ์อาหารของโลก (Center for World Food Studies) ประเทศเนเธอร์แลนด์ ในปี ค.ศ. 1988 WOFOST เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อการจำลองการปลูกพืชใน 3 ระดับ คือ

1. ศักยภาพของผลผลิต (Potential production) ผลผลิตขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของพืช ภายใต้ปัจจัยอื่นๆ ที่สมบูรณ์ เช่น ระดับของรังสี (Level of irradiance) และอุณหภูมิ (Temperature) เป็นต้น
2. ผลผลิตที่อาศัยน้ำฝน (Water limited production) ผลผลิตในระดับนี้มีความชื้นในดินเป็นตัวแปร
3. ผลผลิตที่ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Nutrient limited production) ผลผลิตขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน

8.3.5 แบบจำลอง NewLocClim

เป็นโปรแกรมประมาณการสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น ซึ่งพัฒนาโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 2005) สามารถประมาณการสภาพภูมิอากาศได้ทั่วโลก ได้แก่ ข้อมูล ปริมาณฝน อุณหภูมิ (สูงสุด ต่ำสุดเฉลี่ย) ศักยภาพการคายระเหยของน้ำ ความเร็วลม พลังงานแสงอาทิตย์ และสามารถประมาณการช่วงฤดูปลูกพืชที่เหมาะสมเฉพาะถิ่นได้อีกด้วย

8.3.6 แบบจำลอง Soil and Water Assessment Too (SWAT)

เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยกระทรวงเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อที่จะใช้ในการวางแผนการชลประทาน โดยแบบจำลอง SWAT จะคำนวณการคายระเหยอ้างอิง ความต้องการน้ำของพืช ความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation requirement) นอกจากนี้ยังสามารถจะออกแบบและจัดการชลประทานได้อีกด้วย เช่นเดียวกับ แบบจำลอง CROPWAT ซึ่งใช้หลักการการคำนวณการคายระเหยอ้างอิงจาก FAO แต่เหมาะกับพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น ระดับภูมิภาค หรือลุ่มน้ำเป็นต้น

8.4 การซึมน้ำและอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน

มัตติกา (2548) กล่าวว่า การซึมน้ำผ่านเข้าสู่ผิวดิน (Infiltration) หมายถึง กระบวนการที่น้ำเคลื่อนที่แทรกซึมเข้าสู่ดินตามบริเวณผิวดินสัมผัสกับน้ำ อาจเป็นแนวดิ่งหรือแนวนอนก็ได้ ซึ่งโดยปกติทั่วไปจะหมายถึงการซึมน้ำในแนวดิ่ง

อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน (Infiltration rate) หมายถึง กระบวนการที่น้ำเคลื่อนที่แทรกซึมผ่านผิวดินเข้าสู่ภายในดินในหนึ่งหน่วยเวลาต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของผิวดินที่สัมผัสกับน้ำในแนวดิ่งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าสู่ผิวดินนั้นๆ เมื่อดินมีความชื้นระดับหนึ่ง

8.4.1 การวัดอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน

การวัดอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินอาจทำได้โดยการวัดความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำที่ให้กับผิวดิน และน้ำที่สูญเสียโดยการไหลบ่า (Runoff) หรืออาจพิจารณาจากปริมาณน้ำที่ต้องใช้เพื่อการรักษาระดับน้ำในแปลงให้คงที่เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านผิวดินเข้าสู่ดินนั้นได้รับอิทธิพลอย่างมากจากสภาพของผิวดินโดยทั่ว ๆ ไป พร้อมกับบันทึกไว้ให้ชัดเจน เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินในแต่ละแห่ง โดยวิธีวัดอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินที่ง่ายที่สุดคืออาศัยหลักการขังน้ำไว้ในภาชนะรูปทรงกระบอกที่วางบนผิวดินในแปลง โดยให้ปลายข้างหนึ่งของภาชนะฝังลงในดิน อัตราการลดลงของระดับน้ำในภาชนะนี้หรืออัตราการใช้น้ำจากถังน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำที่ขังบนผิวดินในภาชนะนี้ให้คงที่ (5 เซนติเมตร) นับสำคัญต่อผลการวิเคราะห์ จึงถือว่าไม่มีการระเหยน้ำจากผิวน้ำในภาชนะ หรืออาจใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Disk Permeameter วัดอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินโดยตรง (มัตติกา, 2548)

อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินนี้มีประโยชน์มากในการพิจารณาว่าจะปล่อยให้ น้ำขังบนผิวดินนานเท่าไรในการรดน้ำแต่ละครั้งจึงจะได้ปริมาณน้ำตามที่ต้องการ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นดัชนีชี้ได้ว่าการเกิด การไหลบ่าบนผิวดินจะมีหรือไม่และน้ำจะขังบนผิวดินหรือไม่ ซึ่งสามารถใช้อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินเป็นแนวทางในการคาดคะเนได้

ค่าอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน (IR) จำเป็นมากสำหรับการเลือกวิธีการให้น้ำที่เหมาะสม และเทคนิคการจัดการที่ถูกต้อง ค่าอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินแรก ๆ จะสูงมากและจะลดลงอย่างรวดเร็วจนมีค่าคงที่ภายในไม่กี่ ชั่วโมงที่ผ่านไป ซึ่งค่าสุดท้ายเรียกว่า อัตราสมดุล (Equilibrium rate or basic infiltration rate) ดินที่มีค่าสมดุลสูง อาจไม่เหมาะที่จะให้น้ำแบบขังท่วมแปลง (Flood) หรือให้ตามร่อง (Furrow irrigation) แต่นิยมให้น้ำแบบหยด (Drip) หรือแบบพ่นเป็นละอองน้ำ (Sprinkler) มากกว่าปริมาณสูงสุดที่น้ำซึมเข้าสู่ผิวดินเข้าไปจนค่าอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินเริ่มมีค่าคงที่ เรียกว่า ความจุของการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน (Infiltration capacity, IC) เป็นสมบัติที่ผันแปรได้ตลอดเวลาตามฤดูกาล และการจัดการดินเป็นปัจจัยสำคัญหลักที่มีผลโดยตรงต่อค่าความจุของการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน คือความพร้อมของดินที่ยอมให้น้ำรวมทั้งสภาพผิวดินและระดับความชื้นของดินเมื่อมีการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน

8.4.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน

ชั้นดินที่ยอมให้น้ำผ่านน้อยที่สุดที่ระดับต้น ๆ ซึ่งควบคุมการซึมน้ำในแนวดิ่งจะควบคุมอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินด้วย โครงสร้างของดิน สภาพที่มีเกลือโซเดียมสูงและความหนาแน่นรวมของดินที่มีผลต่ออัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน โดยมีส่วนสัมพันธ์กับขนาดของช่องและรอยแตกธรรมชาติภายในดิน อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินจะลดลง ถ้ามีชั้นดินแน่นที่บอบอยู่ในโปรไฟล์ดินที่ตื้น ๆ อันเป็นผลจากเครื่องจักรกลทางการเกษตรและสัตว์เลี้ยง ในฤดูแล้งความสามารถการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน (Infiltration Capacity) จะสูงเพราะรอยแตกและมีแรงดึงน้ำในดินสูง โดยทั่ว ๆ ไป ถ้าความชื้นในดินเพิ่มขึ้น ค่าอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินจะลดลง อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินขณะที่ดินแห้งเมื่อเริ่มต้นและขณะที่ดินมีความชื้นระดับหนึ่ง เมื่อมีการให้น้ำชลประทานต่างก็มีประโยชน์ที่จะนำไปพิจารณาถึงการออกแบบระบบการให้น้ำชลประทาน

อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน (Infiltration Rate, IR) ผันแปรมาจากฤดูหนึ่ง ๆ และที่หนึ่ง ๆ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องทดสอบหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าเฉลี่ยที่น่าเชื่อถือพอสมควร อย่างไรก็ตามการเลือกพื้นที่ที่จะวัดอย่างระมัดระวัง และแต่ละจุดที่ทดสอบสัปดาห์ 3-5 ครั้ง ก็จะทำให้ค่าที่น่าพอใจได้ ในการที่จะใช้ประเมินถึงประสิทธิภาพของการให้น้ำชลประทาน อัตราการให้น้ำและระยะเวลาที่ต้องให้น้ำตลอดถึงระดับความลึกของดินที่จะต้องให้น้ำ เป็นต้น

ถ้าอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน (IR) หลัง 6 ชั่วโมงยังคงสูงกว่า 12.5 เซนติเมตรต่อชั่วโมง การให้น้ำโดยปล่อยให้ให้น้ำไหลไปตามความลาดเทของพื้นดิน (Gravitational irrigation) อาจไม่เหมาะสม ยกเว้นใน small basins เพราะน้ำจะกระจายไปยากใน Profile ดินและจะมีการสูญเสียจาก Percolation มากเกินไป จากอัตรา 0.1-0.2 เซนติเมตรต่อชั่วโมง การสูญเสียจาก Surface runoff อาจสูงเกินไป แบนน้ำอาจขังบนหน้าดินทำให้ผลผลิตลดลง ถ้า IR (0.1 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) ดินอาจอยู่ในสภาวะขาด O_2 non arable (ยกเว้นข้าว) IR ที่เหมาะสมจะใช้วิธีให้น้ำแบบไหลไปตามผิวดินภายใต้แรงโน้มถ่วง (Gravity irrigation) คือ 0.7 และ 3.5 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ในดินเหนียวที่แตกกระแหง IR จะสูงมากในตอนแรก และจะลดลงจนเกือบใกล้ 0 ในไม่ช้า เพราะรอยแตกแต่ละจุดจะค่อยหายไป เมื่อดินเริ่มอิ่มตัวด้วยน้ำ ค่าการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินให้ข้อมูลที่จะประเมินถึงประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช ผลตอบแทนสูงสุดแก่ฟาร์ม และการสูญเสียน้ำโดยซึมลึกเลयरากพืชลงไป และเป็นแนวทางที่จะตัดสินใจเลือกวิธีปฏิบัติในการให้น้ำอาจช่วยในการจำแนกความเหมาะสมหรือสมรรถนะของดินด้วย

8.5 วิธีการให้น้ำ

ในปัจจุบันทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่มีค่าและมีปริมาณจำกัดมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะต้นทุนในการผลิตน้ำชลประทานที่มีคุณภาพมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นการจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงการใช้ใช้อย่างถูกต้องประหยัดและมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตให้มากที่สุด ซึ่งวิธีการให้น้ำในแปลงผลิตพืชมีหลายวิธีการด้วยกัน ซึ่งสามารถจำแนกได้ 3 ประเภทหลัก ด้วยกัน คือ การให้น้ำบนผิวดิน (Surface irrigation) การให้น้ำใต้ผิวดิน (Subsurface irrigation) และการให้น้ำโดยใช้ความดัน (Pressure irrigation) (มัตติกา, 2548) สำหรับในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวงซึ่งมีสภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่ลาดชัน กรมชลประทานและกรมพัฒนาที่ดินร่วมมือกับศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงต่าง ๆ จัดทำโรงเรือนเพื่อการเพาะปลูกพืชแบบประณีต ทำระบบจ่ายน้ำ โดยใช้ mini sprinkle หรือระบบน้ำหยด เพื่อสาธิตรูปแบบการจัดการที่ดินและน้ำที่เหมาะสมให้กับเกษตรกรโดยในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะวิธีการใช้น้ำชลประทานโดยใช้ความดัน ได้แก่การให้น้ำฉีดพ่นเป็นละอองน้ำและหยดน้ำเท่านั้นเนื่องจากวิธีการให้น้ำดังกล่าวเหมาะสมกับพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวงสามารถทำได้ง่ายและเป็นที่ยอมรับปฏิบัติกัน

8.5.1 วิธีการให้น้ำชลประทานโดยใช้ความดัน

วิธีการให้น้ำโดยใช้ความดันเป็นวิธีที่นิยมมากในกรณีที่ปริมาณแหล่งน้ำมีจำกัด และต้องการให้การชลประทานมีประสิทธิภาพสูงสุด วิธีนี้นี้จำเป็นต้องอาศัยเครื่องสูบน้ำหรือปั้มน้ำเพื่อให้เกิดความดันเข้าสู่ระบบการชลประทานหรือท่อส่งน้ำที่จะจ่ายน้ำเข้าสู่แปลง ในกรณีที่แหล่งน้ำอยู่สูงกว่าพื้นที่เพาะปลูกก็อาจอาศัยวิธีการให้น้ำแบบหยดซึ่งใช้ความดันไม่สูงมาก แต่หากแหล่งน้ำอยู่สูงกว่าพื้นที่เพาะปลูกมาก ๆ ก็อาจใช้แรงดันน้ำธรรมชาติในการให้น้ำแบบฉีดพ่นเป็นละอองน้ำ (Sprinkler) ก็ได้ ซึ่งโดยทั่วไประบบการให้น้ำแบบฉีดพ่นเป็นละอองน้ำ (Sprinkler) เป็นการออกแบบมาเพื่อให้พื้นที่เพาะปลูกทุกส่วนได้รับน้ำเท่า ๆ กันไม่ว่าจะเป็นหลุมปลูกพืช แถวพืชที่ปลูกหรือพื้นที่ระหว่างหลุมปลูกหรือแถวพืชที่ปลูก สำหรับวิธีการให้น้ำแบบหยดหรือการฉีดพ่นขนาดเล็ก เฉพาะบริเวณโคนต้น (Micro Spray) เน้นการให้น้ำในบริเวณที่เป็นหลุมปลูกหรือโคนต้นได้รับน้ำเฉพาะที่เท่านั้น พื้นที่ระหว่างต้นพืชหรือระหว่างหลุมปลูกพืชอาจไม่เปียกน้ำเลย (มัตติกา, 2548)

8.5.1.1 การให้น้ำแบบฉีดพ่นเป็นละอองน้ำ (Sprinkler Irrigation)

การให้น้ำแบบฉีดพ่นเป็นละอองน้ำ (Sprinkler Irrigation) อาจจำแนกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีการฉีดพ่นเหนือความสูงของต้นพืช และวิธีฉีดพ่นใต้ร่มเงาหรือความสูงของต้นพืช ซึ่งแต่ละวิธีสามารถจำแนกได้เป็นวิธีการย่อยตามลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น การให้น้ำแบบฉีดพ่นโดยไม่เคลื่อนย้ายอุปกรณ์ที่ทำการให้น้ำ การให้น้ำที่สามารถเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ให้น้ำได้ และการที่อุปกรณ์ให้น้ำมีการหมุนในตัวเองโดยอัตโนมัติ เป็นต้น ซึ่งแต่ละระบบมีข้อดีข้อด้อยต่างกันอาจกล่าวได้โดยสังเขปดังต่อไปนี้

8.5.1.1 ข้อดีของระบบให้น้ำแบบฉีดพ่นเหนือความสูงของต้นพืช (Over Canopy Sprinklers)

ข้อดีหรือข้อได้เปรียบของวิธีการให้น้ำโดยการฉีดพ่นเป็นละอองน้ำเหนือต้นพืชเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำแบบอื่น ๆ เช่น การให้น้ำทางผิวดิน อาจกล่าวได้ดังต่อไปนี้

1. วิธีการให้น้ำแบบฉีดพ่นเป็นละอองน้ำเหนือต้นพืชมีการกระจายของน้ำที่ค่อนข้างสม่ำเสมอและมีประสิทธิภาพปริมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าวิธีการให้น้ำโดยไหลไปตามผิวดินซึ่งมีประสิทธิภาพโดยทั่วไปต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์
2. ระบบการให้น้ำสามารถเปิดทิ้งไว้และให้ตามกำหนดเวลาโดยอัตโนมัติ อุปกรณ์มีอายุยาวนานและไม่ต้องการการดูแลรักษามากเท่ากับการให้น้ำแบบไหลตามผิวดิน
3. ไม่รบกวนการใช้เครื่องจักรกลเข้าปฏิบัติงานในแปลงปลูก เช่น การเพาะปลูกโดยหยอดเมล็ด การตัดแต่งกิ่ง การฉีดพ่นยากำจัดศัตรูพืชรวมถึงการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะกรณีที่อุปกรณ์การให้น้ำเคลื่อนย้ายได้
4. ไม่มีปัญหาเรื่องการอุดตันมากนักจึงไม่จำเป็นต้องทำการกรองน้ำก่อนเข้าสู่ระบบ เมื่อเปรียบเทียบกับ Micro-Spray หรือการให้น้ำแบบหยดตรงโคนต้นพืช
5. ใช้ได้กับดินทุกชนิด และสามารถปรับ (Sprinkler) อัตราการฉีดพ่นให้เหมาะสมกับอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน จึงไม่เกิดปัญหาการไหลบ่าบนหน้าดินในที่มีความลาดเท
6. ไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญหรือชำนาญการใด ๆ ในการจัดการเปิดปิดหรือดำเนินการให้น้ำ
7. ตรวจสอบหาจุดบกพร่องต่าง ๆ ในระบบได้ง่าย เช่น กรณีที่มีการอุดตันเกิดขึ้น

8.5.1.2 ข้อเสียของระบบให้น้ำแบบฉีดพ่นเหนือความสูงของต้นพืช (Over Canopy Sprinklers)

1. น้ำที่สูญเสียได้ง่ายจากการระเหย จากบรรยากาศขณะเป็นละอองน้ำ จากการตกค้างบนผิวใบพืชโดยตรง และจากผิวดินโดยตรง ซึ่งการสูญเสียโดยการระเหยนี้ทำให้ประสิทธิภาพการให้น้ำโดยวิธีการฉีดพ่นเป็นละอองน้ำเหนือต้นพืชมีประสิทธิภาพลดลง ซึ่งอาจหลีกเลี่ยงได้โดยทำการให้น้ำในเวลากลางคืน
2. ผิวใบพืชอาจได้รับอันตรายจากคราบเกลือที่เกาะติดตามผิวใบ ในกรณีที่น้ำชลประทานมีระดับความเป็นเกลือสูงหรือในกรณีที่มีการให้ปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทาน (Fertigation system)
3. ความสม่ำเสมอในการกระจายของน้ำที่ฉีดพ่นมีความผันแปรสูงมากในกรณีที่มีลมแรงจะนั้นควรเลือกให้น้ำในเวลากลางคืน ซึ่งมีการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศน้อยกว่าในเวลากลางวัน
4. วัชพืชมีการเจริญเติบโตได้ดีภายใต้สภาพการชลประทานแบบฉีดพ่นเป็นละอองเหนือต้นพืช เพราะความชื้นของดินบริเวณพื้นที่ทางเดินระหว่างแถวปลูกพืช หรือพื้นที่ระหว่างต้นมีความชื้นสูงเช่นเดียวกับดินในแถวที่ปลูกพืช
5. ในกรณีที่รากพืชที่ปลูกกระจายไม่เต็มพื้นที่เพาะปลูกการให้น้ำโดยวิธีฉีดพ่นเป็นละอองเหนือต้นพืชในแปลงปลูกทำให้สูญเสียน้ำโดยไร้ประโยชน์ไปส่วนหนึ่งเนื่องจากน้ำที่ให้มีการกระจายซึมลงไปในดินในส่วนที่ไม่มีรากพืชหรือต้นพืชปรากฏอยู่ด้วย
6. ต้นทุนสำหรับพลังงานที่ใช้กำหนดความดันเพื่อปั้มน้ำเข้าสู่ระบบการให้น้ำแบบฉีดพ่นเหนือต้นพืชมีประมาณสูง (เช่น 350 กิโลวัตต์) กว่าวิธีการให้น้ำแบบหยดหรือแบบฉีดพ่นขนาดเล็ก (เช่น 150 กิโลวัตต์) เฉพาะโคนต้น เนื่องจากต้องใช้ความดันสูงกว่า
7. การกระจายความชื้นในดินอาจได้รับผลกระทบจากร่มเงาใบพืช โดยเฉพาะบริเวณโคนต้นอาจได้รับน้ำน้อย เนื่องจากละอองน้ำตกค้างบนพุ่มใบพืชบางส่วน ทำให้รากพืชได้รับน้ำไม่เต็มประสิทธิภาพ

8.5.1.3 หลักการพิจารณาเลือกวิธีการให้น้ำโดยการฉีดพ่นเป็นละอองน้ำเหนือต้นพืช

การเลือกวิธีการให้น้ำโดยการฉีดพ่นเป็นละอองน้ำเหนือต้นพืช มีหลักเกณฑ์การพิจารณา คือ

1. เป็นวิธีที่เหมาะสมในกรณีที่เกลือที่ละลายในน้ำมีความเข้มข้นต่ำ
2. เป็นวิธีที่เลือกใช้ได้ดีในเมื่อแรงงานที่ใช้ในการจัดการมีจำกัด
3. ควรหลีกเลี่ยงการฉีดพ่นเป็นละอองน้ำเหนือต้นพืชในกรณีที่อาจเกิดการแข็งตัวของน้ำหยดหรือเกิดน้ำค้างแข็งในวันที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้ง่าย
4. ระบบการให้น้ำแบบฉีดพ่นเป็นละอองเหนือต้นพืช อาจทำให้คุณภาพของผลิตผลลดลง เช่น การระบาดของเชื้อราในพืชผัก ผลไม้ อาจเกิดขึ้นได้ง่าย

8.5.1.4 การให้น้ำโดยวิธีการฉีดเป็นละอองใต้ต้นพืชหรือโคนต้นโดยตรง (Under canopy systems)

เป็นวิธีการให้น้ำโดยการฉีดพ่นเป็นละอองน้ำใต้ต้นพืช มีข้อแตกต่างจากวิธีการฉีดเป็นละอองเหนือต้นพืชที่ปลูกหลายประการดังต่อไปนี้

1. วิธีการฉีดเป็นละอองใต้ต้นพืชต้องใช้หัวฉีด (Sprinkler) ขนาดเล็กและมีจำนวนมากกว่าการให้น้ำโดยฉีดเป็นละอองบริเวณโคนต้น (Micro Spray) ทำให้การดูแลรักษาทำได้ยากกว่า
2. ระบบให้น้ำแบบฉีดพ่นเป็นละอองครอบคลุมบริเวณแคบ ๆ ที่โคนต้นมักประกอบด้วยอุปกรณ์ขนาดเล็กๆ ง่ายต่อการชำรุดเสียหายและเสื่อมโทรม อายุไม่ยาวนานต้องเปลี่ยนบ่อย ๆ
3. กระแสลมมีผลกระทบต่อการประสิทธิภาพการให้น้ำโดยวิธีนี้น้อยมาก

4. การสูญเสียน้ำจากการระเหยโดยตรงจากละอองน้ำจากผิวดินน้อยมาก (ไม่มีน้ำค้างบนผิวใบพืช)
5. สามารถให้ปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทาน (Fustigation) ได้อย่างดี
6. ในเขตหนาวการให้น้ำโดยวิธีฉีดพ่นเป็นละอองที่โคนต้น มีโอกาสเกิดอันตรายจากการแข็งตัวของน้ำ ภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์หรือจุดเยือกแข็งได้ง่ายกว่าวิธีฉีดพ่นเหนือต้นพืช
7. การกระจายและการเจริญเติบโตของวัชพืชเกิดขึ้นได้น้อยกว่าวิธีการให้น้ำแบบฉีดพ่นเหนือต้นพืช เนื่องจากดินได้รับน้ำเต็มที่เฉพาะบริเวณโคนต้นเท่านั้น
8. จำเป็นต้องตัดแต่งใบของต้นพืชที่มีลำต้นเตี้ย ปกคลุมโคนต้นหนาแน่นเพื่อช่วยให้การกระจายของละอองน้ำรอบโคนต้นดีขึ้น

8.5.1.5 ข้อได้เปรียบของวิธีการให้น้ำแบบฉีดพ่นเป็นละอองเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำไหลตามผิวดิน

เมื่อพิจารณาโดยรวม ๆ แล้ว การเลือกวิธีการให้น้ำโดยการฉีดพ่นเป็นละอองน้ำเหนือต้นพืชมีข้อได้เปรียบกว่าวิธีการให้น้ำบนผิวดินหลายประการ ซึ่งอาจกล่าวได้โดยสังเขปดังต่อไปนี้

- 1. น้ำมีการกระจายและซึมเข้าสู่ผิวดินได้ดีกว่าวิธีให้น้ำตามผิวดิน โดยเฉพาะในดินที่มีรูพรุนมาก และซึมน้ำเร็ว หน้าดินตื้น และอยู่บนพื้นที่ลาดชันสูง และดินมีการชะกร่อนได้ง่าย การให้น้ำโดยใช้สปริงเกลอร์มีประสิทธิภาพสูงกว่าการให้น้ำไหลตามผิวดิน
- 2. การให้น้ำในปริมาณน้อย ๆ แต่บ่อยครั้ง ทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพกว่า
- 3. อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถเคลื่อนย้ายได้โดยง่ายและสะดวก ไม่มีการกีดขวางการใช้เครื่องจักรกลต่าง ๆ เข้าปฏิบัติการในแปลง ไม่เหมือนกับคู คลองส่งน้ำ หรือร่องปลูกต่าง ๆ ที่เคลื่อนย้ายไม่ได้
- 4. ประหยัดแรงงานที่ใช้ในการจัดการ และการดำเนินการให้น้ำตามกำหนดเวลาทำได้ง่ายกว่า

8.5.1.6 ข้อเสียเปรียบของวิธีการให้น้ำแบบฉีดพ่นเป็นละอองเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำไหลตามผิวดิน

1. วิธีการให้น้ำแบบฉีดพ่นเป็นละอองมีประสิทธิภาพต่ำในกรณีที่มีการให้น้ำในวันที่มีกระแสมแรง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำไหลตามผิวดิน
2. ต้นทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ท่อส่งน้ำ เครื่องสูบน้ำ หรือปั๊มน้ำค่อนข้างสูงในระยะแรก ๆ ของการติดตั้งระบบให้น้ำ
3. การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์หลังการให้น้ำอาจไม่สะดวกนัก เพราะดินเปียกแฉะและไฉลไฉล
4. การให้น้ำโดยวิธีฉีดพ่นเป็นละออง ก่อให้เกิดการสูญเสียยากำจัดวัชพืช ยากำจัดศัตรูพืชที่ฉีดพ่นทางใบได้ง่าย รวมถึงอัตราการระเหยจากละอองน้ำและจากใบ ที่ค้างบนใบพืช รวมถึงจากผิวดินบริเวณระหว่างต้นพืชค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำทางผิวดิน

8.5.2 การให้น้ำแบบหยด (Trickle or Drip Irrigation)

การให้น้ำแบบหยดเป็นการให้น้ำโดยใช้หัวน้ำหยด (Emitter) ต่อกับท่อนำน้ำขนาดเล็ก ๆ ไปสู่บริเวณโคนต้นพืชโดยตรง อัตราของน้ำที่ไหลจะมีปริมาณน้อยกว่าอัตราการฉีดพ่นจากหัวสปริงเกลอร์อย่างมาก น้ำที่ให้แก่จำเป็นต้องมีคุณภาพดี ปราศจากสารคอลลอยด์ของดินเหนียว หินปูนหรือสารละลายเกลือที่เข้มข้น มิฉะนั้นอาจก่อให้เกิดการอุดตันของระบบท่อส่งขนาดเล็กและหัวน้ำหยด ดังนั้นในระบบการให้น้ำหยดในกรณีที่ชลประทานมี

คุณภาพต่ำ จึงต้องผ่านกระบวนการตกตะกอนหรือกรองก่อนที่จะผ่านเข้าสู่ท่อน้ำหยด อัตราการหยดนิยมใช้ประมาณ 2-3 ลิตรต่อชั่วโมง เท่านั้น เมื่อน้ำที่สัมผัสดินก็จะกระจายลงสู่ดินเป็นรูปครึ่งทรงกลม ทั้งในแนวนอนและแนวตั้งจนกระทั่งน้ำบริเวณผิวดินใกล้รอบตัวน้ำจะเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งตามแรงโน้มถ่วงของโลก พื้นผิวดินที่รับน้ำและลักษณะการซึมเข้าสู่ผิวดิน รวมทั้งบริเวณส่วนที่ชุ่มน้ำมีลักษณะผันแปรตามชนิดของดิน อัตราการดูดกลืนน้ำของดิน (Sorptivity) อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน และความชื้นในดินขณะเริ่มให้น้ำเป็นสำคัญ

อุปกรณ์ที่ควบคุมความดันของระบบน้ำหยดมักติดตั้งบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำ ซึ่งประกอบด้วยวาล์วเปิดปิดน้ำ มาวัดความดันน้ำและวาล์วปรับความดันรวมถึงเครื่องกรองน้ำโดยทั่ว ๆ ไป การให้ปุ๋ยในระบบควบคู่ไปกับการให้น้ำหยด (Fertigation) มักติดตั้งหัวฉีดสารละลายปุ๋ยเข้าสู่ท่อส่งน้ำหยดเพื่อผสมกันน้ำที่จะให้ในระบบน้ำหยดตรงจุดก่อนเข้าสู่การปรับความดัน (Control head)

ระบบการกรองน้ำต้องมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะกำจัดตะกอนดิน ละอองฝุ่นเศษวัสดุอินทรีย์ขนาดเล็กต่าง ๆ (ใบไม้ เศษหญ้า) รวมถึงอนุภาคดินเหนียวที่อาจมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่อาจสังเกตได้จากสีของน้ำที่ไม่ใส มีลักษณะขุ่น ภายหลังการกรองน้ำต้องมีลักษณะใสขึ้นกว่าเดิม เพื่อป้องกันหรือลดการอุดตันของระบบท่อส่งน้ำ และหัวฉีดให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ท่อส่งน้ำขนาดเล็ก (ท่อแขนง) ที่ต่อกับหัวน้ำหยด นิยมใช้เป็นท่อพลาสติกแข็งหรือท่อ PVC (Polyvinylchloride) หรือท่อพลาสติกใส (Polyethylene) ที่มีคุณภาพดีไม่เปราะหรือเสื่อมสภาพง่ายมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 12-32 มิลลิเมตร หัวน้ำหยดจะติดต่อเชื่อมเข้ากับท่อดังกล่าวตามระยะห่างที่ได้คำนวณไว้ล่วงหน้าให้เหมาะสมกับลักษณะของพืชที่ปลูก บางครั้งอาจไม่ต้องใช้หัวน้ำหยดก็ได้ เพียงแต่ทำการเจาะรูเล็ก ๆ บนท่อแขนงอาจเป็นรูเดียว หรือ 2-3 รูในตำแหน่งที่ต้องการให้น้ำหยดจากท่อ และเว้นระยะห่าง (Spacing) ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไปตามระยะปลูก สำหรับพืชผักที่ปลูกเป็นแถวเป็นแนว แต่หากมีการให้น้ำรอบโคนต้นไม้ผลขนาดใหญ่ก็อาจใช้สายยางที่ส่งน้ำหรือท่อพลาสติกหรือฝักร่องน้ำเป็นระยะรอบโคนต้นไม้ (มัตติกา, 2548) อย่างไรก็ตามวิธีการให้น้ำแบบหยดก็มีข้อดีข้อด้อยซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

8.5.2.1 ข้อได้เปรียบของระบบการให้น้ำแบบหยด

วิธีการให้น้ำแบบหยดจัดเป็นวิธีการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพที่สุดด้วยเหตุผลหลายประการดังต่อไปนี้

1. มีการสูญเสียจากการระเหยน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณที่ให้น้ำเป็นทีโคนต้นของพืชที่ปลูก นั่นคือการนำน้ำลงสู่บริเวณรากพืชเกือบทั้งหมดโดยน้ำไม่ต้องสูญเสียจากการให้ ทำให้บริเวณที่ไม่มีรากพืชได้รับน้ำโดยไม่จำเป็น ซึ่งทำให้วัชพืชมีการแพร่กระจายและเจริญเติบโตน้อยลงด้วย

2. เป็นการรักษาความชื้นบริเวณรากพืชให้มีประโยชน์สูงสุดเกือบตลอดเวลา ทำให้ผลผลิตหรือประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำแบบอื่น ๆ โดยเฉพาะการปลูกไม้ผล เช่น ส้ม ต่างๆ องุ่น และมะเขือเทศ เป็นต้น และผลผลิตของพืชผักหลายชนิดที่ต้องเก็บเกี่ยวในขณะที่ผลยังสดจะมีคุณภาพสูงและตอบสนองการให้น้ำแบบหยดสูงกว่าวิธีให้น้ำแบบอื่นๆ

3. ประสิทธิภาพการให้น้ำแบบหยดสูงมาก คือผันแปรระหว่าง 90-100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การให้น้ำโดยวิธีใช้การฉีดพ่นเป็นละอองน้ำหรือสปริงเกอร์มีประสิทธิภาพเพียง 70-80 เปอร์เซ็นต์ การสูญเสียน้ำโดยการรั่วซึม หรือโดยการระเหยจากผิวดินโดยตรง หรือการสูญเสียโดยการซึมลึกเลयरากพืชไป หรือการซึมลงในดินบริเวณระหว่างต้นที่ไม่มีพืชขึ้นนอกจากวัชพืชเกิดขึ้นน้อยมาก ในระบบการให้น้ำแบบหยดโดยเฉพาะในการปลูกไม้ผลที่ยังต้นเล็ก ๆ อายุน้อย และระยะปลูกห่างกันมาก วิธีการให้น้ำแบบหยด จัดเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดโดยการ

นำน้ำไปยังบริเวณหลุมปลูกที่อยู่ห่างกัน 2-3 เมตร โดยตรงทำให้ประหยัดน้ำและพืชใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

8.5.2.2 ข้อเสียเปรียบของระบบการให้น้ำแบบหยด

1. การบำรุงรักษาระบบการให้น้ำแบบหยดอาจต้องใช้ต้นทุนสูงราคาแพง เนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆ มีการเสื่อมชำรุดได้ง่าย และกีดขวางการใช้เครื่องจักรกลเข้าปฏิบัติในแปลงพอสมควรเช่นการใช้เครื่องตัดหญ้า เป็นต้น
2. การอุดตันตามท่อส่งน้ำโดยเฉพาะท่อแขนงขนาดเล็ก และหัวน้ำหยด เกิดขึ้นได้บ่อยมาก แม้จะมีการกรองน้ำหรือใช้น้ำที่มีคุณภาพพอสมควรแล้วก็ตาม เนื่องจากสารละลายบางอย่างก็สามารถผ่านระบบการกรองและเกิดตกตะกอนหรือเป็นตะกอนได้เมื่อไหลเข้าสู่ท่อขนาดเล็ก ๆ สะสมเป็นเวลานาน ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายในกรณีที่ใช้ท่อพลาสติกใส ทำให้อุดตันได้ง่าย หรือแม้แต่แบคทีเรียและเชื้อราบางชนิดก็เจริญเติบโตได้ดีมีลักษณะเป็นเมือกใส แม้ในกรณีที่ไม่มีแสงหรือใช้ท่อพลาสติกสีดำ การอุดตันจากแบคทีเรียและเชื้อรา ดังกล่าวเกิดขึ้นได้บ่อย นอกจากนี้สารเคมีบางชนิดอาจตกตะกอนภายใต้ระบบการให้น้ำแบบหยดโดยใช้ความดันในท่อขนาดเล็ก ๆ ได้ โดยเฉพาะองค์ประกอบของเหล็ก อลูมิเนียม และคาร์บอนตบบางชนิด
3. การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ เช่น สาหร่าย หรือแบคทีเรียบางชนิดโดยใช้สารละลายคลอรีนหรือกรดเกลือ อาจก่อให้เกิดสภาพเกลือละลายในน้ำสูง ทำให้น้ำมีคุณภาพต่ำ
4. ระบบการกรองน้ำต่าง ๆ หรือการทำให้ น้ำมีคุณภาพเพียงพอที่จะเข้าสู่ระบบน้ำหยดได้ ต้องใช้ต้นทุนสูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ของการติดตั้งระบบน้ำหยดทั้งหมด

8.6 แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง

เพื่อให้การจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงมีประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นต้นแบบการจัดการน้ำ ตลอดจนให้เกิดความยั่งยืนทั้งระบบจำเป็นต้องมีแนวทางจัดการทรัพยากรน้ำดังต่อไปนี้

1. กักเก็บน้ำให้เพียงพอแก่การเพาะปลูกผักตลอดฤดูกาลเพาะปลูก
2. วางแผนการปลูกผักในแต่ละปี ว่าจะปลูกผักอะไร ปลูกกี่รอบ ใน 1 ปี เพื่อกำหนดปริมาณน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการน้ำของผักแต่ละชนิดตลอดฤดูกาลเพาะปลูก
3. รักษาระดับความชื้นดินไม่ให้เกินค่าวิกฤติความชื้นดินที่เป็นประโยชน์ของผักแต่ละชนิด โดยวิธีการคลุมดินในแปลงผักด้วยวัสดุเหลือใช้จากการทำการเกษตร และให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ
4. กำหนดการให้น้ำและวิธีการให้น้ำในอัตราที่เหมาะสมโดยไม่ให้เกิดอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการชะล้างพังทลายและน้ำไหลบ่าบนผิวดินในแปลงปลูกผัก และให้น้ำในปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการน้ำของผัก

เมื่อกำหนดแนวทางจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงแล้ว ต้องปฏิบัติตามและเรียนรู้ถึงหลักการใช้น้ำหรือความต้องการน้ำของพืชผัก และวิธีการให้น้ำที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งอาจกล่าวได้โดยสังเขปดังต่อไปนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. **ผลสำเร็จของงานวิชาการ กรมพัฒนาที่ดินในรอบกึ่งศตวรรษ**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 246 น.
- กนิษฐา เอื้องสวัสดิ์อรุณชัย จินตะเวชชาญชัย แสงชัยสวัสดิ์ และถาวร อ่อนประไพ. 2554. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อตรวจจับสัญญาณเหตุการณ์แอลนีโนในกลุ่มน้ำปิงตอนบนของประเทศไทย**. น. 94-95. ในการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 2. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย.
- ธเนศ แสงหลิ. 2555. **การเพิ่มประสิทธิภาพและทดสอบแบบจำลองการใช้น้ำของพืชที่ปลูกเชิงอนุรักษ์บนชุดดินลาดชันเชิงซ้อนในระบบเกษตรน้ำฝนบนที่สูง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 126 น.
- มัตติกา พนมธนิจกุล. 2548. **การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 487 น.
- มัตติกา พนมธนิจกุล. 2547. **ฟิสิกส์ของดินชั้นพื้นฐาน**. สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 146 หน้า.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. 1998. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 326 p.
- Brouwer, C. and Heibloem, M. 1986. **Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs Training manual no. 3**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 102 p.
- Doorenbos, J. and Kassam, A. H. 1979. **Yield response to water**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Irrigation and Drainage Paper.No. 33. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977. **Guide line for prediction crop water requirement**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Irrigation and Drainage Paper No 24. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1984. **Crop water requirement**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Irrigation and Drainage Paper No 24. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 144 p.
- Erie, L. J., French, O. F. and Harris, K. 1965. **Consumptive use of water by crops in Arizona**. Arizona: University of Arizona Agricultural Experiment Station. 169 p.
- FAO. 2005. **New LocClim: Local climate estimator (version 1.03)**. FAO, Rome, Italy.
- Frank, J. and Dainello. 2012. **Estimated water requirement of vegetable crop**. Texas: Texas A&M University.
- Hudson, N. W. 1981. **Soil conservation**. Batsfard Academic and Educational Ltd. London.
- Hackett, C. 1991. **PlantGro: A Software Package for Coarse Prediction of Plant Growth**. CSIRO, Melbourne.

- Jones, J.W., Hunt, L.A., Hoogenboom, G., Godwin, D.C., Singh, U., Tsuji, G.Y., Pickering, N.B., Thornton, P.K., Bowen, W.T., Boote, K.J., Ritchie, J.T., 1994. Input and output files. In: Tsuji, G.Y., Uehara, G., Balas, S. (Eds.), **Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 3**, vol. 2. University of Hawaii, Honolulu, HI, pp. 1-94.
- Kemble, J. K. and Sanders, D. C. 2000. **Basics of vegetable crop irrigation department of horticultural science**. North Carolina State Alabama A&M University and Auburn University. 5 p.
- Panomtaranichagul, M. 1997. **The Effects of tillage practices and crop rotation systems on soil properties and water use efficiency**. A Ph. D Thesis. The University of Adelaide. South Australia. 350 p.
- Penman, H. L. 1956. **Evaporation: An introductory survey**, Neth. J. Agr. Sci., 4, p 9-29.
- Shouse, P., A. William, H. Lewis, and S. Dasberg. 1982. **Field measurement and modeling of cowpea water use and yield under stressed and well-watered growth conditions**. Hilgardia. J. Agric. Sci. CAES. 50: p 1-25.

บทที่ 9

การจัดการดินและธาตุอาหารพืชในดิน

การจัดการดินบนที่สูงด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วในบทก่อน ๆ ต่างมีเป้าหมายสุดท้ายคือ เพื่อการอนุรักษ์และปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินซึ่งความหมายของความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้นเกี่ยวข้องกับธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดิน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการจัดการธาตุอาหารในดินเพื่อให้เกิดความสมดุลของธาตุอาหารที่มีอยู่ให้เพียงพอกับความต้องการธาตุอาหารของพืชนั้น ๆ เป็นสิ่งที่จำเป็นให้ทำถูกต้องตามหลักวิชาการ ตามแต่ละสภาพปัญหานั้น ๆ และเป็นแนวทางที่เราจะสามารถนำมาพิจารณาเพื่อการจัดการและปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

9.1 ดินและความสำคัญของการปรับปรุงบำรุงดิน

ดินเป็นแหล่งปัจจัย 4 ซึ่งสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เรา ทั้งโดยตรงและทางอ้อม พืชเกือบทุกชนิดบนโลกนี้ต้องอาศัยดินในการเจริญเติบโต ตั้งแต่เริ่มงอกออกจากเมล็ด จนกระทั่งเติบโตออกดอกให้ผล ดินจึงเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการปรับปรุงบำรุงดินจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกทั่วไปของประเทศไทยส่วนใหญ่ มักจะขาดความอุดมสมบูรณ์ ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โครงสร้างดินไม่ดี แ่นทึบ ไม่อุ้มน้ำ มีจุลินทรีย์ในดินน้อย เนื่องจากสภาพที่ไม่เหมาะสม ที่ผ่านมามีการใช้ดินในการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่อง โดยขาดการปรับปรุงและบำรุงรักษา การทำการเกษตรกรรมที่ไม่เหมาะสม ใช้ดินผิดประเภท ตลอดจนแหล่งกำเนิดของดินเอง เช่น ดินทราย ดินลูกรัง ดินเปรี้ยว ดินเค็ม ดินต่ง เป็นต้น ทำให้ความสมดุลในด้านสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ จำเป็นต้องปรับปรุงและหาทางแก้ไข เพื่อให้ดินสามารถใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ การปรับปรุงดินจึงเป็นหัวใจหลักของระบบเกษตรกรรมที่ยั่งยืน ถ้าดินมีความสมบูรณ์ผลผลิตที่ได้ก็จะดี มีคุณภาพสูง ต้นทุนการผลิตต่ำ และช่วยให้งานในไร่นาเบาลง โดยทั่วไปเกษตรกรมักแก้ไขปัญหาดินเสื่อมด้วยการซื้อปุ๋ยเคมีมาใช้ โดยคิดกันว่าปุ๋ยเคมีเป็นตัวบำรุงดิน แต่ความจริงแล้วปุ๋ยเคมีส่งผลในการทำลายดินอย่างมาก เนื่องจากปุ๋ยเคมีธาตุอาหารไม่เกิน 3 ตัว คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ขณะที่ธาตุอาหารที่พืชแต่ละชนิดต้องการนั้นมีไม่ต่ำกว่า 18 ชนิด อีกทั้งยังทำให้ดินแข็งแน่น หรือที่เรียกว่าโครงสร้างดินเสีย เช่น ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 จะให้ไนโตรเจนในรูปของไนเตรท ซึ่งไนเตรทก็คือสารเคมีที่ส่วนมากจะอยู่ในรูปของกรดที่มีผลทำให้ดินเปรี้ยวเมื่อดินเปรี้ยวพืชก็ไม่สามารถดูดอาหารได้ตามเดิมเพราะมีความเปรี้ยวจับไว้

หลักการปรับปรุงบำรุงดินโดยทั่วไป คือ การจัดการเพื่อบำรุงทำให้ดินอยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับพืชต้องการปลูก ฉะนั้นในพื้นที่เดียวกันหากปลูกพืชต่างชนิดอาจจะมีรายละเอียดในการปรับปรุงบำรุงดินไม่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามการจัดการเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่เกษตรกรรมควรเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบสมบัติของดินและการวิเคราะห์ดินโดยผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ดินดังกล่าวจะนำไปสู่วิธีการปรับปรุงบำรุงดินที่เหมาะสมต่อไป การปรับปรุงบำรุงดินแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การปรับปรุงดินทางกายภาพหรือปรับโครงสร้างดิน และการปรับปรุงบำรุงดินทางด้านเคมี (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง องค์กรมหาชน, 2557)

9.2 สมบัติของดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) (2557) กล่าวว่าดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกนั้นจะต้องประกอบด้วยสมบัติดิน 3 ประการ ดังต่อไปนี้

9.2.1 สมบัติทางเคมี คือ ดินต้องมีความสมดุลของแร่ธาตุอาหารพืช ซึ่งประกอบด้วย ธาตุอาหารพืชหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ธาตุอาหารรองประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ธาตุอาหารเสริมประกอบด้วย เหล็ก สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม แมงกานีส และคลอรีน และมีปฏิกิริยาของดินที่เป็นกลาง คือดินต้องไม่เป็นกรดเป็นด่างหรือมีความเค็มจนเกินไป (pH อยู่ในช่วง 6-7)

9.2.2 สมบัติทางกายภาพของดิน คือ ดินต้องมีความสมดุลของอากาศและน้ำ กล่าวคือ ดินต้องมีโครงสร้างที่ดี มีการร่วนซุย อากาศถ่ายเทได้ดี มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เม็ดดินเกาะกันอย่างหลวม ๆ เพื่อช่วยให้รากพืชสามารถแผ่ขยาย และซอมน้ำไปหาแร่ธาตุอาหารพืชได้ง่ายในระยะที่กว้างและไกล เป็นดินที่อ่อนนุ่มไม่แข็งกระด้างซึ่งมัตติกา (2548) กล่าวว่าสมบัติทางกายภาพของดินที่เหมาะสมต่อการทำการเกษตรมีดังต่อไปนี้

9.2.2.1 ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) หมายถึงสัดส่วนของมวลดินแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรรวม เป็นดัชนีชี้ถึงการอัดแน่นของดิน มีค่าผันแปรระหว่าง 1.1-1.5 เมื่อกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับดินไร่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกทั่ว ๆ ไป มีค่าประมาณ 1.6-1.8 เมื่อกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และดินดานใต้ชั้นไทรพรวนในดินนามีค่าวิกฤตสูงกว่า 1.8 เมื่อกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะขัดขวางการซอมน้ำและการหยั่งรากพืชทั่ว ๆ ไป

9.2.2.2 ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (Particle density) หมายถึงสัดส่วนของมวลดินแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของแข็ง เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงองค์ประกอบทางแร่ของดินได้ โดยแร่ที่ให้งานดินส่วนใหญ่มีความถ่วงจำเพาะสูง ก็จะทำให้ค่าความหนาแน่นอนุภาคของดินสูง และหากดินมีอินทรีย์วัตถุสูงความหนาแน่นอนุภาคของดินจะต่ำ เพราะมีความถ่วงจำเพาะต่ำ ซึ่งค่าความหนาแน่นอนุภาคของดินทั่วไปมีค่าประมาณ 2.65 เมื่อกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

9.2.2.3 ความพรุนทั้งหมดของดิน (Total porosity) คือ สัดส่วนโดยปริมาตรของช่องว่างทั้งหมดในดิน ต่อหนึ่งร้อยหน่วยปริมาตรของดิน โดยความพรุนทั้งหมดของดินในชั้นไทรพรวน ผันแปรระหว่าง 30-60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความพรุนทั้งหมดของดินผันแปรตามความหนาแน่นและความหนาแน่นอนุภาคของดิน

9.2.2.4 ปริมาณความชื้นในดิน (Soil moisture content) คือปริมาณความชื้นในดินขณะใดขณะหนึ่ง เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความมากน้อยของปริมาณน้ำในดินหรือของเหลวในดินขณะนั้น ๆ ซึ่งนิยมแสดงเป็นปริมาณน้ำที่มีอยู่ในช่องว่างของดินคิดเป็นร้อยละ คือ สัดส่วนโดยน้ำหนักของอนุภาคของแข็งของดิน สัดส่วนโดยปริมาตรรวมของดิน และความลึกของผิวน้ำถึงผิวดิน หรือเรียกว่าความลึกสมมูล

9.2.2.5 ความจุความชื้นในสนามของดิน (Field capacity) คือความชื้นในดินที่ดินสามารถดูดยึดหรือกักเก็บไว้ได้สูงสุดเต็มอำนาจการดูดยึดของดินชนิดนั้น ๆ หรือในสภาวะธรรมชาติ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อดินถูกทำให้อิ่มตัวด้วยน้ำและปล่อยให้ น้ำที่เกินอำนาจการดูดยึดของดินระบายออกจนหมดภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก โดยถือว่าไม่มีการระเหยน้ำจากผิวดิน

9.2.2.6 ความพรุนที่มีการถ่ายเทอากาศหรือความจุอากาศของดิน (Aeration porosity or air capacity) หมายถึงปริมาณของอากาศที่มีในดินขณะใดขณะหนึ่งที่ดินมีความชื้นระดับหนึ่ง ซึ่งส่วนมากหมายถึงปริมาณอากาศในดินในสภาพไร่นา หรือในสนาม (Air field capacity) ซึ่งผันแปรกับระดับความชื้นในดิน อย่างไรก็ตามปริมาณช่องว่างในดินที่มีการระบายอากาศดีเท่านั้นที่สามารถใช้บ่งชี้ถึงคุณสมบัติของดินว่าเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากพืชมากน้อยเพียงใด ซึ่งหมายถึงปริมาณช่องว่างในดินที่มีอากาศขณะที่

ดินอุ้มน้ำได้สุดในธรรมชาติ หรือดินที่มีความชื้นที่ความจุความชื้นในสนาม (Field capacity) ซึ่งปริมาณความจุอากาศของดินที่เหมาะสมสำหรับพืชไร่ทั่วไป มีค่าประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพืช เช่น หัวผักกาด ขิง ข่า มันฝรั่ง มีค่าดังกล่าวอยู่ประมาณ 12-15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนธัญพืชอยู่ 10-15 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพืชตระกูลหญ้ามีค่า AP เท่ากับ 6-10 เปอร์เซ็นต์เป็นต้น และสำหรับดินที่ใช้ในการทำการเกษตรทั่วไปมีค่า AP ประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าในดินที่ให้ผลผลิตสูง เนื้อดินปานกลางมีค่า AP ประมาณ 10-30 เปอร์เซ็นต์

9.2.2.7 อัตราการซึมน้ำในดิน (Flow rate) และสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดิน (Hydraulic conductivity) หมายถึงอัตราเร็วหรืออัตราการไหลของน้ำที่ผ่านดินซึ่งคำนวณเป็นหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำที่เคลื่อนที่ผ่านดินหนึ่งหน่วยพื้นที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา หรืออัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน (Infiltration rate) นั้นเอง อย่างไรก็ตามอัตราการไหลของน้ำในดินไม่เหมือนกับอัตราการไหลของน้ำในท่อทั่วไป ถึงแม้ว่าจะใช้เปรียบเทียบกันก็ตาม โดยน้ำที่ไหลในท่อจะไหลผ่านท่อกลวงรวมกันไป มีลักษณะเป็นระยะทางตรง มีพื้นที่หน้าตัดเป็นพื้นที่หน้าตัดของท่อและมีน้ำไหลอย่างเดียวนั้น ในขณะที่สภาพความเป็นจริงในดินนั้น ช่องว่างของดินเป็นรูปร่างไม่แน่นอน ระยะทางที่ช่องว่างต่อเนื่องกันก็คดเคี้ยววกวน พื้นที่หน้าตัดก็เป็นช่องที่มีอนุภาคดินรวมอยู่ด้วย ดังนั้นอัตราเร็วของน้ำที่ไหลผ่านดินจึงเป็นอัตราการไหลของน้ำผ่านวัตถุพรุน ซึ่งจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดิน หากสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดินสูง อัตราการซึมน้ำของดินก็จะสูงด้วย

9.2.3 สมบัติทางชีวภาพ คือ ดินที่สมบูรณ์จะต้องมีความสมดุลของจุลินทรีย์ในดิน กล่าวคือ เป็นดินที่มีจุลินทรีย์และสิ่งที่มีชีวิตเล็ก ๆ ในดินที่เป็นประโยชน์ในปริมาณมาก ซึ่งสามารถควบคุมจุลินทรีย์และสิ่งที่มีชีวิตเล็กๆในดินที่ให้โทษแก่พืชได้เป็นอย่างดี และจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินสามารถสร้างกิจกรรมต่างๆที่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่พืชได้ดี นอกจากนี้ Atlas และ Bartha (1998) อ้างตาม สุพัตรานุตรพลวง และคณะ (2558) กล่าวว่าจุลินทรีย์ในดินมีหน้าที่สำคัญในดินเป็นอย่างมาก ได้แก่ พวก Actinomycetes และ Autochthonous จะเจริญอย่างช้า ๆ แต่จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารประกอบเชิงซ้อนของอินทรีย์วัตถุ เช่นเดียวกับเชื้อราซึ่งมีหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน ส่วนราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซา จะมีความสัมพันธ์เป็นตัวเชื่อมที่สำคัญระหว่างรากพืชกับดินแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันที่พบทั่วไปตามธรรมชาติ โดยเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้จะเกิดต่อพืชโดยการเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารให้กับพืช เพิ่มความทนทานของพืชในสภาวะเครียด (ขาดน้ำ/ดินเค็ม) เพิ่มความทนทานของพืชต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยและเชื้อสาเหตุโรคพืชทางระบบรากและทำให้ดินมีโครงสร้างที่แข็งแรง และ Glomalin ที่ผลิตขึ้นโดยเส้นใยของราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซานั้นยังมีบทบาทต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน และเป็นองค์ประกอบหลักของ biomass ของจุลินทรีย์ในดิน อันทำให้ราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซามีบทบาทสำคัญในการควบคุมการหมุนเวียนคาร์บอนในดิน และชั้นบรรยากาศภายใต้สภาวะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง (พัคตร์เพ็ญ, 2556) ประโยชน์ด้านอื่นของดินที่มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในสภาพสมดุล คือ จุลินทรีย์สามารถย่อยแร่ธาตุในดินที่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ หรือนำไปใช้ได้น้อย ให้อยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เช่น เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. สามารถผลิตกรดอินทรีย์บางชนิดมาเปลี่ยนรูปฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงในดิน ให้เปลี่ยนมาอยู่ในรูปสารประกอบฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ หรือแบคทีเรียจำพวก *Rhizobium* สามารถจับไนโตรเจนในอากาศมาให้พืชใช้ประโยชน์ได้ ผ่านกลไกการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี หรือการสร้างสารปฏิชีวนะปราบโรคและศัตรูพืชในดินได้ โดยข้อเท็จจริงการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูพืชจะได้ผลดีในระยะแรก แต่จะเกิดการดื้อยาในภายหลัง และเกิดผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมเป็นลูกโซ่ ดังนั้นการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (Antagonist) จึงเป็นวิธีที่ปลอดภัยและได้ผลในระยะยาวมากกว่า จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ ได้แก่ *Trichoderma* spp. และ

Chaetomium spp. ประโยชน์อันสำคัญอีกประการคือ ช่วยทำลายสารพิษในดินได้ (Phytoremediation) โดยพืชจะมีกลไกในการกำจัดหรือลดความเป็นพิษของโลหะหนักหรือสารมลพิษในดินให้น้อยลงผ่านกลไกของการฟื้นฟูที่สำคัญได้แก่ การสกัดด้วยพืช (Phytoextraction) การกรองด้วยรากพืช (Rhizofiltration) การตรึงด้วยพืช (Phytostabilization) การทำให้ระเหยด้วยพืช (Phytovolatilization) การย่อยสลายด้วยพืช (Phytodegradation) และการกระตุ้นด้วยพืช (Phytostimulation) เช่น การปลูกสบู่ดำ เพื่อลดปริมาณแคดเมียมในดิน (เพชรไพลิน และคณะ, 2552)

9.3 ธาตุอาหารพืช

พืชจะเจริญเติบโตออกดอกติดผลได้สำเร็จจะต้องได้รับ “ธาตุอาหาร” ซึ่งเป็นธาตุ (Element) ที่มีอยู่ในปุ๋ยและสามารถเป็นธาตุอาหารแก่พืชได้ พืชจะดูดใช้ธาตุอาหารได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน ปัจจัยเรื่องดินและปุ๋ยเป็นประเด็นสำคัญมากเพราะเป็นแหล่งที่มาของธาตุอาหารพืช การจัดการดินและธาตุอาหารเป็นพื้นฐานของการเสริมสร้างความสมบูรณ์ของต้นไม้รวมทั้งระบบราก ความยั่งยืนของการผลิตพืชผลจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยการจัดการดังกล่าว ถ้าปฏิบัติได้ถูกต้องเหมาะสมต้นพืชก็จะมีสุขภาพแข็งแรงสามารถออกดอกผลิตผลที่สมบูรณ์ (วิจิตร, 2552)

พืชที่มีใบสีเขียวสามารถสร้างอินทรีย์สารที่ซับซ้อนได้เอง พืชได้รับ CO_2 และ O_2 จากอากาศได้น้ำและแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งเป็นอนินทรีย์สารจากดิน เมื่อผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงจะเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานทางเคมีให้เป็นสารจำพวก “คาร์โบไฮเดรต” นอกจากนี้ยังสังเคราะห์อินทรีย์สารที่จำเป็นอื่น ๆ เช่น โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลีอิก และวิตามิน เป็นต้น พืชจะนำสารที่สังเคราะห์ได้เหล่านี้ใช้ในกิจกรรมการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นพื้นฐานในการดำรงชีพของมนุษย์และสัตว์บนโลกธาตุอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญขององค์ความรู้ในการผลิตพืชไร่นา พืชสวน การจัดการทุ่งหญ้าและป่าไม้ตลอดจนวิทยาการด้านสิ่งแวดล้อม

ธาตุอาหารพืชที่ใช้ในปริมาณมากได้มาจากอากาศ ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ธาตุเหล่านี้ยังไม่มากพอเพียงในธรรมชาติ ธาตุอีก 13 ตัวพืชดูดได้จากดินโดยผ่านทางราก ธาตุเหล่านี้เป็นธาตุที่ใช้ทำ “ปุ๋ยแร่” หรือ “ปุ๋ยเคมี” ธาตุอาหารที่พืชใช้จำนวนมาก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) สำหรับธาตุอาหารที่พืชใช้ในจำนวนน้อย ได้แก่ เหล็ก (Fe) โบรอน (B) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) คลอรีน (Cl) และโมลิบดีนัม (Mo) ส่วนธาตุอาหารอื่น ๆ ที่จัดเป็นธาตุอาหารที่ไม่จำเป็นสำหรับพืชชั้นสูงแต่สำคัญสำหรับพืชบางชนิดประกอบด้วย โซเดียม (Na) ซิลิกอน (Si) และโคบอลต์ (Co) จุลินทรีย์บางชนิดจำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารวานาเดียม (V) ในการดำรงชีวิต

ดังนั้นคำว่าธาตุอาหารหรือ “Nutrient” เป็นสารทั้งหมดที่พืชจำเป็นต้องดูดใช้ในรูปโมเลกุล (เช่น CO_2 , H_2O , H_3BO_3 , N_2) หรือรูปไอออน NO_3^- , NH_4^+ , $\text{H}_2\text{PO}_4^{3-}$, K^+ , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , MoO_4^{2-} และ Cl^- เป็นต้น

9.3.1 การจำแนกธาตุอาหารพืช

ปัจจุบันธาตุอาหารพืชสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ จำแนกตามความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชและจำแนกธาตุอาหารตาม Biochemical behavior หรือ Physiological function ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

9.3.1.1 จำแนกตามความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

9.3.1.1.1 ธาตุอาหารมหัพภาค (Macronutrient) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

ธาตุอาหารที่ได้จากอากาศและน้ำ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน จะปรากฏในรูปสารประกอบเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ (H_2O) เมื่อรวมตัวกันจะมีในพืชไม่ต่ำกว่า 96เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของพืช โดยจะถูกใบที่มีสีเขียวและรากดูดซึมมาทำการสังเคราะห์แสงที่ใบ ผลิตเป็นอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากพืชส่วนใหญ่ได้รับธาตุอาหารเหล่านี้จากอากาศและน้ำจึงไม่ค่อยพบปัญหาการขาดธาตุดังกล่าวในพืช

ธาตุอาหารหลักหรือธาตุปุ๋ย ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารที่พืชดูดจากดินธาตุอาหารดังกล่าวพืชต้องการปริมาณมากและพอเพียง ซึ่งโดยทั่วไปมักจะขาดแคลนโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ส่วนโพแทสเซียมส่วนมากมีอยู่ในดินเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของแร่ดินเหนียว

ธาตุอาหารรอง อันได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมากเช่นกัน แต่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอาหารหลัก แต่เดิมมักไม่ขาดแคลนหรือไม่พบอาการขาดที่รุนแรง จึงเรียกกันว่า “ธาตุอาหารรอง” ทั้ง ๆ ที่ความสำคัญของธาตุเหล่านี้ไม่ได้เป็นรองธาตุ N, P และ K ในปัจจุบันปัญหาการขาดแคลเซียมและแมกนีเซียมมีมากขึ้นกว่าแต่ก่อน เนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้นทำให้ดินเป็นกรดจึงมักพบอาการขาด Ca และ Mg มากขึ้น

9.3.1.1.2 ธาตุอาหารจุลภาค (Micronutrient) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย บางทีเรียกอาหารเหล่านี้ว่า “ธาตุอาหารเสริม” ได้แก่ ธาตุเหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) และคลอรีน (Cl) แม้พืชจะต้องการธาตุเหล่านี้ในปริมาณน้อยแต่พืชจะขาดธาตุเหล่านี้ไม่ได้ ปริมาณธาตุที่พบในดินหรือในพืชจึงแสดงความเข้มข้นในหน่วยส่วนต่อล้าน (ppm) นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารอื่นๆ ที่มีความสำคัญได้แก่ โคบอลต์ (Co) ซีลีเนียม (Se) ซิลิกอน (Si) โซเดียม (Na) วาเนียม (V) และมีธาตุอาหารที่เป็นพิษมาก ได้แก่ อะลูมิเนียม (Al) โบรมีน (Br) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ฟลูออรีน (F) ตะกั่ว (Pb) และนิกเกิล (Ni) เป็นต้น

9.3.1.2 จำแนกธาตุอาหารตาม Biochemical behavior หรือ Physiological function

ศุภธิดา (2554) กล่าวว่า การแบ่งธาตุอาหารออกเป็น Macronutrient และ Micronutrient จากที่กล่าวมาแล้วนี้ค่อนข้างจะไม่มีเหตุผล ทั้งนี้เพราะ ในบางครั้งพืชบางชนิดปริมาณ Macro และ Micronutrients อาจจะไม่แตกต่างกันเลยก็ได้ โดยปกติแล้วปริมาณของ Micronutrient ในดินพืชจะมีมากเกือบเท่ากับความต้องการทางสรีรวิทยา (Physiological requirement) ของธาตุอาหารจริง ๆ เช่น Mn และ Cl นอกจากนี้แล้วจะเห็นได้ว่าปริมาณธาตุอาหารที่อยู่ในใบ ลำต้น หรือผลจะไม่ใช่เครื่องชี้วัดถึงปริมาณที่พืชต้องการ สำหรับทางสรีรวิทยา (Physiological) หรือกระบวนการทางด้านชีวเคมี (Biochemical) จริง ๆ แต่ประการใด พืชอาจจะดูดใช้ธาตุอาหารชนิดอื่นที่ไม่มีความสำคัญประการใดต่อตัวพืชเองเลย บางชนิดอาจเป็นพิษ (Toxic) ต่อตัวมันเองก็ได้ เช่น Al, Ni, Se และ F ดังนั้น การแบ่งธาตุอาหารพืชออกเป็น Macronutrient และ Micronutrient โดยอาศัยปริมาณที่อยู่ในพืชนั้น อาจจะไม่มีความเหมาะสมอันใดต่อทางสรีรวิทยาเลย ซึ่งการแบ่งกลุ่มธาตุอาหารตาม Biochemical behavior หรือ Physiological function จะมีความหมายและเหมาะสมมากกว่า โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 การแบ่งกลุ่มของธาตุอาหาร โดยอาศัยหน้าที่ทางชีวเคมีและทางสรีรวิทยาของพืช (Biochemical behavior หรือ Physiological function)

กลุ่ม	ธาตุอาหาร	รูปที่ใช้	หน้าที่ทางชีวเคมีและสรีรวิทยาของพืช
1	C, H, O, N, S	CO_2 , HCO_3^- , H_2O , O_2 , NO_3^- , NH_4^+ , N_2 , SO_4^{2-} , SO_2	เป็นส่วนประกอบสารอินทรีย์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดพลังงาน และกระบวนการ Oxidation-reduction
2	P, B, Si	H_2PO_4^- , PO_3^{3-}	มีส่วนเกี่ยวข้องกระบวนการ Esterification ที่ทำงานร่วมกับหมู่ Alcohol ที่อยู่ในพืช เช่น P ใน Phosphateesters มีส่วนเกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดพลังงาน
3	K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl	K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Cl^-	มีส่วนเกี่ยวข้องกับแรงดัน Osmotic potential ต่าง ๆ ในพืช และมีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ให้การทำงานในระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังเป็นตัวเชื่อมปฏิกิริยาต่าง ๆ และยังเป็นการปรับสมดุลของระหว่างไอออน
4	Fe, Cu, Zn, Mo	Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , MoO_4^{2-}	ส่วนมากจะอยู่ในรูปของ Chelate โดยอยู่รวมกับ Prosthetic group และถูกใช้เป็นตัวเคลื่อนย้าย Electron

ที่มา: ศุภธิดา (2554)

9.3.1.2 1 บทบาทของธาตุอาหารต่าง ๆ ในการทำหน้าที่ทางชีวเคมีและทางสรีรวิทยาของพืช

จำแนกตามปริมาณที่พบได้ 4 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

Group 1 (จะเป็นองค์ประกอบของส่วนประกอบของพืชเป็นส่วนใหญ่)

คาร์บอน: จะถูกดูดเข้าไปใช้ในรูปของ CO_2 จากอากาศหรือ HCO_3^- จากสารประกอบเหล่านี้จะถูกดูดซึม (Assimilate) โดยกระบวนการ Carboxylation กลายเป็นสารประกอบตัวใหม่อีก การดูดซึม C จะเกิดขึ้นพร้อมกับการดูดซึมออกซิเจน ทั้งนี้เพราะออกซิเจนเป็นสารประกอบของ CO_2 หรือ HCO_3^-

ไฮโดรเจน: จะถูกดูดเข้าไปใช้ในรูปของ H_2O จากสารละลายดินหรือในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูง (Humid) พืชสามารถดูดน้ำจากอากาศได้ด้วย ในระหว่างที่พืชกำลังสังเคราะห์แสงนั้น H_2O จะถูก Reduces ให้เป็น H (Photolysis) และ H นี้จะถูกส่งผ่านไปที่สารประกอบอินทรีย์ (Organic compounds) ต่าง ๆ หลายขั้นตอน จนในที่สุดจะทำให้ NADP^+ กลายเป็น NADPH จะเป็นตัว Reducing agent ที่สำคัญมากในกระบวนการ Oxidation-reduction ของกระบวนการชีวเคมีที่อยู่ในสิ่งมีชีวิต

ไนโตรเจน: จะถูกพืชดูดเข้าไปอยู่ในรูปของ NO_3^- และ NH_4^+ ซึ่งมีอยู่ในสารละลายดิน แต่พืชตระกูลถั่วมี Rhizobium อาศัยอยู่หรือพวก Free living N_2 fixation เช่น Azobacter clostridium และ Blue green algae จะสามารถดูด N_2 เข้าไปใช้ได้โดยตรง ซึ่งกระบวนการนี้เราเรียกว่า N_2 fixation ซึ่ง N ที่ดูดเข้าไปในรูปของ NO_3^- จะถูก reduce ให้กลายเป็น NH_3 และจะถูกดูดซึมเข้าไปโดยกระบวนการ Amination process สำหรับ N ที่ดูดเข้าไปในรูปของ NH_4^+ จะถูกดูดซึมโดยกระบวนการ Amination process ทันที

สำหรับการดูด N_2 เข้าไปใช้ หรือ N_2 fixation นั้น N_2 จะถูก reduce ให้เป็น NH_3 และถูกเปลี่ยนเป็น NH_3 โดยกระบวนการ Amination

กำมะถันหรือซัลเฟอร์: จะอยู่ในรูปเดียวกับ NO_3^- โดย SO_4^{2-} ที่ถูกดูดเข้าไปจะถูก Reduce ให้เป็น $-SH$ group S จะดูดเข้ามาจากสารละลายดินในรูป SO_4^{2-} และ SO_2 จากอากาศ การดูด C, HO, N, S ให้เป็นสารประกอบของพืชนั้นจะเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาพื้นฐานในพืช

Group 2: ได้แก่ P, B และ Si นั้นจะมีความเหมือนในแง่พฤติกรรมทางกระบวนการทางชีวเคมี ธาตุอาหารพวกนี้จะถูกพืชดูดไปใช้ในรูปของอนินทรีย์ประจุไฟฟ้าลบ หรือกรดอินทรีย์ เมื่ออยู่ในต้นพืชธาตุอาหารเหล่านี้จะจับกับ OH^- กลุ่มของน้ำตาล กลายเป็น Phosphate, Borate และ Silicate ester มีหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการส่งถ่ายพลังงาน (energy transfer reaction)

Group 3: ได้แก่ K, Ca, Na, Mg, Mn และ Cl ธาตุพวกนี้จะถูก Adsorb ในรูปของไอออนของธาตุเหล่านี้ โดยอยู่ในรูปของ K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} และ Cl^- เมื่ออยู่ในเซลล์ของพืชธาตุเหล่านี้จะอยู่ในสภาพ Free ionic state หรือถูก adsorb ให้อยู่ในรูป Indiffuseable organic anion เช่นการ Adsorbed Ca^{2+} โดยกระบวนการ Carboxylic group (COOH) ของโปรตีน ส่วน Mg อาจจะถูกจับไว้อย่างเหนียวแน่นใน Chlorophyll molecule

Group 4: ประกอบด้วย Fe, Cu, Zn และ Mo เมื่ออยู่ในพืชมักจะอยู่ในรูปของ Chelate ต่าง ๆ การดูดซับเข้าไปในต้นพืชก็จะดูดซับในรูปของ Chelate complex เช่นเดียวกันยกเว้น Mo ธาตุอาหารในกลุ่มนี้มีส่วนสำคัญของ Prosthetic group ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการถ่ายทอด Electron

9.4 หน้าที่ของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและการผิดปกติต่าง ๆ

ไนโตรเจน (N): เป็นธาตุอาหารที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 0.5-5 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) และคลอโรฟิลล์ สารประกอบเหล่านี้ มีความสำคัญมากต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะมีการเจริญเติบโตดี มีความแข็งแรง ใบมีสีเขียวเข้ม

อาการขาดไนโตรเจน: ไนโตรเจนเป็นธาตุที่จัดว่าเคลื่อนที่ได้ในพืช ดังนั้น เมื่อส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต (ใบ และยอดอ่อน) ได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในส่วนที่เป็นใบแก่จะถูกเคลื่อนย้ายไปยังส่วนที่เป็นใบอ่อน ทำให้พืชแสดงอาการผิดปกติที่บริเวณใบแก่ อาการขาดไนโตรเจนที่พบในไม้ผล คือ ใบจะมีสีซีดกว่าปกติ ใบแก่มีสีเหลือง ร่วงก่อนกำหนด การแตกใบอ่อนไม่ดี ติดผลน้อย ผลมีขนาดเล็ก ผลผลิตโดยรวมลดลง สีของผลไม่สวย เช่น ลิ้นจี่ จะมีสีแดงคล้ำ การขาดไนโตรเจนเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันก็สามารถแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว โดยการใส่ปุ๋ยให้พืช

อาการที่มีไนโตรเจนมากเกินไป: เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทางใบมาก การออกดอกยากและช้า ผลแก่ช้า คุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวไม่ดี เช่น มะม่วงจะมีเนื้อนิ่ม พืชไม่ต้านทานต่อโรคและแมลง

ฟอสฟอรัส (P): พบในพืชประมาณ 0.1-0.4 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่าไนโตรเจนประมาณ 10 เท่า ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นขบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญอย่างยิ่ง พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และเมตาบอลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตจะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต (อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟส และ ATP) สำหรับใช้ในการเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์ของพืช นอกจากนั้น ฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์ และฟอสโฟไลปิดอีกด้วยความสำคัญของฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืชคือ ช่วยทำให้การแบ่งเซลล์ และการพัฒนาการของส่วนประกอบที่

เจริญเติบโตของพืช (ยอด และราก) เป็นไปได้ดี ฟอสฟอรัสช่วยให้พืชออกดอกและแก่เร็ว ทำให้พืชมีความแข็งแรง ต้านทานต่อโรค และแมลง

อาการขาดฟอสฟอรัส: พืชจะมีขนาดของต้นเล็ก ลำต้น และใบแคระแกรน การแตกกิ่งก้านไม่ดี การเจริญเติบโตของระบบรากน้อย ใบแก่ของพืชจะมีสีเขียวเข้ม หรือสีม่วง เนื่องจากการสะสมคาร์โบไฮเดรตมากเกินไป อาการขาดฟอสฟอรัสที่รุนแรงไม่ค่อยพบในไม้ผล

อาการที่มีฟอสฟอรัสมากเกินไป: ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไม่ถูกชะล้างในน้ำ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมั่วเสมอจะทำให้เกิดการสะสมฟอสฟอรัสขึ้นในดินได้ง่าย ฟอสฟอรัสที่มากเกินไปในดินจะทำให้จุลินทรีย์ โดยเฉพาะสังกะสี และเหล็กไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ทำให้พืชขาดธาตุอาหารทั้งสองชนิดนี้ได้

โพแทสเซียม (K): โพแทสเซียมมีอยู่ในพืชประมาณ 1.25-3 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นมากสำหรับไม้ผลเขตร้อน เช่น กล้วย น้อยหน่า ทุเรียนหน่า ที่ของโพแทสเซียมจำเป็นต่อการสังเคราะห์ โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต การทำงานของคลอโรฟิลล์และเอ็นไซม์หลายชนิด นอกจากนั้น ยังเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายแป้ง และน้ำตาลในพืช และควบคุมการปิดเปิดของปากใบ

อาการขาดโพแทสเซียม: พบบ่อยมากในไม้ผล อาการขั้นแรกคือ พืชจะชะงักการเจริญเติบโต อาการต่อไปคือ ใบแกมีสีเหลืองซีด โดยเริ่มจากปากใบ และปลายใบ ในพืชบางชนิดจะพบจุดสีน้ำตาลไหม้กระจายทั่วทั้งใบ หรือพบจุดสีแดง หรือเหลืองระหว่างเส้นใบในใบอ่อน ถ้าอาการรุนแรง ใบจะแห้ง และร่วงก่อนกำหนด ในไม้ผลจะพบว่า ผลมีขนาดเล็ก พัฒนาการของผลไม่ดี สีผิวไม่สวย และรสชาติไม่ดี

อาการที่มีโพแทสเซียมมากเกินไป: นอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองแล้วยังมีผลเสียต่อพืชด้วย กล่าวคือ จะทำการดูดใช้ธาตุแมกนีเซียม และแคลเซียมของพืชลดลง ในกรณีที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูง จึงแนะนำให้ใส่ปุ๋ยที่มีแมกนีเซียม และแคลเซียมรวมด้วย

แคลเซียม (Ca): ปริมาณแคลเซียมในพืชอยู่ระหว่าง 0.5-2 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อัตราการดูดธาตุแคลเซียมจะช้ากว่าโพแทสเซียม แคลเซียมมีหน้าที่เกี่ยวกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืช จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์ และการเจริญเติบโตของเซลล์ และเป็นธาตุที่กระตุ้นให้เอ็นไซม์หลายชนิดทำงาน ในไม้ผล แคลเซียมจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวให้ยาวนานขึ้น

อาการขาดแคลเซียม: ดินที่มีเนื้อหยาบหรือเป็นทรายจัด และดินกรดมีโอกาที่จะขาดแคลเซียมได้ง่าย นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่จะช่วยส่งเสริมในการขาดแคลเซียมได้ เช่น ในสภาพอากาศที่ร้อน แห้งแล้ง และลมแรง รวมทั้งการที่พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงหรือการที่พืชได้รับโพแทสเซียมสูงดังที่กล่าวมาแล้ว อาการขาดแคลเซียมจะเกิดที่ใบอ่อนหรือส่วนที่กำลังเจริญเติบโต เพราะแคลเซียมเป็นธาตุที่จัดว่าไม่เคลื่อนที่ในพืช อาการที่พบคือ ใบจะบิดเบี้ยวม้วนงอ ใบไม่สามารถคลี่ได้เต็มที่ หรือเมื่อใบขยายใหญ่ขึ้นจะเกิดการขาดตามขอบใบ ในมะเขือเทศจะพบอาการเน่าที่ก้นของผล เรียกว่า โรคก้นเน่าของมะเขือเทศ แต่ความจริงเกิดจากการขาดแคลเซียม อาการก้นเน่านี้อาจพบในพืชอื่น เช่น น้อยหน่า ด้วยเช่นกัน

ดินที่มีแคลเซียมมากเกินไป: จะมีผลต่อการดูดใช้แมกนีเซียมและโพแทสเซียม

แมกนีเซียม (Mg): พบในพืช ประมาณ 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ การขาดแมกนีเซียมน่าจะเกิดขึ้นได้มาก และพบบ่อย ๆ เนื่องจากความไม่สมดุลหรือไม่ได้สัดส่วนระหว่างโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการสังเคราะห์แสง นอกจากนั้นยังเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง และมีส่วนช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลภายในพืช

อาการขาดแมกนีเซียม: แมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ในพืช อาการที่เกิดจึงพบที่ใบแก่ก่อน ขอบใบและบริเวณระหว่างเส้นใบมีสีเหลืองเห็นได้ชัด แต่เส้นใบยังเขียวอยู่ อาจมีสีแดงเกิดตามแถบสีเหลืองบนใบด้วย ถ้าพืชขาดแมกนีเซียมรุนแรง ใบแก่ซึ่งอยู่ตอนล่างของพืชจะตายไป ในพืชบางชนิด การขาดแมกนีเซียมจะทำให้ใบร่วงก่อนกำหนด

ถ้าดินที่มีแมกนีเซียมมากเกินไป: จะมีผลต่อการดูดใช้โพแทสเซียม และแคลเซียม

กัมมะถัน (S): กัมมะถันในพืชมี ประมาณ 0.15-0.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนักวิชาการหลายท่านมองว่าความสัมพันธ์ระหว่างกัมมะถันกับไนโตรเจนมีความสำคัญกับพืชมากกว่าตัวกัมมะถันเดี่ยว ดังนั้นสัดส่วนระหว่างไนโตรเจนต่อกัมมะถัน (N/S) น่าจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเพียงพอหรือขาดได้ดีกว่าปริมาณกัมมะถันทั้งหมด กัมมะถันเป็นส่วนประกอบของ กรดอะมิโนบางชนิด โปรตีน และโคเอนไซม์ (Co-enzyme)

อาการขาดกัมมะถัน: เนื่องจากกัมมะถันไม่เคลื่อนย้ายในพืช อาการขาดจะเกิดที่ใบอ่อนหรือส่วนที่กำลังเจริญเติบโต การขาดจะทำให้พืชโตช้า แครกแกรน ลำต้นผอมสูง เกิดอาการเหลืองทั้งต้น ใบอ่อนจะมีสีเหลืองบริเวณระหว่างเส้นกลางใบ ในขณะที่อาการขาดไนโตรเจนใบแก่จะมีสีเหลือง

จุลธาตุ: ถึงแม้ว่าพืชจะต้องการจุลธาตุในปริมาณน้อย แต่พืชจะขาดจุลธาตุไม่ได้ จุลธาตุทั้งหมดมี 7 ธาตุ คือ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) คลอรีน (Cl) ปริมาณจุลธาตุในพืชจะค่อนข้างต่ำ นิยมบอกเป็น “ส่วนในล้านส่วน” (ppm) ในพืชบางชนิด ความเข้มข้นที่อยู่ระหว่างการขาดแคลน และความเป็นพิษของจุลธาตุ ค่อนข้างแคบ การใช้จุลธาตุจึงต้องทำด้วยความระมัดระวังความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุ โดยเฉพาะเหล็ก และสังกะสี จะเปลี่ยนไปตามค่าความเป็นกรดและด่างของดิน (pH) และความเข้มข้นของธาตุบางชนิด จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนั้น การประเมินอาการขาดธาตุในกลุ่มจุลธาตุยังทำได้ยากอีกด้วย

เหล็ก (Fe): พืชมีความเข้มข้นของเหล็กประมาณ 50-100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) แต่ปริมาณเหล็กที่สูงขึ้นหลายร้อย ppm ไม่มีผลเสียต่อพืช เหล็กเป็นส่วนประกอบของเฟอริดอกซิน (Ferridoxin) ซึ่งเป็นสารที่สำคัญในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของพืช นอกจากนั้นเหล็กยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งสำคัญในการสังเคราะห์แสง

อาการขาดเหล็ก: ใบพืชจะมีสีเหลืองซีด และเกิดที่ใบอ่อน โดยที่เส้นใบยังเขียวอยู่ (Intervein chlorosis) ในขณะที่พื้นที่ระหว่างเส้นใบมีสีเหลือง ทำให้มองเห็นลวดลายชัดเจน นอกจากนั้นพืชที่ขาดเหล็กมักจะมีใบหนา เล็กและหยابกระด้าง อาการขาดเหล็กจะพบได้มากในดินด่าง หรือดินที่มีฟอสฟอรัส หรือแมงกานีสสูง

แมงกานีส (Mn): แมงกานีสในพืชมีอยู่ประมาณ 20-100 ppm พืชที่ไวต่อการขาดแมงกานีส มักจะไวต่อความเป็นพิษของแมงกานีสด้วย หน้าที่ของแมงกานีสเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา ออกซิเดชันรีดักชัน (Oxidation-reduction) ในขบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน และเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์

อาการขาดแมงกานีส: ใบอ่อนของพืชจะมีสีเหลืองระหว่างเส้นใบ คล้ายกับการขาดเหล็ก เมื่อเกิดอาการขาดที่รุนแรง ใบพืชจะแสดงอาการแห้งตายเป็นจุด ๆ หรือเป็นแถบ ใบและผลอาจร่วง ยอดใบอาจแห้งตาย

สังกะสี (Zn): มีอยู่ในพืชประมาณ 15-50 ppm แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ประมาณ 15 ppm การขาดเพียง 1-2 ppm อาจทำให้เกิดความผิดปกติของพืชได้ สังกะสีมีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด สังกะสีมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์สาร IAA (Indole acetic acid) ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเซลล์พืช นอกจากนั้นสังกะสียังมีบทบาทเกี่ยวกับการสร้างแป้งในพืช

อาการขาดสังกะสี: ในบรรดาจุลธาตุด้วยกัน อาการขาดสังกะสี พบได้มากที่สุด ในไม้ผล ใบจะมีสีเหลืองระหว่างเส้นใบ และมีขนาดรีวเล็ก ปล้องของลำต้น และกิ่งก้านอ่อนจะสั้นกว่าปกติ ในกรณีที่ขาดแคลนสังกะสีอย่างรุนแรง ใบจะมีจุดสีเหลืองอยู่ทั่วไป อาการขาดสังกะสีปานกลางอาจแยกไม่ออกระหว่างอาการขาดเหล็ก หรือแมงกานีส โรคใบแก้วในส้มความจริงเกิดจากการขาดสังกะสีนั่นเอง

ทองแดง (Cu): ปริมาณทองแดงในพืชมีค่อนข้างน้อยระหว่าง 2-10 ppm ทองแดงเป็นองค์ประกอบของคลอโรพลาสต์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงของพืช ทองแดงมีบทบาทกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และช่วยสร้างวิตามินเอในพืช

อาการขาดทองแดง: ในไม้ผลที่มีการฉีดพ่นยาปราบเชื้อรา มักจะไม่พบการขาดทองแดง อาการขาดทองแดงแตกต่างกันไปในแต่ละพืช ที่พบทั่วไป คือ การเจริญเติบโตลดลง ปล้องสั้น เมล็ดลีบ ปลายใบอ่อนมีสีซีดหรือขาว ในไม้ผล การผสมเกสร และการติดผลจะลดลง

โบรอน (B): ปริมาณโบรอนในพืชอยู่ระหว่าง 10-50 ppm หน้าที่ของโบรอนยังไม่ทราบแน่ชัด เชื่อกันว่าโบรอนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์ และการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต การสร้างกรดอะมิโน และโปรตีน การงอก และการเจริญเติบโตของละอองเกสรตัวผู้ (Pollen) และกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์ เช่น การแบ่งเซลล์ การขยายตัวของเซลล์ การเจริญเติบโตของเซลล์ โบรอนมีส่วนเกี่ยวข้องด้วยทั้งสี่ การดูดใช้แคลเซียมจะเกิดได้ดีขึ้น เมื่อมีโบรอนอยู่ในปริมาณที่เพียงพอ หรือในทางกลับกัน การดูดใช้โบรอนจะดีขึ้น เมื่อมีแคลเซียมมากพอ

อาการขาดโบรอน: อาการขาดโบรอนเกิดได้หลายอย่าง ถ้าขาดน้อย จะพบอาการที่ผลก่อน การติดผลไม่ดี รูปร่างของผลผิดปกติ และการสุกของผลไม่สม่ำเสมอ ในส้มจะพบเปลือกหนากว่าปกติ และขรุขระ ในถั่วเหลือง และถั่วลิสงจะพบอาการไส้กลาง

โมลิบดีนัม (Mo): ปริมาณโมลิบดีนัมในพืชต่ำมาก ประมาณ 0.5-1 ppm โมลิบดีนัมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ 2 ชนิด คือ ไนโตรจีเนส (Nitrogenase) ซึ่งมีความสำคัญในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และไนเตรทรีดักเตส (Nitrate reductase) โมลิบดีนัมมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชตระกูลถั่ว

อาการขาดโมลิบดีนัม: อาการขาดโมลิบดีนัมมักไม่พบในไม้ผล

คลอรีน (Cl): ปริมาณคลอรีนแตกต่างกันมากตั้งแต่ประมาณ 20 ppm จนถึง 0.15 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความเข้มข้นสูงกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่จะเป็นพิษกับพืช หน้าที่ของคลอรีนในพืชยังไม่เด่นชัด แต่ถ้าขาดพืชจะเหี่ยวง่าย และในพืชบางอย่างโดยเฉพาะธัญพืช ถ้าขาดจะมีความต้านทานต่อเชื้อราน้อยลง ทำให้ถูกทำลายง่ายขึ้น

อาการขาดหรือเป็นพิษของคลอรีน: เนื่องจากคลอรีนมีอยู่ทั่วไปในสภาพแวดล้อม จึงไม่ค่อยพบปัญหาการขาดคลอรีน แต่จะพบปัญหาการเป็นพิษของคลอรีนแทน ลักษณะที่คลอรีนเป็นพิษ คือ ปลายใบหรือขอบใบจะไหม้ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และร่วงก่อนกำหนด

ธาตุอาหารที่มีประโยชน์อื่น ๆ (Beneficial elements)

นอกจากธาตุอาหารที่จำเป็นแล้ว ยังมีธาตุอาหารอีกหลายตัวที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อพืช แต่บทบาทของธาตุอาหารเหล่านั้นยังไม่เด่นชัดตามคำจำกัดความของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงไม่ได้จัดให้เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช ธาตุอาหารเหล่านี้ได้แก่ โซเดียม (Na) ซิลิกอน (Si) นิกเกิล (Ni) และเวเนเดียม (V) เป็นต้น

โซเดียม: มีประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสงของพืช แต่โซเดียมมีอยู่มากในสภาพแวดล้อมทั่วไป และมักก่อให้เกิดปัญหาในด้านความเค็ม จึงไม่ค่อยมีผู้คำนึงถึงประโยชน์มากนัก

ซิลิกอน: พบว่ามีประโยชน์ครั้งแรกในข้าว เพราะทำให้ลำต้นแข็งแรงและไม่ล้ม ต่อมาพบว่ามะเขือเทศ และพืชสกุลแตงที่ปลูกในเรือนกระจก เมื่อได้รับซิลิกอนจะต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา

นิเกิล: มีประโยชน์ต่อพืชตระกูลถั่วและธัญพืชเมล็ดเล็กต่าง ๆ เพราะเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ยูรีเอส (Urease) ที่จำเป็นต่อการใช้ยูเรียของพืช

เวเนเดียม: สามารถใช้ทดแทนโมลิบดีนัม ในกระบวนการเมตาโบลิซึมของไนโตรเจน

9.5 ปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อกันของธาตุอาหาร (Nutrient interactions) ต่อการเจริญเติบโตของพืช

ปฏิสัมพันธ์ของระหว่างธาตุอาหารอาจมีผลทั้งส่งเสริมและส่งผลกระทบทางลบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยสามารถแบ่งปฏิสัมพันธ์ได้ 3 ลักษณะดังนี้

9.5.1 ปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Synergistic (positive) interaction) เป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสองชนิด เช่น ระหว่างธาตุอาหารที่มีต่อกันแล้วเกิดผลทางบวก เป็นความสัมพันธ์แบบร่วมกัน (Synergistic interaction) หรือเป็นผลของการใส่ปัจจัยทั้งสองปัจจัยมีผลกระทบซึ่งกันและกันคือ เมื่อใส่ปัจจัยไปทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และยังส่งเสริมให้พืชใช้ปัจจัยอีกชนิดเพิ่มขึ้นอีกด้วย ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย จากตารางที่ 9.2 เป็นตัวอย่างผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นอีก 38 เปอร์เซ็นต์

ผลของธาตุอาหาร A ผลผลิตมีค่าเท่ากับ = 100

ผลของธาตุอาหาร B ผลผลิตมีค่าเท่ากับ = 50

ผลรวมของธาตุอาหาร A และ B ผลผลิตมีค่ามากกว่า 150

9.5.1 ปฏิสัมพันธ์เชิงปฏิปักษ์ (Antagonistic (negative) interaction) สำหรับความสัมพันธ์เชิงปฏิปักษ์ (Antagonistic interaction) เป็นปรากฏการณ์ที่ธาตุอาหารชนิดหนึ่งไปยับยั้งการดูดใช้หรือการทำหน้าที่ของธาตุอาหารอีกชนิดหนึ่งจึงเป็นการไม่ส่งเสริมกัน ผลจากปฏิสัมพันธ์แบบนี้จะยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และทำให้ผลผลิตลดลง เช่น ถ้าในดินมี K^+ สูง ทำให้พืชไม่สามารถดูดใช้ธาตุ Mg^{2+}, Na^+ และ Ca^{2+} ได้ (ตารางที่ 9.2)

ผลของธาตุอาหาร A ผลผลิตมีค่าเท่ากับ = 100

ผลของธาตุอาหาร B ผลผลิตมีค่าเท่ากับ = 50

ผลรวมของธาตุอาหาร A และ B ผลผลิตมีค่าน้อยกว่า 150

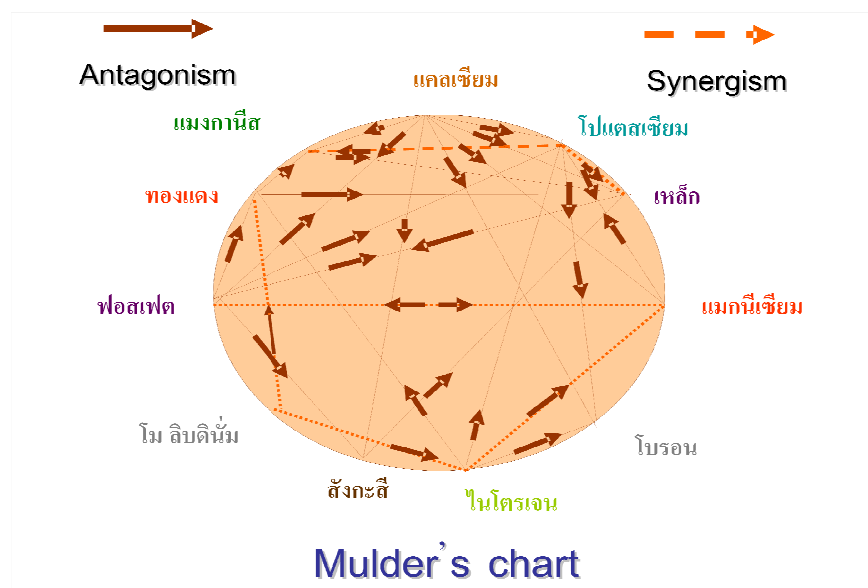
9.5.2 ปฏิสัมพันธ์เชิงเกือกลกัน (Additive effect (no interaction)) สำหรับปฏิสัมพันธ์แบบเกือกลกัน (Additive effect) นั้น เป็นการส่งเสริมซึ่งกันและกันของปัจจัยแต่ละชนิด แต่ปัจจัยทั้งสองไม่มีผลกระทบหรือเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน เช่น การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งทำให้สมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืชดีขึ้น

ผลของธาตุอาหาร A ผลผลิตมีค่าเท่ากับ = 100

ผลของธาตุอาหาร B ผลผลิตมีค่าเท่ากับ = 50

ผลรวมของธาตุอาหาร A และ B ผลผลิตมีค่าเท่ากับ 150

จากปฏิสัมพันธ์ต่าง ๆ ดังกล่าวนี้นสามารถนำข้อมูลไปใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ซึ่งอาจเป็นการลดค่าใช้จ่ายในเรื่องปัจจัยการผลิตอย่างอื่นด้วย (ตารางที่ 9.2)



ภาพที่ 9.1 Mulder chart แสดงถึงสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชต่าง ๆ

ที่มา: Plumb (2004) อ้างอิงจาก ศุภธิดา (2554)

ตารางที่ 9.2 ผลของปฏิสัมพันธ์ส่งเสริมกัน (Synergistic interaction) ระหว่างธาตุอาหารกับธาตุอาหาร และการจัดการต่าง ๆ กับธาตุอาหารที่เป็นการส่งเสริมหรือเกิดการเพิ่มขึ้นของผลผลิต

ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง	ชนิดพืช	การเพิ่มของผลผลิต (เปอร์เซ็นต์)
ไนโตรเจน × ฟอสฟอรัส	ข้าวสาลี	30
ไนโตรเจน × ฟอสฟอรัส	ข้าวโพด	26
ไนโตรเจน × ฟอสฟอรัส	ข้าวฟ่าง	50
ไนโตรเจน × ฟอสฟอรัส	สับปะรด	46
ไนโตรเจน × โพแทสเซียม	ข้าว	38
ไนโตรเจน × ซัลเฟอร์	เรพ	25
โพแทสเซียม × โบรอน	ถั่วเขียวผิวดำ	41
ไนโตรเจน × การให้น้ำที่เหมาะสม	ข้าวสาลี	34
ไนโตรเจน × การควบคุมวัชพืช	ข้าวฟ่าง	33
ฟอสฟอรัส × จำนวนต้น	ถั่วมะแฮะ	26
ฟอสฟอรัส × การควบคุมวัชพืช	ถั่วพุ่ม	26

ที่มา: ศุภธิดา (2554)

9.6 พฤติกรรมและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน

ธาตุอาหารพืชส่วนที่อยู่ในดิน ประมาณมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในรูปที่ตกตะกอนหรือไม่ละลายน้ำ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นพืชจึงไม่สามารถที่นำไปใช้ได้ ขณะที่ในการให้ปุ๋ยแต่ละครั้งนั้น จะมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจถึงพฤติกรรมหรือรูปแบบการแพร่กระจายของธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินภายหลังการใส่ปุ๋ย ซึ่งควรที่จะทราบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่ได้จากการใส่ปุ๋ยในแต่ละครั้งนั้นจะมีปริมาณเหลืออยู่เท่าใดที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ (ศุภจิตา, 2554)

9.6.1 ธาตุอาหารในสารละลายดิน

สารละลายดินหมายถึงน้ำที่อยู่ในดินที่มีธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของไอออนบวกหรือลบ รวมทั้งสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่อยู่ในสารละลาย และปรากฏอยู่ในช่องว่างขนาดเล็กของดิน โดยความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายดินนั้นจะมีความแตกต่างกันไป ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ดีจะมีธาตุอาหารอยู่ในช่วง 0.02-0.1 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดินชั้น แต่ถาดินแห้งความเข้มข้นนี้จะสูงขึ้น โดยส่วนใหญ่จะมี NO_3^- และ Ca^{2+} ประมาณ 30-50 และ 20-30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่เหลือจะมี Mg^{2+} , K^+ และ SO_4^{2-} ชนิดละประมาณ 10 ส่วน NH_4^+ มีน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และ H_2PO_4^- มีปริมาณที่น้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับในดินเค็มความเข้มข้นของ Na^+ , Cl^- และ SO_4^{2-} อาจจะสูงกว่านี้มากซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการของพืชแล้วถือว่าต่ำมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสเฟตและกลุ่มจุลธาตุ โดยเฉพาะในช่วงที่พืชมีการดูดใช้ธาตุอาหารในอัตราที่สูง จึงทำให้ปริมาณธาตุอาหารในสารละลายดินลดลง โดยในช่วงนี้ถ้าปริมาณธาตุอาหารในสารละลายอาจจะมีการได้รับเพิ่มเติมมาจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ธาตุอาหารที่ถูกดูดยึดไว้แล้วปลดปล่อยสู่สารละลายดิน หรือการใส่ปุ๋ย เป็นต้น แต่ถ้าไม่มีการชดเชยกลับไป และให้ได้ปริมาณของธาตุอาหารในสารละลายดินเพิ่มขึ้นเท่าเดิม ผลก็คือพืชจะมีการขาดธาตุอาหารเกิดขึ้น (ศุภจิตา, 2554)

9.6.2 ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้

ธาตุอาหารในส่วนนี้จะมีปริมาณมากกว่าในส่วนที่อยู่ในส่วนสารละลายดินมาก โดยพบว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ดีนั้นปริมาณของไอออนบวก เช่น Ca และ Mg จะถูกดูดยึดไว้ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไอออนลบ เช่น ฟอสเฟต มีการดูดยึดที่จะเกิดขึ้นบนพื้นผิวของคอลลอยด์ดินจึงทำให้ธาตุอาหารพืชเหล่านี้สูญเสียโดยกระบวนการถูกชะล้าง (Leaching) ลงสู่ดินชั้นล่างหรือน้ำใต้ดินน้อยลง ถือเป็นการช่วยเก็บรักษาธาตุอาหารเอาไว้ แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังพบปัญหาสูญเสียโดยวิธีนี้ใน NO_3^- เพราะว่า NO_3^- ไม่ถูกดูดยึดไว้โดยคอลลอยด์ดิน (ศุภจิตา, 2554)

9.6.3 ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน

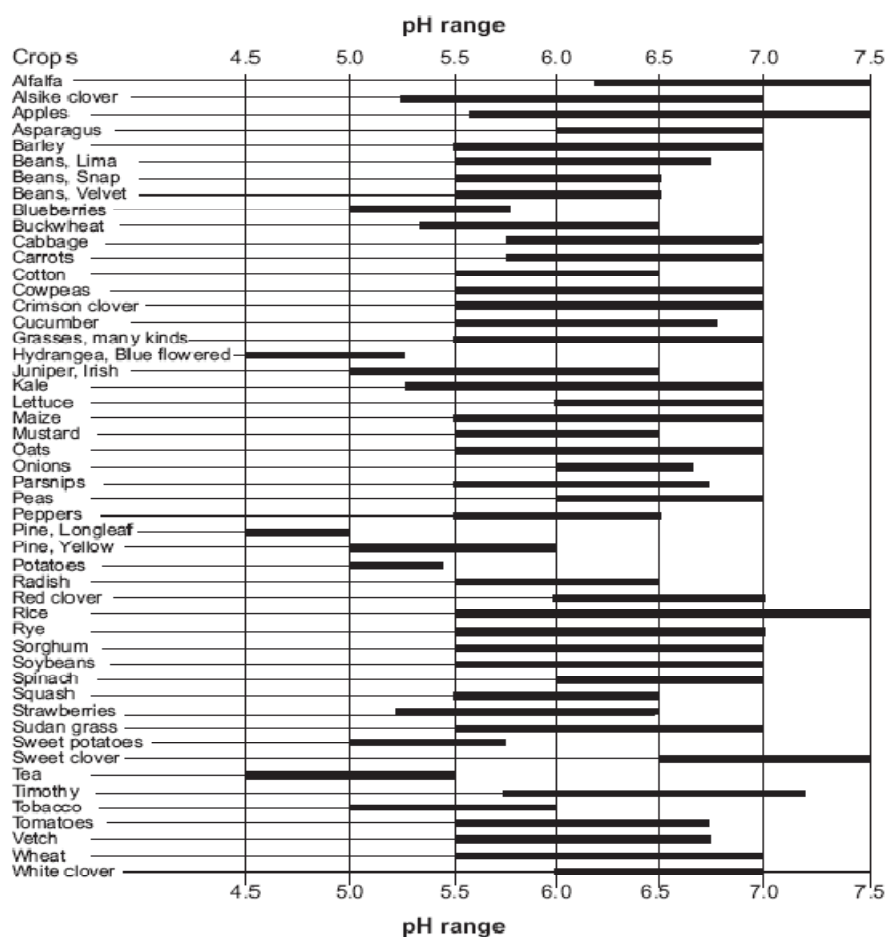
การที่ธาตุอาหารที่อยู่ในส่วนนี้จะประโยชน์ต่อพืชได้นั้นจะต้องถูกปลดปล่อย (Desorbed) โดยผ่านกระบวนการที่พืชดูดใช้ธาตุอาหารหรือจากที่ดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ไอออนต่าง ๆ อาจถูกแลกเปลี่ยน (Exchanged) กับไอออนที่มีประจุเหมือนกับธาตุนั้น ธาตุอาหารเข้าไปเก็บไว้ในส่วนสารละลายดิน ในที่สุดพืชสามารถที่จะดูดใช้ธาตุอาหารเหล่านี้ได้ต่อนั้นธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปไอออนบวกจะมีการแลกเปลี่ยนกับ H^+ ที่ปล่อยมาจากรากพืช แล้วจึงถูกนำไปใช้ต่อไป แต่อย่างไรก็ตาม ในดินทั่วไปจะพบว่าธาตุอาหารบางชนิด เช่น K และ Mg นั้นมีปริมาณในส่วนที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable) ในปริมาณสูงมาก จึงถือเป็นแหล่งสำรองของธาตุอาหารเหล่านี้ เพื่อใช้สำหรับการชดเชยในส่วนที่ถูกพืชดูดไปใช้ก่อนหน้านี้ แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีการใช้ที่ดินอย่างยาวนานและการใส่ปุ๋ยที่ผ่านมาไม่ถูกต้องหรือเหมาะสม ก็อาจจะมีแหล่งสำรองของธาตุอาหารเหล่านี้น้อย

ธาตุอาหารที่อยู่ในส่วนของ 2 แหล่งแรก คือ ส่วนที่อยู่ในสารละลายดินและส่วนที่แลกเปลี่ยนได้นั้น จะง่ายต่อการที่พืชดูดใช้ (Easily available) และสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ดินแบบต่าง ๆ แต่สำหรับส่วนเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์สาร (แร่) และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในดิน ความเป็นประโยชน์ที่มีต่อการนำไปใช้ของพืชจะมีน้อย หรือจะเกิดประโยชน์นั้นต้องใช้เวลาช้านาน และจากการที่มีองค์ประกอบค่อนข้างหลากหลายชนิดจึงทำให้ปริมาณความเป็นประโยชน์ก็จะแตกต่างกันไปตามชนิดของสารประกอบนั้นด้วย และทำให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ได้มีความแตกต่างกันไปแล้วแต่องค์ประกอบของสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ (ศุภธิดา, 2554)

9.6.4 ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับปริมาณที่ใช้ได้จริง

ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ทั้งหมดที่อยู่ในดินเชื่อว่าพืชจะสามารถดูดใช้ได้ทั้งหมด และพบว่ายังไม่เพียงพอ ทั้งนี้เพราะรากพืชที่มีหน้าที่ดูดธาตุอาหารนั้นจะปรากฏอยู่ในปริมาตรของดินที่น้อยหรือการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณที่รากปรากฏอยู่เท่านั้น และการเคลื่อนที่ของธาตุในดินค่อนข้างถูกจำกัด การที่ธาตุอาหารพืชจะถูกพืชดูดไปใช้นั้นจะต้องในบริเวณที่พืชสามารถดูดใช้ได้ ซึ่งก็คือในบริเวณรากพืช (Root zone) ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณธาตุอาหารที่พืชใช้ได้จริง (Actually used nutrients) แต่อย่างไรก็ตามธาตุอาหารสามารถเคลื่อนที่จากภายนอกรากไปสู่บริเวณรากพืช โดยเคลื่อนที่ไปพร้อมกับน้ำ (Mass flow) นอกจากนี้ ธาตุอาหารสามารถเคลื่อนที่ผ่านกระบวนการแพร่ (Diffusion) โดยเป็นการเคลื่อนที่จากความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าหรือบริเวณรากพืชเอง (ศุภธิดา, 2554)

9.6.5 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน พืชจะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสม การเจริญเติบโตมักจะเป็นผลทางอ้อมจากความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เช่น กระบวนการที่ต่อเนื่อง ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะ P จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ดีเมื่อดินมี pH อยู่ในช่วง 6-7 ถ้า pH ของดินต่ำหรือสูงกว่านี้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารจะลดลง เช่น เมื่อดินมี pH ต่ำ P จะถูกตรึงโดยกระบวนการทางเคมี (Chemical fixation) โดย Soluble Fe, Al และ Mn โดยสารประกอบ Hydrous oxides ของ Fe, Al และ Mn หรือโดย Silicate clay และเมื่อ pH สูงกว่า 7 ซึ่ง P ส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนเป็น Calcium phosphate ที่ละลายน้ำยาก และการเป็นประโยชน์ของพืชลดลงนอกจากนี้ pH ที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิดยังมีความแตกต่างกันอีกด้วย (ศุภธิดา, 2554) ดังภาพที่ 9.2



ภาพที่ 9.2 แสดงความเหมาะสมของ pH ของดินต่อพืชชนิดต่าง ๆ

ที่มา: FAO (2006) อ้างจากศุภธิดา (2554)

9.7 ระดับธาตุอาหารในพืช

พืชต้องการความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดในการนำไปสร้างโครงสร้างต่าง ๆ และจัดระบบภายในพืชให้สมบูรณ์ตามทิศทางของพืชแต่ละชนิดในปริมาณที่ไม่เท่ากัน รวมทั้งรูปแบบความต้องการของธาตุอาหารก็แตกต่างกัน นอกจากนี้พืชยังมีความต้องการธาตุอาหารในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตที่ไม่เหมือนกันอีกด้วย ขึ้นอยู่กับว่าในขณะนั้นพืชต้องการธาตุอาหารชนิดใดในปริมาณเท่าใด จึงจะมีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะนั้น ๆ และจากผลลัพธ์นี้จะนำไปเกี่ยวข้องถึงผลที่จะได้รับในช่วงต่อไปเป็นปฏิบัติการแบบลูกโซ่ โดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืชที่เพียงพอกับความต้องการของพืช (ศุภธิดา, 2557) แสดงไว้ดังตารางที่ 9.3

ตารางที่ 9.3 ชนิดของธาตุอาหารที่จำเป็น รูปที่พืชดูดใช้ และปริมาณที่พบได้ในพืช

ธาตุอาหาร	ค้นพบโดย	รูปที่พืชดูดใช้	ความเป็นประโยชน์
ธาตุอาหารหลัก			
Nitrogen (N)	De Saussure (1804)	NH_4^+ , NO_3^-	1-5%
Phosphorus (P, P_2O_5)	Sprengel (1839)	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	0.1-0.4%
Potassium (K, K_2O)	Sprengel (1839)	K^+	1-5%
Sulphur (S)	Salm-Horstmann (1851)	SO_4^{2-}	0.1-0.4%
Calcium (Ca)	Sprengel (1839)	Ca^{2+}	0.2-1.0%
Magnesium (Mg)	Sprengel (1839)	Mg^{2+}	0.1-0.4%
ธาตุอาหารรอง			
Boron (B)	Warington (1923)	H_3BO_3 , H_2BO_3^-	6-60 $\mu\text{g/g}$ (ppm)
Iron (Fe)	Gris (1943)	Fe^{2+}	50-250 $\mu\text{g/g}$ (ppm)
Manganese (Mn)	McHargue (1922)	Mn^{2+}	20-500 $\mu\text{g/g}$ (ppm)
Copper (Cu)	Sommer, Lipman (1931)	Cu^+ , Cu^{2+}	5-20 $\mu\text{g/g}$ (ppm)
Zinc (Zn)	Sommer, Lipman (1931)	Zn^{2+}	21-150 $\mu\text{g/g}$ (ppm)
Molybdenum (Mo)	Arnon & Stout (1939)	MoO_4^{2-}	ต่ำกว่า 1 $\mu\text{g/g}$ (ppm)
Chlorine (Cl)	Broyer et al., (1954)	Cl^-	0.2-2 percent

ที่มา: FAO (2006)

ธาตุอาหารแต่ละธาตุนี้ไม่มีความจำเป็นสำหรับพืชทุกชนิดเสมอไป แต่อาจจำเป็นสำหรับพืชบางชนิดได้ เช่น ผักกาดหัว และผักชีฝรั่งจะเจริญงอกงามมากกว่าปกติถ้าได้รับโซเดียมอย่างพอเพียง สาหร่ายบางชนิดต้องการโซเดียมเพื่อการเจริญเติบโตเช่นกัน พืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น ข้าวจะมีซิลิกอนอยู่ในต้นเป็นจำนวนมากทำให้ผลผลิตข้าวดีขึ้น ธาตุนี้มีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว กล่าวคือจะไปส่งเสริมให้ต้นข้าวแข็งแรง ไม่ล้มและยากต่อการทำลายของแมลงและเชื้อโรค สำหรับธาตุโคบอลต์เป็นธาตุที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว พืชตระกูลถั่วบางชนิดต้องการโคบอลต์เพื่อส่งเสริมให้แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในปมของรากตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ดีขึ้น เนื่องจากโคบอลต์เป็นส่วนประกอบของวิตามินบี 12 ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้รวมทั้ง P กับ S จะเป็นส่วนที่เหลืออยู่ในเถ้าของพืชหลังจากที่เราเผาเอา C, H, O และ N ออกไปแล้ว ธาตุอาหารแต่ละตัวได้แสดงบทบาทในการเจริญเติบโตและพัฒนา (Growth and development) ของพืช ซึ่งเมื่อมีอยู่ในปริมาณที่ไม่พอเพียงกับพืช จะกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชได้

สำหรับ C, H และ O ที่มีอยู่ในพืชได้มาจากคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ ซึ่งถูกเปลี่ยนให้เป็นคาร์โบไฮเดรตในกระบวนการสังเคราะห์แสง ในที่สุดก็จะได้กรดอะมิโน โปรตีน และโปรโตพลาส ซึ่งธาตุอาหารทั้ง 3 จะไม่รวมอยู่ในกลุ่ม Mineral nutrients ปริมาณธาตุอาหารในพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ดิน อากาศ พันธุกรรม การจัดการ และอื่น ๆ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะทำให้ปริมาณธาตุอาหารในพืชแตกต่างกันออกไป เราต้องเข้าใจในความจริงอันนี้ เมื่อเราค้นพบตารางเกี่ยวกับปริมาณธาตุอาหารในพืช ด้วยวิธีวิเคราะห์

ที่ทันสมัยในปัจจุบัน ปริมาณที่วิเคราะห์ได้อาจสูงกว่าที่พบในอดีตเป็นสองเท่าหรือร้อยละก็ได้ เช่น S (ซัลเฟอร์)

ส่วนธาตุอาหารโซเดียม ซิลิกอน และโคบอลต์ นั้นยังไม่ได้มีการยืนยันว่าเป็น Essential elements สำหรับพืชชั้นสูงทุกชนิด ดังนั้น เราได้วงเล็บไว้หน้าชื่อธาตุอาหารพวกนี้ ในกรณีของ Na นั้นมีความสำคัญต่อพืชพวก Chenopodiaceae และพืชที่ขึ้นในสภาพดินเค็ม (Saline condition) พืชดังกล่าวจะสะสม Na อยู่มาก สำหรับ Si (Silicon) จะมีความสำคัญต่อข้าวมาก และ Co (Cobalt) จะมีความสำคัญต่อพืชตระกูลถั่ว ซึ่งตรึง N_2 จากอากาศโดยอาศัย Rhizobium ส่วน Cl (Chlorine) เป็นธาตุลำดับสุดท้ายที่ได้รับการยืนยันว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชชั้นสูง ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงในขั้นตอนของการแยก (Split) โมเลกุลของน้ำ

ดังนั้นการที่จะระบุว่าธาตุอาหารต่าง ๆ จำเป็นกับพืชหรือไม่นั้น เป็นเรื่องที่ยากตามที่เราทราบกัน คำว่า “จำเป็น” มักจะหมายความว่า เมื่อพืชขาดธาตุอาหารนั้นแล้วจะมีวิธีป้องกันหรือกำจัดให้อาการหายขาดได้ โดยการให้ธาตุอาหารนั้นแก่พืชเท่านั้น ซึ่งถ้าเราจะถือตามคำจำกัดความนี้ โมลิบดีนัม (Mo) ก็ไม่เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช เพราะใน Azotobacter บางชนิด ธาตุอาหารนี้สามารถทดแทนได้โดยวานาเดียม (Va) และในพืชชั้นสูงมีโบรมีน (Br) ก็ทำหน้าที่แทนคลอรีน (Cl) ได้เมื่อใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่า สำหรับโซเดียม (Na) นั้น ถ้าเราใช้คำจำกัดความข้างบนนี้ก็ไม่จำเป็นสำหรับพืชในปัจจุบัน เราทราบว่า การให้ Na แก่พืชบางชนิดจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ เช่น มะพร้าว ชูการ์บีท เซลเลอรี่เทเบิลบีท (Table beats) และหัวผักกาด ซึ่ง D.J. Nicholas จาก Long Ashton Research Station แนะนำให้ใช้คำว่า “Functional” หรือ “Metabolism nutrient” แทนคำว่า “Essential” ซึ่งมีการนำไปใช้เป็นจำนวนตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับปริมาณธาตุอาหารในพืชนั้นสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการแนะนำอัตราปุ๋ย แต่จะต้องคำนึงว่าปริมาณที่พืชใช้ไปนั้นไม่ได้เท่ากับจำนวนที่เราต้องให้ในรูปปุ๋ย เพราะจะมีการสูญเสียเกิดขึ้นหลายทางก่อนที่ปุ๋ยจะเป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น การพัดพาโดยน้ำ การตรึงไว้ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ การแย่งธาตุอาหารกับวัชพืชและจุลินทรีย์ และความสามารถของพืชเองในการนำธาตุอาหารนั้นเอาไปใช้ ตามสภาพของการเกษตรทั่วไป เมื่อใส่ปุ๋ย N และ P ลงไป 100 หน่วยน้ำหนัก พืชอาจจะเอาไปใช้ในฤดูกาลเพาะปลูกแรกไม่เกิน 50 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณปุ๋ยที่ใส่ลงไป ธาตุอาหารอื่น ๆ ที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่พืชต้องการน้อย เช่น ธาตุอาหารบางชนิดจำเป็นต่อพืชชนิดหนึ่ง แต่ไม่จำเป็นสำหรับพืชอีกชนิดหนึ่งก็ได้ เช่น Vanadium จะเห็นได้ว่าไม่ใช่ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชชั้นสูงแต่สำหรับพืชชั้นต่ำ (Microorganism) นั้น Vanadium เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชชั้นต่ำเลยทีเดียว (ศุภธิดา, 2554)

9.8 แผนการจัดการธาตุอาหาร (Nutrient-management planning)

การจัดการธาตุอาหารในดินนั้นมีความสำคัญทั้งในทางเศรษฐศาสตร์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการที่พืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารแต่ละชนิดในปริมาณค่อนข้างจะแน่นอน เพื่อใช้ในการรักษาความสมบูรณ์ของดินไว้ และในช่วงเวลาที่พืชสร้างผลผลิตนั้นถือว่าเป็นช่วงที่มีความสำคัญในการจัดการให้ธาตุอาหารมีเพียงพอในดินเพื่อให้เกิดผลผลิตภาพและมีความเป็นประโยชน์สูงสุด

ธาตุอาหารเหล่านี้จะได้อาจมาจากส่วนแรก คือกระบวนการสลายตัวของแร่ธาตุภายในดินโดยตรง มาจากการใส่ปุ๋ยเคมี การตรึงไนโตรเจน หรือการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าธาตุอาหารที่จำเป็นต่อความต้องการของพืชจะได้มาจากกระบวนการต่าง ดังกล่าวข้างต้น แต่เมื่อมีการใส่เพิ่มลงไปดินบางครั้งอาจจะเกิดผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ถ้าปริมาณธาตุอาหารที่ใส่เพิ่มเติมให้กับพืชนั้น มีระดับที่มากเกินไป เพราะเกิดการตกค้างในดิน หรือปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ สำหรับประเทศไทยของเราจะประสบ

ปัญหาเรื่องนี้น้อย แต่ในเชิงเศรษฐศาสตร์แล้วถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในแผนการจัดการธาตุอาหาร สำหรับบ้านเรานั้นการใช้ข้อมูลการวิเคราะห์ดิน และการดูใช้ธาตุอาหารของพืช เป็นต้น เข้ามาประกอบเป็น แผนการจัดการธาตุอาหารสำหรับพืชเศรษฐกิจจึงถือได้ว่ามีศักยภาพในการนำไปใช้ปฏิบัติได้สูง

ปริมาณธาตุอาหารที่ใช้เป็นต้นทุนสำรองสำหรับความต้องการของพืช มีการเปรียบเทียบกันระหว่าง

- (1) ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่เหลืออยู่จากฤดูปลูกที่ผ่านมา
- (2) ปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการ และส่วนที่จำเป็นต้องใส่ให้เพิ่มเติมให้

ซึ่งปริมาณธาตุอาหารทั้ง 2 ส่วนนี้อาจจะได้มาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น ปริมาณธาตุอาหารที่ตกค้างมาจากฤดูปลูกที่ผ่านมา ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ซากวัสดุอินทรีย์ที่เหลือทิ้งไว้ในแปลงปลูก น้ำชลประทานที่ให้ ซึ่งปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้จะนำไปพิจารณาประกอบรวมกัน เพื่อนำไปสู่การใส่ปุ๋ยในฤดูต่อไปนอกจาก ปริมาณธาตุอาหารที่มีค้างอยู่แล้ว สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่ง คือการพิจารณาปริมาณธาตุอาหารพืชที่จะมีการ เคลื่อนย้ายออกไปกลับผลผลิตที่คาดการณ์ว่าจะได้รับในฤดูปลูกที่เริ่มขึ้น ก็จะมีการนำมาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งเป็นปริมาณที่ต้องใส่เพิ่มเติมนี้เป็นปริมาณที่พืชต้องการ และสามารถให้ผลผลิตตามที่เกษตรกรจะต้อง ได้รับจากการปลูกพืชแต่ละครั้ง จากเหตุผล และหลักการดังกล่าวข้างต้น ศุภธิดา (2554) ได้ยกตัวอย่าง แผนการจัดการธาตุอาหารดังนี้

ตัวอย่างแผนงานสำหรับแผนการจัดการธาตุอาหาร (Nutrient balance work sheet)

1. จะทำการปลูกพืช
2. ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับกิโลกรัม
3. ปริมาณธาตุอาหารที่นำออกจากพื้นที่ปลูก
 - 3.1 น้ำหนักของผลผลิตที่ออกจากพื้นที่ขนาด /ไร่
 - 3.2 ความเข้มข้นธาตุอาหารที่อยู่ในผลผลิต
 $\% N = \dots\dots\dots \quad \% P = \dots\dots\dots \quad \% K = \dots\dots\dots \%$
 - 3.3 ปริมาณธาตุอาหารที่ออกไปกลับผลผลิต
 $[3.1] \times \% N = \dots\dots\dots \text{กิโลกรัม}$
 $[3.1] \times \% P = \dots\dots\dots \text{กิโลกรัม}$
 $[3.1] \times \% K = \dots\dots\dots \text{กิโลกรัม}$
 - 3.4 เปลี่ยนให้อยู่ในรูป Fertilizer equivalent unit
 $N = [3.3] = \dots\dots\dots \text{กิโลกรัม}$
 $P_2O_5 = [3.3] \times 2.29 = \dots\dots\dots \text{กิโลกรัม}$
 $K_2O = [3.3] \times 1.2 = \dots\dots\dots \text{กิโลกรัม}$
4. ปริมาณธาตุที่เหลือ
 - 4.1 เหลือจากการปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี (ค่าวิเคราะห์ดิน)กิโลกรัมต่อไร่
 - 4.2 ได้จากน้ำ อากาศกิโลกรัมต่อไร่
 - 4.3 ทั้งหมดเท่ากับกิโลกรัมต่อไร่

5. ธาตุอาหารที่จะใส่ในฤดูปลูกนี้

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
5.1 จากการเหลือจากแหล่งต่าง ๆ ข้อ 4.3 =			
5.2 จากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์		=	
5.3 จากการใส่ปุ๋ยเคมี		=	
5.4 อื่น ๆ		=	
5.5 ทั้งหมด		=	

6. ความสมดุลของธาตุอาหาร

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
6.1 ปริมาณธาตุอาหารที่ออกไปกลับผลผลิต [ข้อ 3.4] =			
6.2 ธาตุอาหารที่จะใส่ในฤดูปลูกนี้ [ข้อ 5.5]		=	
6.3 Nutrient balance [6.1- 6.2]		=	

ถ้า 6.3 มีค่าเป็นบวก หมายถึงปริมาณที่จะต้องใส่ธาตุอาหารเพิ่ม อาจจะอยู่ในรูปปุ๋ยเคมี หรืออื่น ๆ

ถ้า 6.3 มีค่าเป็นลบ หมายถึงปริมาณธาตุอาหารที่ใส่นั้นมีปริมาณมากเกินไป อาจต้องมีการจัดการการใส่ปุ๋ยใหม่

เพื่อความสะดวกจึงได้มีการคำนวณแบบเบ็ดเสร็จของปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ที่ใช้จากน้ำหนักสุทธิของ N หรือ P₂O₅ หรือ K₂O ดังตารางที่ 15.2 น้ำหนักสุทธิของ N หรือ P₂O₅ หรือ K₂O มีตั้งแต่ 5 กิโลกรัม จนถึง 100 กิโลกรัม ซึ่งสามารถใช้ปริมาณของแม่ปุ๋ยต่าง ๆ ตามที่เราต้องการได้

ตารางที่ 9.4 การเปลี่ยนน้ำหนักของธาตุอาหาร N, P₂O₅ และ K₂O ไปเป็นน้ำหนักของแม่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ที่ต้องนำมาผสม

น้ำหนักสุทธิ ของ NP ₂ O ₅ , K ₂ O	(NH ₄) ₂ (SO ₄) (21 % N)	NH ₄ Cl (25% N)	ยูเรีย (46% N)	Super phosphate (20%P ₂ O ₅)	Triple Superphosphate (45 % P ₂ O ₅)	KCl (60% K ₂ O)	K ₂ SO ₄ (50% K ₂ O)
5	24	20	11	25	11	8	10
10	48	40	22	50	22	17	20
15	71	60	33	75	33	25	30
20	95	80	43	100	44	33	40
25	119	100	54	125	46	42	50
30	143	120	65	150	67	50	60
35	167	140	76	175	78	58	70
40	190	160	87	200	89	67	80
45	214	180	98	225	100	75	90

ที่มา: ศุภจิตา (2554)

ตารางที่ 9.4 การเปลี่ยนน้ำหนักของธาตุอาหาร N, P₂O₅ และ K₂O ไปเป็นน้ำหนักของแม่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ที่
ต้องนำมาผสม (ต่อ)

น้ำหนักสุทธิ ของ NP ₂ O ₅ , K ₂ O	(NH ₄) ₂ (SO ₄) (21 % N)	NH ₄ Cl (25% N)	ยูเรีย (46% N)	Super phosphate (20%P ₂ O ₅)	Triple Superphosphate (45 % P ₂ O ₅)	KCl (60% K ₂ O)	K ₂ SO ₄ (50% K ₂ O)
50	238	200	109	250	111	83	100
55	262	220	120	275	122	92	110
60	286	240	130	300	133	100	120
65	310	260	141	325	144	108	130
70	333	280	152	350	156	117	140
75	357	300	163	375	167	125	150
80	381	320	174	400	178	133	160
85	405	340	185	425	189	142	170
90	429	360	196	450	200	150	180
95	452	380	207	475	211	158	190
100	467	400	217	500	222	167	200

ที่มา: ศุภธิดา (2554)

9.9 การประเมินเปรียบเทียบพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยเคมี

การประเมินเปรียบเทียบพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยเคมีจำเป็นต้องทราบปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสดก่อน โดยนำตัวอย่างพืชปุ๋ยสดอบแห้งในตูไฟฟ้า (Dry matter) ไปบดในเครื่องบดตัวอย่างพืชจนละเอียดดี แล้วชั่งให้ได้น้ำหนัก 100 กรัม นำไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารตามกระบวนการวิเคราะห์ค่าธาตุอาหารต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ และมีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ 9.5

ตารางที่ 9.5 แสดงน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญในพืชปุ๋ยสด

ชนิดพืช	น้ำหนักสด (กิโลกรัมต่อไร่)	น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่)	C/N	ปริมาณธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)					
				N	P	K	Ca	Mg	S
ปอเทือง	2,500-3,000	500-840	19.96	2.76	0.22	2.40	1.53	2.04	0.96
ถั่วพราง	2,500-3,000	500-840	21.11	2.72	0.54	2.14	1.19	1.59	0.77
ถั่วพุ่ม	1,500-2,400	300-672	19.51	2.68	0.39	2.46	0.87	1.59	0.48
ถั่วมะแฮะ	2,000-2,500	400-700	27.33	2.34	0.25	1.11	1.45	1.92	0.54
โสนอัฟริกัน	2,000-4,000	400-1,120	18.30	2.87	0.42	2.06	0.82	1.74	2.27
โสนอินเดีย	2,000-3,500	400-980	17.83	2.85	0.46	2.83	1.96	2.14	0.97
โสนจีนแดง	1,500-2,000	300-560	18.93	2.85	0.43	2.10	0.79	1.83	0.90
โสนคางคก	1,500-3,000	300-840	27.55	1.84	0.28	1.26	0.70	1.58	0.30

หมายเหตุ: น้ำหนักสดของพืชปุ๋ยสดมีความชื้นเฉลี่ย 72-80 เปอร์เซ็นต์

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2551)

9.9.1 การประเมินธาตุไนโตรเจนในพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยไนโตรเจน

การประเมินธาตุไนโตรเจนในพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยไนโตรเจน จะต้องเป็นปุ๋ยเดี่ยวของไนโตรเจน ในกรณีต้องการเปรียบเทียบกับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0) โดยพืชปุ๋ยสดที่นำมาเปรียบเทียบเป็นปอเทือง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปอเทืองที่เก็บในแปลงทดลอง ได้น้ำหนักสด 2,500-3,000 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักแห้ง 500-840 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน 2.76 หมายความว่า ปริมาณวัตถุแห้งปอเทือง 100 กิโลกรัม มีปริมาณไนโตรเจน 2.76 กิโลกรัม (ตาราง ที่ 9.6)

วิธีคำนวณ

น้ำหนักแห้งของปอเทือง 100 กิโลกรัม มีปริมาณไนโตรเจน 2.76 เปอร์เซ็นต์

$$\text{น้ำหนักแห้งของปอเทือง 500 กิโลกรัม มีปริมาณไนโตรเจน} = \frac{2.76 \times 500}{100} = 13.8 \text{ กิโลกรัม}$$

ในทำนองเดียวกันสามารถคำนวณปริมาณไนโตรเจนจากน้ำหนักแห้งของโซนอฟริกกัน 840 กิโลกรัม ได้ 23.2 กิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 เปอร์เซ็นต์ N) แสดงว่า ปริมาณไนโตรเจน 21 กิโลกรัม ได้จากปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหนัก 100 กิโลกรัม

วิธีคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจน 21 กิโลกรัม ได้จากปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต หนัก 100 กิโลกรัม

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน 13.8 กิโลกรัม ได้จากปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต หนัก} = \frac{100 \times 13.8}{21} = 65.7 \text{ กิโลกรัม}$$

ในทำนองเดียวกันสามารถคำนวณปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตได้จากปริมาณไนโตรเจนในปอเทือง 23.2 กิโลกรัม ได้เท่ากับ 110.5 กิโลกรัม

ตารางที่ 9.6 การประเมินธาตุไนโตรเจนในพืชปุ๋ยสดเมื่อไถกลบเป็นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยยูเรีย

ชนิดพืช	ไนโตรเจน ในพืช (เปอร์เซ็นต์)	เทียบเท่า ปุ๋ยยูเรีย (กิโลกรัม)	มูลค่าปุ๋ยยูเรีย (บาท)	เทียบเท่าปุ๋ย แอมโมเนียมซัลเฟต (กิโลกรัม)	มูลค่าปุ๋ย แอมโมเนียม ซัลเฟต (บาท)
ปอเทือง	2.76	30-50	510-850	66-111	759-1,276
ถั่วพริ้ว	2.72	30-50	510-850	65-109	747-1,253
ถั่วพุ่ม	2.68	17-39	289-663	38-86	437-989
ถั่วมะแฮะ	2.34	20-36	340-612	45-78	517-897
โสนอัฟริกัน	2.87	25-70	425-1,180	55-153	632-1,759
โสนอินเดีย	2.85	25-61	425-1,037	54-133	621-1,529
โสนจีนแดง	2.85	19-35	323-595	40-76	460-874
โสนคางคก	1.84	12-34	204-578	26-74	299-851

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2551)

หมายเหตุ: ปุ๋ยยูเรียราคากิโลกรัมละ 17 บาท และปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตราคากิโลกรัมละ 11.5 บาท

9.9.2 การประเมินธาตุฟอสฟอรัสในพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยฟอสฟอรัส

การประเมินธาตุฟอสฟอรัสในพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยฟอสฟอรัสโดยการคำนวณจากปริมาณมวลชีวภาพที่ได้ของพืชปุ๋ยสดเมื่อมีการไถกลบลงดินกับปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตและปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต ซึ่งมีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับการประเมินไนโตรเจนในพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งผลการประเมินปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชปุ๋ยสดให้เกิดขึ้นเมื่อถูกย่อยสลายดังแสดงในตารางที่ 9.7

ตารางที่ 9.7 การประเมินธาตุฟอสฟอรัสที่พืชปุ๋ยสดปล่อยสู่ดินเมื่อมีการไถกลบ พืชปุ๋ยสดและทำการเปรียบเทียบกับปริมาณปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต

ชนิดพืช	ฟอสฟอรัสในพืช (เปอร์เซ็นต์)	เทียบเท่าปุ๋ยทริปเปิล ซูเปอร์ฟอสเฟต (กิโลกรัม)	มูลค่าปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ ฟอสเฟต (บาท)
ปอเทือง	0.22	2-4	50-100
ถั่วพริ้ว	0.54	6-10	150-250
ถั่วพุ่ม	0.39	3-6	75-150
ถั่วมะแฮะ	0.25	2-4	50-100
โสนอัฟริกัน	0.42	4-10	100-250
โสนอินเดีย	0.46	4-10	100-250
โสนจีนแดง	0.43	3-5	75-125
โสนคางคก	0.28	2-5	50-125

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2551)

หมายเหตุ: ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตราคากิโลกรัมละ 25 บาท

9.9.3 การประเมินธาตุโพแทสเซียมในพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยโพแทสเซียม

การประเมินธาตุโพแทสเซียมในพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งมีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับการประเมินไนโตรเจนในพืชปุ๋ยสดกับปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งผลการประเมินปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมที่พืชปุ๋ยสดให้แกดินเมื่อถูกย่อยสลายดังแสดงในตารางที่ 9.8

ตารางที่ 9.8 การประเมินธาตุโพแทสเซียมในพืชปุ๋ยสดปล่อยสู่ดินเมื่อมีการไถกลบเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

ชนิดพืช	โพแทสเซียมในพืช (เปอร์เซ็นต์)	เทียบเท่าปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (กิโลกรัม)	มูลค่าปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (บาท)
ปอเทือง	2.40	20-34	436-741
ถั่วพรี	2.14	18-30	392-654
ถั่วพุ่ม	2.56	13-29	283-632
ถั่วมะแฮะ	1.11	7-13	152-283
โสนอัฟริกัน	2.06	14-38	305-828
โสนอินเดีย	2.83	19-46	414-1,002
โสนจีนแดง	2.10	11-20	239-436
โสนคางคก	1.26	6-18	130-392

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2551)

หมายเหตุ: ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ราคากิโลกรัมละ 21.8 บาท

ผลการประเมินมูลค่าปริมาณธาตุอาหารพืชปุ๋ยสดที่ปลดปล่อยในดินเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยยูเรียปุ๋ยทริบิลเฟอโรฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 9.9

ตารางที่ 9.9 ประเมินมูลค่าปริมาณธาตุอาหารพืชปุ๋ยสดที่ปลดปล่อยในดิน

ชนิดพืช	มูลค่าปุ๋ยยูเรีย (บาท)	มูลค่าทริบิลเฟอโรฟอสเฟต (บาท)	มูลค่าปุ๋ยโพแทสเซียม คลอไรด์(บาท)	รวมมูลค่า (บาท)
ปอเทือง	510-850	50-100	436-741	966-1,691
ถั่วพรี	510-850	150-250	392-654	1,052-1,754
ถั่วพุ่ม	289-663	75-150	283-632	647-1,445
ถั่วมะแฮะ	340-612	50-100	152-283	542-995
โสนอัฟริกัน	425-1,180	100-250	305-828	830-2,258
โสนอินเดีย	425-1,037	100-250	414-1,002	939-2,289
โสนจีนแดง	323-595	75-125	239-436	637-1,156
โสนคางคก	204-578	50-125	130-392	384-1,095

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2551)

9.10 การคำนวณความต้องการอินทรีย์วัตถุจากปุ๋ยพืชสดของดิน

การใช้ปุ๋ยพืชสดแล้วไถกลบลงดิน จะช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินได้วิธีหนึ่งตัวอย่างชุดดินวารินมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในเกณฑ์ต่ำ คือ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ต้องการเพิ่มอินทรีย์วัตถุเพิ่มให้แก่ดินเป็น 2.0 เปอร์เซ็นต์ × โดยการปลูกสอแอฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน จะต้องเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงไปอีก (2.0-0.7) คือ 1.3 เปอร์เซ็นต์ หากน้ำหนักสดของสอแอฟริกันที่ไถกลบลงไปเป็น 2,720 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นน้ำหนักแห้งได้ 635 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีความชื้น 80.6 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์หา C/N ratio ของสอแอฟริกันได้ 18.30 และมีปริมาณไนโตรเจน 2.87 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9.10)

วิธีการคำนวณ

เบื้องต้นควรทราบก่อนว่า ดิน 1 ไร่ มีน้ำหนักเท่าไร โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักดิน} &= \text{ความหนาแน่นรวม} \times \text{ปริมาตรดิน} \\
 \text{ความหนาแน่นรวม} &= 1.3 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร} \\
 \text{ความลึกของดิน} &= 15 \text{ เซนติเมตร (ชั้นไถพรวน)} \\
 \text{ปริมาณดิน 1 ไร่} &= 1,600 \times 100 \times 100 \times 15 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \\
 &= 240,000,000 \text{ กรัม} \\
 \text{น้ำหนักดิน} &= 1.3 \times 240,000,000 \\
 &= 312,000,000 \\
 \text{ดิน 1 ไร่} &= 312 \text{ ตัน}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นอินทรีย์วัตถุ (OM) ที่ต้องเพิ่มลงในดินนี้จำนวน 1.3 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ 1 ไร่ คิดเป็นน้ำหนักได้

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1.3 \times 312}{100} \text{ ตัน} \\
 &= 4.06 \text{ ตัน}
 \end{aligned}$$

เมื่อใช้สอแอฟริกันปลูกไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินให้ได้ 4.06 ตันต่อไร่ จึงต้องคำนวณหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยพืชสดจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ OM} = \%OC \times 1.724$$

$$\text{เมื่อ C/N} = \frac{\text{เปอร์เซ็นต์ OC}}{\text{เปอร์เซ็นต์ N}}$$

$$\text{ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ OM} = \text{C/N} \times \text{เปอร์เซ็นต์ N} \times 1.724$$

$$\text{แทนค่า เปอร์เซ็นต์ OM} = 18.30 \times 2.87 \times 1.724$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณอินทรีย์วัตถุในสอแอฟริกัน} &= 90.55 \text{ กิโลกรัม} \\
 &\text{จากน้ำหนักแห้ง 100 กิโลกรัม}
 \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 4.06 ตัน}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จะได้จากน้ำหนักแห้งสอแอฟริกัน} &= \frac{100 \times 4.06 \times 1,000}{90.55} \\
 &= 4,483.7 \text{ กิโลกรัม}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างเช่นชุดดินวารินที่มีอินทรีย์วัตถุ 0.7 เปอร์เซ็นต์เมื่อต้องการจะเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินให้เป็น 2 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการปลูกสอแอฟริกันไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด จะต้องใช้สอแอฟริกันน้ำหนักแห้งทั้งสิ้น 4,484 กิโลกรัมต่อไร่ (โดยประมาณ) แต่น้ำหนักแห้งสอแอฟริกันที่ปลูกไถกลบเป็นปุ๋ยแต่ละครั้งใช้เพียง 400-1,120 กิโลกรัมต่อไร่ จึงต้องมีการปลูกสอแอฟริกันไถกลบไม่ต่ำกว่า 5 ครั้งในทุก ๆ ปีอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดการสะสมของอินทรีย์วัตถุ

ตารางที่ 9.10 การประเมินปริมาณการใช้ปุ๋ยสดสามารถเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน ในพื้นที่ 1 ไร่

ชนิดพืช	น้ำหนักสด (กิโลกรัมต่อไร่)	น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เพิ่ม (เปอร์เซ็นต์ต่อไร่)
ปอเทือง	2,500-3,000	500-840	0.15-0.25
ถั่วพริ้ว	2,500-3,000	500-840	0.15-0.26
ถั่วพุ่ม	1,500-2,400	300-672	0.08-0.19
ถั่วมะแฮะ	2,000-2,500	400-700	0.13-0.24
โสนอัฟริกัน	2,000-4,000	400-1,120	0.10-0.28
โสนอินเดีย	2,000-3,500	400-980	0.12-0.29
โสนจีนแดง	1,500-2,000	300-560	0.09-0.16
โสนคางคก	1,500-3,000	300-840	0.08-0.23

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2551)

9.11 หลักการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้ปุ๋ยเป็นการลงทุนโดยหวังที่จะได้รับคืนมาในรูปของผลผลิต ดังนั้นจึงควรที่จะใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือให้พืชได้ใช้ปุ๋ยที่ส่งไปมากที่สุดโดยมีการสูญเสียน้อยที่สุด

1. ปรับปรุงดินก่อนการใช้ปุ๋ยเช่นการใช้ปุ๋ยเพื่อแก้ความเป็นกรดของดินหรือการไถพรวนแนวลาดชันเพื่อป้องกันการชะล้างเป็นต้น

2. กำจัดวัชพืชก่อนการใช้ปุ๋ยเพื่อป้องกันไม่ให้วัชพืชแย่งปุ๋ยไปจากพืชที่ปลูก

3. ใส่ปุ๋ยให้ถูกสูตรพืชแต่ละชนิดต้องการธาตุอาหารมากน้อยต่างกันจึงควรใช้ปุ๋ยสูตรที่นักวิชาการแนะนำหรือสูตรอื่น ๆ ที่มีอัตราส่วนธาตุอาหารเหมือนกัน

4. ใส่ปุ๋ยให้ถูกอัตราการการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่น้อยหรือมากเกินไปจะไม่ทำให้เกิดผลดีจึงควรปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัด

5. ใส่ปุ๋ยให้ถูกเวลาในแต่ละช่วงอายุของพืชตั้งแต่เริ่มงอก จนออกดอกออกผลนั้นพืชต้องการอาหารมากน้อยต่างกันจึงควรใส่ปุ๋ยให้พืชในช่วงที่แนะนำ

6. ใส่ปุ๋ยให้ถูกวิธีการใช้ปุ๋ยอาจทำได้หลายวิธีเช่นหว่านโรยข้างแถวพืชหรือรองก้นหลุมก่อนปลูกพืชแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียต่างกันดังนั้นจึงควรปฏิบัติตามคำแนะนำเพื่อให้ปุ๋ยเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดการเลือกวิธีการใส่ปุ๋ยต้องให้เหมาะสมกับสถานการณ์และสิ่งแวดล้อม

7. ใส่แบบหว่านโดยหว่านปุ๋ยให้กระจายไปทั่ว ๆ บนผิวดินเหมาะกับการปลูกพืชแบบหว่านหรือพืช มีระบบรากฝอยแพร่กระจายทั่วไปบนดินชั้นบนหรือเมื่อใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้น้อยเช่นปุ๋ยหินฟอสเฟตหรือปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ง่าย

8. ใส่แบบเฉพาะจุดหรือโรยเป็นแถบโดยใส่ปุ๋ยเป็นหลุมหรือเป็นจุด ๆ บริเวณใกล้ต้นพืชหรือโรยเป็นแถบตามแถวของพืชห่างจากพืชเล็กน้อยอาจใส่บนผิวดินหรือในร่องแล้วกลบดินปิดร่องเหมาะกับเมื่อมีปุ๋ยจำกัดหรือปุ๋ยแพงต้องใช้ในอัตราต่ำหรือปลูกพืชเป็นแถวหรือเมื่อใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่ายเช่นปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต

9. ใส่แบบฉีดยาทางใบโดยการฉีดปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ง่ายให้เป็นละอองน้ำจับที่ใบหรือส่วนของต้นพืชเหนือดินวิธีนี้ธาตุอาหารจะเข้าสู่ต้นพืชได้เร็วแต่ปริมาณที่เข้าสู่พืชน้อยมักใช้วิธีนี้เมื่อพืชขาดอาหารเสริมและมีปัญหาเกี่ยวกับดินหรือการใช้ปุ๋ยทางดินเป็นการซ้ำเกินไปหรือเมื่อต้องการฉีดยาป้องกันกำจัดโรคและแมลงอยู่แล้ว

9.12 การประเมินประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ย

ประสิทธิภาพ หมายถึงความสามารถที่ทำให้เกิดผลในการทำงาน หากพิจารณาในแง่การผลิต ประสิทธิภาพในการผลิต คือ ผลผลิต (Product) ที่ได้ต่อหน่วยของทรัพยากร หรือวัตถุดิบที่ใช้ สำหรับการใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงให้พืชเจริญเติบโตขึ้น เนื่องจากปุ๋ยมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบจึงถือว่าปุ๋ยเป็นวัตถุดิบอย่างหนึ่งซึ่งพืชดูดไปใช้แล้วก่อให้เกิดผลผลิต

สำหรับประโยชน์ที่พืชได้รับจากปุ๋ยอยู่ที่ธาตุอาหารซึ่งเป็นองค์ประกอบของปุ๋ยนั้น การศึกษาจึงเน้นไปที่ประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหาร (Nutrient use efficiency) ส่วนวิธีวัดประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารในปุ๋ยมี 3 วิธี คือ 1) ประสิทธิภาพการผลิตพืช (Agronomic efficiency) หรือประสิทธิภาพผลผลิต (Yield efficiency) 2) ประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารจากปุ๋ย (Apparent recovery efficiency) และ 3) ประสิทธิภาพเชิงสรีระ (Physiological efficiency) (ศุภจิตา, 2554)

9.12.1 ประสิทธิภาพการผลิตพืช (Agronomic efficiency, AE_N) สามารถประเมินได้จากการคำนวณจากผลผลิตที่มีคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เพิ่มต่อหน่วยของปุ๋ย (ธาตุอาหารที่ให้) ดังนี้

$$AE_N = \frac{\text{ผลผลิตที่มีคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัมต่อหน่วยของธาตุอาหาร)}}{\text{ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ (กิโลกรัม)}}$$

$$AE_N = \frac{\text{ปริมาณผลผลิตที่มีคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)}}{\text{ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ (กิโลกรัม)}}$$

หรือบางครั้งอาจจะแสดงน้ำหนัก N ในผลผลิตที่ถูกนำออกจากพื้นที่ต่อน้ำหนักปุ๋ย N ที่ใส่

การทดลองใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (N) กับธัญพืชอาจคำนวณประสิทธิภาพการผลิตได้ดังนี้

$$\text{ถ้า } Y_f = \text{ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)}$$

$$Y_0 = \text{ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)}$$

$$F_n = \text{อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (กิโลกรัมต่อไร่)}$$

$$(Y_f - Y_0) = \text{ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยอัตรา } F_n \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$

$$\text{ดังนั้นประสิทธิภาพการผลิตพืช (} AE_N \text{)} = (Y_f - Y_0) / F_n \text{ กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัม N}$$

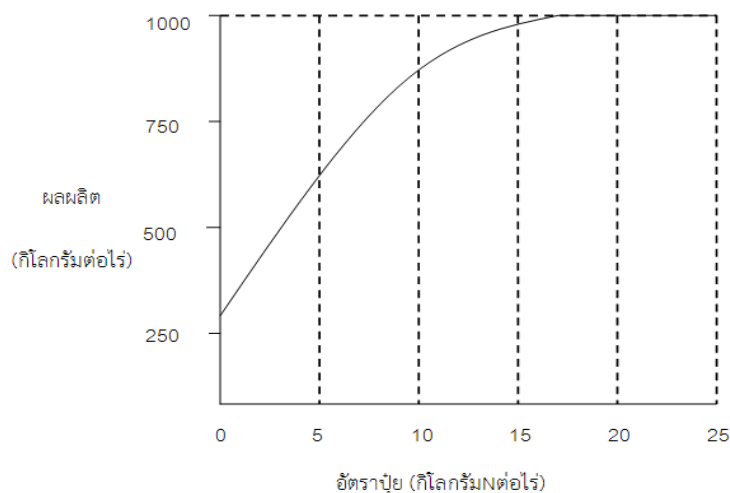
เนื่องจากผลผลิตที่นำมาใช้ในการคำนวณเป็นผลผลิตที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจหรือนำไปจำหน่ายได้ จึงเรียกประสิทธิภาพอีกอย่างหนึ่งว่า ประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ (Economic efficiency) มีข้อสังเกตว่า ประสิทธิภาพการผลิตพืชจะสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตราต่ำ แต่เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ ประสิทธิภาพของการผลิตพืชจะมีค่าลดลงตามลำดับ ยกตัวอย่าง เช่น เมื่อเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยอัตรา 0, 5, 10 และ 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ รวม 4 อัตราโดยแต่ละช่วงจะเป็นการเพิ่ม 5 กิโลกรัม N ต่อไร่ เท่า ๆ กัน หาก a คือ ประสิทธิภาพการผลิตพืช ดังนั้น ประสิทธิภาพการผลิตพืชของแต่ละช่วงเป็นดังนี้

$$\text{เพิ่มจาก 0 เป็น 5 กิโลกรัม N ต่อไร่ ประสิทธิภาพ} = a_1 \text{ กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัม N}$$

$$\text{เพิ่มจาก 5 เป็น 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ ประสิทธิภาพ} = a_2 \text{ กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัม N}$$

$$\text{เพิ่มจาก 10 เป็น 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ ประสิทธิภาพ} = a_3 \text{ กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัม N}$$

จะพบว่า $a_1 > a_2 > a_3$ ดังภาพที่ 9.3



ภาพที่ 9.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจนกับผลผลิตพืช

ที่มา: ศุภธิดา (2554)

จากภาพที่ 9.3 แสดงว่าเมื่อปลูกพืชโดยไม่ใส่ปุ๋ยเลยได้ผลผลิต 250 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 5, 10 และ 15 กิโลกรัมNต่อไร่ จะให้ผลผลิต 650, 850 และ 950 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นั่นคือ การใส่ปุ๋ยแต่ละอัตราให้ประสิทธิภาพการผลิตพืชแตกต่างกัน ดังนี้

1. ประสิทธิภาพการผลิตพืชเมื่อใช้ปุ๋ย 5 กิโลกรัมNต่อไร่ $= (650 - 250) / 5 = 80$ กิโลกรัมต่อกิโลกรัมN
2. ประสิทธิภาพการผลิตพืชเมื่อใช้ปุ๋ย 10 กิโลกรัมNต่อไร่ $= (850 - 250) / 10 = 60$ กิโลกรัมต่อกิโลกรัมN
3. ประสิทธิภาพการผลิตพืชเมื่อใช้ปุ๋ย 15 กิโลกรัมNต่อไร่ $= (950 - 250) / 15 = 46.7$ กิโลกรัมต่อกิโลกรัมN

นอกจากนี้อาจแยกพิจารณาว่าการใส่ปุ๋ย 5 กิโลกรัมNต่อไร่ ให้ประสิทธิภาพการผลิตพืช 80 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมN หากเพิ่มอีก 5 กิโลกรัมN ประสิทธิภาพของการผลิตปุ๋ยส่วนที่เพิ่มนี้เท่ากับ $(850 - 650) / 5 = 40$ กิโลกรัมต่อกิโลกรัมN ในทำนองเดียวกันการเพิ่มปุ๋ยอีก 5 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมNต่อไร่ ก็จะได้ประสิทธิภาพผลผลิตพืชเท่ากับ $(950 - 850) / 5 = 20$ กิโลกรัมต่อกิโลกรัมN ซึ่งเป็นค่าที่ลดลงตามลำดับเช่นเดียวกัน หากต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตของปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุไนโตรเจน 3 ชนิด เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมคลอไรด์ และยูเรียเมื่อใช้ในอัตราเท่ากัน เช่น 10 กิโลกรัมNต่อไร่ ก็สามารถใช่วิธีเดียวกันนี้ได้

9.12.2 ประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารจากปุ๋ย (Recovery Efficiency, RE)

ประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารจากปุ๋ย คืออัตราส่วนของปริมาณธาตุอาหารจากปุ๋ยที่พืชดูดมาได้ กับปริมาณธาตุอาหารที่ใส่ หากคูณด้วยร้อยละจะได้อัตราร้อยละ ซึ่งหมายถึงความถึงน้ำหนักของธาตุอาหารที่พืชดูดได้จากปุ๋ย เมื่อมีธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใส่หนึ่งร้อยละ จากการทดลองใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (N) จะคำนวณได้ดังนี้

ถ้า U_f = ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมNต่อไร่)

U_0 = ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมNต่อไร่)

F_n = อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (กิโลกรัมNต่อไร่)

ดังนั้น $(U_f - U_0) =$ ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่เพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา F_n กิโลกรัมต่อไร่

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารจากปุ๋ย (เปอร์เซ็นต์)} = (U_f - U_0) \times 100 / F_n$$

ปริมาณ N ที่ดูดใช้โดยคิดจากพืชทั้งต้นต่อปริมาณปุ๋ย N ที่ใส่ แต่บางครั้งปริมาณ N ที่อยู่ในส่วนที่อยู่ใต้ดิน (Belowground) เช่น รากพืช นั้นจะไม่นำมาคำนวณรวมด้วย จะใช้เฉพาะปริมาณ N ที่อยู่ในส่วนของส่วนที่เหนือดิน (Aboveground) เท่านั้นซึ่งหมายถึง ต้น กิ่ง ก้าน ใบ ดอก เป็นต้น จึงอาจทำให้การคำนวณแบบนี้อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้

9.12.3 ประสิทธิภาพเชิงสรีระ (Physiological efficiency, PE_N)

ประสิทธิภาพเชิงสรีระ คือผลผลิตพืชที่ได้ต่อหน่วยของธาตุอาหารจากปุ๋ยที่พืชดูดมาได้ อาจเรียกว่า ประสิทธิภาพทางชีวะ (Biological efficiency) ก็ได้ คำนวณประสิทธิภาพเชิงสรีระ (กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัม N) จากการทดลองใช้ปุ๋ยไนโตรเจน N อาจคำนวณได้ดังนี้

ถ้า $Y_f =$ ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)

$Y_0 =$ ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)

$N_f =$ ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)

$N_0 =$ ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)

ดังนั้น $(Y_f - Y_0) =$ ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยอัตรา F_n กิโลกรัมต่อไร่

และ $(N_f - N_0) =$ ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่เพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา F_n กิโลกรัมต่อไร่

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงสรีระ} = (Y_f - Y_0) / (N_f - N_0) \text{ กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัม } N$$

ประสิทธิภาพเชิงสรีระจะมีค่าสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับอัตราปุ๋ยที่ทดลอง ดังนี้

1) ประสิทธิภาพเชิงสรีระจะมีค่าสูงสุด เมื่อใส่ปุ๋ยอัตราเหมาะสมให้พืชที่ขาดแคลนธาตุอาหาร จนสามารถเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืชขึ้นมา อยู่ที่ระดับวิกฤตขาดแคลน (Critical deficiency level) ซึ่งหมายถึง ความเข้มข้นของธาตุอาหารเมื่อพืชมีการเจริญเติบโต 90 เปอร์เซ็นต์ ของการเจริญเติบโตสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ย $(Y_f - Y_c)$ จะสูงมากแต่ปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย $(N_f - N_c)$ มีน้อย

2) ประสิทธิภาพเชิงสรีระจะต่ำถ้าใช้ปุ๋ยอัตราสูงมาก จนพืชสะสมธาตุอาหารในพืชเพียงพอ (Sufficiency range) บริโภคฟุ่มเฟือย (Luxury consumption range) หรือเพิ่มจนเข้าสู่พิษเป็นพิษ (Toxic range) เนื่องจากผลผลิตเพิ่มจากการใส่ปุ๋ย $(Y_f - Y_c)$ เกือบเท่ากับกรณีแรก แต่ปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย $(N_f - N_c)$ สูงกว่ากรณีแรกมาก

จากการประเมินประสิทธิภาพของการใส่ปุ๋ยทั้ง 3 วิธี มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ยังอาจมีกระบวนการต่าง ๆ รวมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ที่มีสิ่งกระทบต่อการประเมินประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนทั้ง 3 วิธี ดังตารางที่ 9.11

ตารางที่ 9.11 คำนิยาม การคำนวณ การแปลผลของการประเมินประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

ประสิทธิภาพ	การคำนวณ	ค่ามาตรฐานและการแปลผล
1.ประสิทธิภาพการผลิตพืช (Agronomic efficiency, AE _N)	ประสิทธิภาพการผลิตพืช = $(Y_f - Y_0) / F_n$ กิโลกรัม ผลผลิต/กิโลกรัม N	10-30 กิโลกรัมของผลผลิตทางเศรษฐศาสตร์ ถ้า > 30 กิโลกรัมต่อ กิโลกรัมไนโตรเจน จัดได้ว่ามีการจัดการที่ดีหรือมีการให้ไนโตรเจนที่ระดับต่ำ ค่านี้ขึ้นอยู่กับการจัดการ เช่นวิธีการใส่ปุ๋ย ระบบการปลูกมาเกี่ยวข้อง
2.ประสิทธิภาพการดูดธาตุ อาหารจากปุ๋ย (Recovery efficiency, RE)	ประสิทธิภาพการดูดธาตุ อาหารจากปุ๋ย $(\%) = (U_f - U_0) \times 100 / F_n$	30-50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับธัญพืชทั่ว ๆ ไป 50-80 เปอร์เซ็นต์ สำหรับธัญพืชที่การจัดการที่ดี 10-30 เปอร์เซ็นต์ ใช้สำหรับปุ๋ยฟอสฟอรัสในปีแรก 50-90 เปอร์เซ็นต์ ใช้สำหรับปุ๋ยฟอสฟอรัสในระยะยาว ค่านี้ขึ้นอยู่กับวิธีการใส่ปุ๋ย ระบบการปลูก และปัจจัยทางภูมิอากาศมาเกี่ยวข้อง
3.ประสิทธิภาพเชิงสรีระ (Physiological efficiency , PE _N)	ประสิทธิภาพเชิงสรีระ = $(Y_f - Y_0) / (N_f - N_0)$ กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัม N	30-60 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมไนโตรเจน >60 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมไนโตรเจนจัดได้ว่ามีการจัดการที่ดีหรือมีการให้ไนโตรเจนที่ระดับต่ำ ค่าเหล่านี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์พืช สิ่งแวดล้อม และการจัดการ ถ้ามีค่าต่ำนั้นอาจเกิดจากธาตุอาหารไม่เพียงพอ ภาวะแห้งแล้ง มลพิษทางดิน

ที่มา: ศุภจิตา (2554)

9.12.4 ปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประกอบในการใส่ปุ๋ย

ในการใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชหรือคุณภาพผลผลิตเราอาจจำแนกแนวทางในการพิจารณาคุณค่าของปุ๋ยเคมีออกได้เป็น 2 แนวทาง ด้วยกันคือ

- (1) ใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตให้ได้มากที่สุด
- (2) ใช้ปุ๋ยเพื่อให้ได้ผลตอบแทนมากที่สุด

จะเห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อการผลิตพืชทั้ง 2 แนวทาง มีเป้าหมายแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติสำหรับการปลูกพืชเพื่อการค้า ผู้ปลูกต้องมีเป้าหมายอยู่ที่ผลตอบแทนสูงสุดเป็นสำคัญ ดังนั้นเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว เกษตรกรจะต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ทางเศรษฐศาสตร์ นอกเหนือไปจากเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชด้วย เช่น ปัจจัยด้านการตลาด รายได้ ราคาผลผลิต และต้นทุนการผลิตต่าง ๆ รวมทั้งปุ๋ยเคมีที่จะใช้

การพิจารณาเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ยเคมีแล้ว ผู้ใช้จะต้องคำนึงถึงราคาปุ๋ยต่อหน่วยน้ำหนักค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ปลูกพืช และราคาต่อหน่วยน้ำหนักผลผลิตหรือรายได้จากผลผลิต ซึ่งการผลิตจะให้ผลคุ้มค่าหรือไม่นั้นก็อาจจะประเมินได้อย่างง่าย ๆ โดยการคำนวณหาค่า “อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใส่ปุ๋ย” หรือเรียกย่อ ๆ เป็นภาษาอังกฤษว่าค่า “VCR” (Value to cost ratio) ที่สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้ คือ

$$VCR = \frac{\text{รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ย (V)}}{\text{รายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย (C)}}$$

เมื่อค่า V = (ผลผลิตที่ได้รับปุ๋ย - ผลผลิตพืชที่ไม่ได้รับปุ๋ย) X ราคาผลผลิตต่อหน่วย

C = อัตราปุ๋ยที่ใช้ X ราคาต่อหน่วย (ไม่รวมค่าจัดหาปุ๋ยและค่าแรงงานในการใส่ปุ๋ย)

จากสูตรการคำนวณหาค่า VCR ข้อมูลที่จะต้องทราบเพื่อใช้ในการคำนวณก็คือผลผลิตที่ได้จากการใช้ปุ๋ยและที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย ราคาผลผลิต ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ และราคาปุ๋ย ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าตอบแทนจากการใช้ปุ๋ยโดยพิจารณาจากค่า VCR จะมีมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยผันแปรที่สำคัญอื่น ๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เช่นค่าอัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อค่าปุ๋ยการปลูกข้าวในดินชุดปักธงชัย

$$VCR = \frac{(F - F_0)}{C} = \frac{1237}{329} = 3.759 \approx 3.76$$

โดยทั่วไปมีค่าวิกฤติอยู่ที่ระดับ 2.0 ซึ่งหมายความว่าถ้าค่า VCR มีค่าไม่น้อยกว่าค่านี้ แสดงว่าการใช้ปุ๋ยให้ผลตอบแทนคุ้มค่า และจะให้ให้ผลตอบแทนมากยิ่งขึ้นตามค่า VCR ที่สูงขึ้น

9.13 การผลิตพืชและธาตุอาหารพืช

การผลิตพืชผลเชิงการค้ารวมทั้งการผลิตพืชอาหารสัตว์จำเป็นต้องรักษาระดับผลผลิตและคุณภาพของผลิตผลให้คงที่ การเก็บเกี่ยวพืชออกจากแปลงปลูกทุกครั้งจะมีธาตุอาหารพืชจำนวนหนึ่งติดไปพร้อมกับผลผลิต การให้ปุ๋ยจึงจำเป็นต้องนำส่วนนี้เข้าพิจารณาด้วย พืชแต่ละชนิด แต่ละพันธุ์มีความต้องการปริมาณและสัดส่วนของธาตุอาหารไม่เท่ากัน การวิจัยเกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้ตลอดจนแง่อื่น ๆ ที่สัมพันธ์กันจะส่งเสริมการให้ปุ๋ยได้ถูกต้องและประหยัดยิ่งขึ้น พืชต้องการธาตุอาหารที่มีสัดส่วนสมดุลกันธาตุอาหารที่มากเกินไปจะเป็นสาเหตุทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต หรือเจริญเติบโตผิดปกติและไม่เป็นการประหยัดพืชที่ได้รับธาตุอาหารไม่พอเพียงหรือขาดแคลนจะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก แต่ถ้าให้มากเกินไปธาตุอาหารบางตัวสามารถเป็นพิษต่อพืชได้ (วิจิตร, 2552)

ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตมีอยู่ 2 ปัจจัย คือปัจจัยที่เกี่ยวกับพันธุกรรม และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ แสงสว่าง น้ำ อากาศ ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต ธาตุอาหาร และ pH ส่วนการแสดงออกของการเจริญเติบโตของพืชนั้นประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตกับเวลาจะมีลักษณะคงที่ ระยะแรกการเจริญเติบโตของพืชจะเป็นไปอย่างช้า ๆ และต่อมาการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และในที่สุดก็จะช้าลงอีก และหยุดลง และการเจริญเติบโตกับปัจจัยที่ควบคุม ซึ่งพืชจะเจริญเติบโตได้ดีแค่ไหน จะขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ ซึ่งอาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $G = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ เมื่อ G = การเจริญเติบโตที่ต้องการวัดและ $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ = ปัจจัยต่างๆ ที่ควบคุมการเจริญเติบโต ส่วนระดับธาตุอาหารในพืชได้แก่ Group (จะเป็นองค์ประกอบของส่วนประกอบของพืชเป็นส่วนใหญ่): C, H, N และ S Group 2: ได้แก่ P, B และ Si Group 3: K, Ca, Na, Mg, Mn และ Cl และ Group 4: Fe, Cu, Zn และ Mo โดยปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อกันของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพืช สำหรับความสัมพันธ์เชิงปฏิบัติเป็นปรากฏการณ์ที่ธาตุอาหารชนิดหนึ่งไปยับยั้งการดูดใช้หรือการทำหน้าที่ของธาตุอาหารอีกชนิดหนึ่งจึงเป็นการไม่ส่งเสริมกัน ทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และผลผลิต สำหรับปฏิสัมพันธ์แบบเกื้อกูลกันนั้น เป็นการส่งเสริมซึ่งกันและกันของปัจจัยแต่ละชนิด แต่ปัจจัยทั้งสองไม่มีผลกระทบหรือเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน

แหล่งที่มาของธาตุอาหารพืชส่วนที่อยู่ในดิน ประมาณมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในรูปที่ตกตะกอนหรือไม่ละลายน้ำ ดังนั้นพืชจึงไม่สามารถที่นำไปใช้ได้ ขณะที่ในการให้ปุ๋ยจะมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ธาตุอาหารในสารละลายดิน ซึ่งสารละลายดิน หมายถึงน้ำที่อยู่ในดินที่มีธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของไอออนบวกหรือลบ รวมทั้งสารอินทรีย์ต่าง ๆ ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ จะมีปริมาณมากกว่าในส่วนสารละลายดินมาก โดยพบว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ดินนั้นปริมาณของไอออนบวก จะถูกดูดยึดไว้ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไอออนลบมีการดูดยึดที่จะเกิดขึ้นบนพื้นผิวของคอลลอยด์ดิน ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับปริมาณที่ใช้ได้จริงปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ทั้งหมดที่อยู่ในดินเชื่อว่าพืชจะสามารถดูดใช้ได้ทั้งหมด และพบว่ายังไม่เพียงพอ ทั้งนี้เพราะรากพืชที่มีหน้าที่ดูดธาตุอาหารนั้นจะปรากฏอยู่ในปริมาตรของดินที่น้อยหรือการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณที่รากปรากฏอยู่เท่านั้น โดยกลไกการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารสู่ผิวราก ได้แก่กลไก Mass flow เป็นการเคลื่อนที่ของไอออนธาตุอาหารในดินไปสู่รากตามการไหลของน้ำเกิดจากการที่พืชดูดน้ำและกลไกการแพร่ หมายถึงการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายในสารละลาย จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการที่ดินให้ธาตุอาหารโดยกลไกการแพร่ ได้แก่ ปัจจัยความชื้นดิน โดยอัตราการแพร่หรือสัมประสิทธิ์ของการแพร่จะสูงขึ้นเมื่อดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น และปัจจัยที่เป็นอุปสรรค ปัจจัย buffering capacity ของดิน หากดินมี BC สูง นั่นคือ มีความสามารถในการดูดยึดไอออนสูง และปัจจัยอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสัมบูรณ์เปลี่ยน 1-20 องศาเซลเซียส จะกระทบค่า D1 โดยตรงเพียง 4-8 เปอร์เซ็นต์ (ศุภจิตา, 2554)

อย่างไรก็ดีในการผลิตผักนอกจากต้องคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแล้วยังต้องคำนึงถึงความต้องการธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิด (Crop vegetables nutrient requirement) และต้องรักษาระดับธาตุอาหารพืชในดินไม่ให้ต่ำกว่าค่าวิกฤต (Critical plant nutrient) เนื่องจากถ้าธาตุอาหารพืชไม่เพียงพอ หรืออยู่ในระดับวิกฤตจะทำให้พืชเจริญเติบโตไม่เต็มที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืช โดย Reuter and Robinson (1997) ได้ทำการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชผักไว้หลายชนิด ตามระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ไว้ในหนังสือ Plant Analysis an Interpretation Manual ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตผักโครงการหลวงและพื้นที่อื่น ๆ ในที่นี้ผู้เขียนขอแสดงตัวอย่างความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชของบีทรูท ดังตารางที่ 9.12

ตารางที่ 9.12 ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชของบีทรูท (Beet root)

Nutrient	Growth Stage	Plant Part	How established	Concentration range					Country	Ref	Comments
				Deficient	Marginal	Critical (deficiency)	Adequate	High			
BEETROOT (<i>Beta vulgaris</i>) (ctd)											
B(mg/kg) (ctd)	Early Mat	YMB+P	S,D			21	60-80			Aust	129
	Mat	LB	Sand	15-16			27-83			USA	21
	U	YML	U				35-80			U	5
Mo(mg/kg)	56 DAS	WS	Soil	0.05			0.62			USA	21
	U	YML	U				0.2-1.0			U	5
Co(mg/kg)	Mat	WS	F				0.19			USA	21
	Mat	Root	F				0.08			USA	21

ที่มา: Renter and Robinson (1997)

ตารางที่ 9.12 แสดงความต้องการธาตุโบรอนของบีทรูท ชนิด (Crop vegetables nutrient requirement) โดยในระยะการเจริญเติบโตเริ่มแรก (Early mutuality) ช่วงที่มีการแตกใบอ่อน ในช่วงนี้มี

ความต้องการธาตุโบรอนที่เหมาะสมระหว่าง 60-80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งความต้องการดังกล่าวคือความต้องการธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิด (Crop vegetables nutrient requirement) ถ้ามีระดับโบรอนต่ำกว่าค่าวิกฤต (Critical plant nutrient) คือ ถ้าใบอ่อนมีความเข้มข้นของโบรอนต่ำกว่า 21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะทำให้การเจริญเติบโตชะงัก เป็นต้น

9.14 การตรวจสอบดินภาคสนาม

สำหรับการปฏิบัติวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง กรมพัฒนาที่ดินโดยศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ดินก่อนปลูกและหลังปลูกปีละครั้งเป็นประจำทุกปี ซึ่งต้องใช้เวลานาน และต้องมีการวางแผนล่วงหน้า แต่มีบางกรณีเช่นเกษตรกรต้องการผลวิเคราะห์ดินเร่งด่วนเพื่อเตรียมปรับปรุงบำรุงดิน ก่อนที่จะทำการปลูกพืชที่อยู่นอกเหนือจากพืชหลัก กรมพัฒนาที่ดินโดยศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงจึงทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกร เจ้าหน้าที่ส่งเสริม และหัวหน้าศูนย์ฯ และสนับสนุนอุปกรณ์ให้ใช้ชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD Test Kit) และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU Test Kit) โดยมีรายละเอียดโดยสังเขปดังต่อไปนี้

9.15 ชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD Test Kit)

สามารถวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างของดิน ความต้องการปุ๋ยของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินโดยชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน 1 ชุด สามารถวัดตัวอย่างดินได้ประมาณ 30 ตัวอย่าง และมีความแม่นยำประมาณ 85-95 เปอร์เซ็นต์

9.16 ชุดตรวจสอบดินภาคสนามของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU Test Kit)

สามารถวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างของดิน ความต้องการปุ๋ยของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินโดยชุดตรวจสอบดินภาคสนามของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 1 ชุด สามารถวัดตัวอย่างดินได้ประมาณ 20 ตัวอย่าง และมีความแม่นยำประมาณ 85-95 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ดีชุดตรวจสอบดินภาคสนามทั้งสอง มีเกณฑ์มาตรฐานค่าวิเคราะห์ดินเป็นระดับ แต่ละระดับมีช่วงความเข้มข้นของธาตุอาหารไม่เหมือนกัน แต่ใกล้เคียงกัน สำหรับการนำไปใช้แปรผล ในกรณีที่เร่งด่วนต้องการความรวดเร็ว ควรใช้ค่าเฉลี่ยกลางเป็นหลัก

9.17 โปรแกรมการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง

โปรแกรมคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลงเป็นอีกเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่กรมพัฒนาที่ดินโดยศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง ได้มีการจัดอบรมส่งเสริมใช้แก่เกษตรกร เจ้าหน้าที่ส่งเสริม และหัวหน้าศูนย์ฯ นำไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะกรณีเร่งด่วนที่กล่าวมา โดยนำข้อมูลผลวิเคราะห์ดินมาใส่ข้อมูลในโปรแกรม แล้วเลือกชนิดพืช พื้นที่ปลูก ปุ๋ย แล้วโปรแกรมจะประมวลผลแสดงคำแนะนำในการจัดการดินและปุ๋ยตามชนิดพืชนั้นให้ อย่างไรก็ตามพืชที่อยู่ในโปรแกรมส่วนใหญ่เป็นพืชเศรษฐกิจและไม่ผล ยังไม่ครอบคลุมพืชผัก แต่ก็สามารถใช้ในการประเมินการจัดการดินและปุ๋ยได้ระดับหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. **คู่มือการจัดการอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 187 น.
- พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2556. บทบาทของราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซาต่อพืช ดิน และสิ่งแวดล้อม. **Thai Journal of Science and Technology** 2(2): น. 91-100.
- เพชรไพลิน สุวรรณโชติ ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ ภัคพงศ์ ปวงสุข และละอองดาว แสงหล้า. 2552. สมรรถภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสบู่ดำ สายพันธุ์ระยอง ที่ปลูกในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม. **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม** 5(2): น. 100-117.
- มัตติกา พนมธนิจกุล. 2548. **การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 487 น.
- วิจิตร วังใน. 2552. **ธาตุอาหารหลักกับพืชผลผลิต**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 388 น.
- ศุภธิดา อ่ำทอง. 2554. **เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ย**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 358 น.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2557. **คู่มือการปรับปรุงบำรุงดินบนพื้นที่สูง**. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 23 น.
- สุพัตรา บุตรพลวง วชิรดา ทิพย์อุบล ธเนศ แชนวาลี นุชสุพร กฤษฎาธาร อธิวัฒน์ สิทธิภิญญาพัฒน์ และเสียงแจ้ว พิริยพจน์. 2558. ศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพราไตรโคเดอร์มาเพื่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอราบิก้า. น. 243-252. ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 4 วันที่ 2-4 กรกฎาคม 2558. ณ โรงแรมหรรษา เจบี อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย.
- Atlas, R.M. and Bartha, R., (1998), **Biogeochemical cycling**. In: **Microbial Ecology** (4th Ed.). An imprint Addison Wesley Longman Inc., Sydney, pp 403-405.
- Renter, D.J. and Robinson, J.B. 1997, **Plant Analysis-An Interpretation Manual**. CSIRO Publishing. Collingwood, Australia.

บทที่ 10

ผลสำเร็จของการดำเนินงานด้านการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดิน

ผลการดำเนินงาน และผลสำเร็จการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดิน มีดังต่อไปนี้

10.1 การจัดทำแผนที่ดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปัจจุบันกรมพัฒนาที่ดินได้จัดทำแผนที่ดินไปแล้วจำนวน 28 ศูนย์ฯ ได้แก่ศูนย์ฯ หมอกจ๋าม พระบาท ห้วยต้ม แม่ทาเหนือ ห้วยลึก แม่สะป๊อก ห้วยเหือง ห้วยเสี้ยว แม่หลอด ตีนตง ห้วยเหือง ห้วยโป่ง ปางตะแม่แพะ ป่าเมี่ยง วัดจันทร์ ห้วยหลวง แม่สาใหม่ ห้วยน้ำริน อินทนนท์ ม่อนเงาะอ่างช้าง ห้วยส้มป่อย ขุนวาง แม่แอ๋ ห้วยหอย ขุนแปะ และแก่งน้อย สำหรับศูนย์ฯ ที่ยังดำเนินการจัดทำแผนที่ดินยังไม่แล้วเสร็จมีจำนวน 10 ศูนย์ฯ ได้แก่ ศูนย์ฯ สะเงาะ ปางคำ แม่สะเรียง ห้วยแล้ง แม่ลาน้อย ห้วยน้ำขุ่น แม่ปอนหลวง ผาตั้ง ปางอู้ง และแม่โถ

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดินได้จัดทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทั้ง 38 ศูนย์ฯ แล้วเสร็จเรียบร้อยแล้ว

10.2 ผลการดำเนินงานก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง

ปัจจุบันผลสำเร็จของการปฏิบัติงานด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ ตั้งแต่ปี 2519-2555 ของกรมพัฒนาที่ดิน โดยศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง ได้ดำเนินการก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ก่อสร้างระบบส่งน้ำชลประทานในพื้นที่ และก่อสร้างเส้นทางลำเลียงภูเขาในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงต่าง ๆ ไปแล้วจำนวน 116,459.00 ไร่ ระยะทาง 357.93 กิโลเมตร และ 1,045.51 กิโลเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ส่งเสริมการใช้หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

สำหรับในปี พ.ศ. 2556 กรมพัฒนาที่ดิน โดยศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง มีแผนที่จะปรับปรุงระบบการผลิตผักในพื้นที่โครงการหลวงทั้งระบบ เริ่มตั้งแต่การก่อสร้างและซ่อมบำรุงรักษาระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ตลอดจนโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ได้แก่ ก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จำนวน 4,501 ไร่ ซ่อมแซมระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เดิม จำนวน 5,000 ไร่ งานก่อสร้างเส้นทางลำเลียงภูเขา ระยะทาง 55.190 กิโลเมตร งานซ่อมแซมเส้นทางลำเลียงภูเขา ระยะทาง 20 กิโลเมตร งานก่อสร้างระบบส่งน้ำชลประทาน ระยะทาง 15 กิโลเมตร และงานซ่อมแซมระบบส่งน้ำชลประทาน ระยะทาง 5 กิโลเมตร รายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 10.1-10.6 ตามลำดับ ซึ่งการดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมายทั้งหมด (ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง, 2556ก)

ตารางที่ 10.1 งานก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 13 ศูนย์ จำนวน 4,501 ไร่

ลำดับที่	สถานที่ดำเนินการ	เป้าหมาย (ไร่)
1.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยแล้ง	596
2.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น	523
3.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปุนหลวง	90
4.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แพะ	881
5.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง	132
6.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย	418
7.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ	71
8.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	447
9.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำริน	64
10.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง	164
11.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	366
12.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย	513
13.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนแปะ	263
รวม		4,501

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ก)

ตารางที่ 10.2 งานซ่อมแซมระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เดิม จำนวน 5,000 ไร่

ลำดับที่	สถานที่ดำเนินการ	เป้าหมาย (ไร่)
1.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปึงค่า	500
2.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น	300
3.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยแล้ง	300
4.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปุนหลวง	200
5.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำริน	200
6.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	500
7.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย	500
8.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย	200
9.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนแปะ	300
10.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	300
รวม		5,000

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ก)

ตารางที่ 10.3 งานก่อสร้างเส้นทางลำเลียงภูเขา ระยะทาง 55.190 กิโลเมตร

ลำดับที่	สถานที่ดำเนินการ	เป้าหมาย (กิโลเมตร)
1.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ	4.421
2.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย	10.995
3.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น	8.346
4.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปุนหลวง	8.533
5.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	4.761
6.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สะป๊อก	2.782
7.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเรา	6.445
8.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ	8.907
รวม		55.190

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ก)

ตารางที่ 10.4 งานซ่อมแซมเส้นทางลำเลียงภูเขา ระยะทาง 20 กิโลเมตร

ลำดับที่	สถานที่ดำเนินการ	เป้าหมาย (กิโลเมตร)
1.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สะป๊อก	18
2.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเรา	2
รวม		20

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ก)

ตารางที่ 10.5 งานก่อสร้างระบบส่งน้ำชลประทาน ระยะทาง 15 กิโลเมตร

ลำดับที่	สถานที่ดำเนินการ	เป้าหมาย (กิโลเมตร)
1.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง	0.671
2.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำริน	1.266
3.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	1.941
4.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยเสี้ยว	0.733
5.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปุนหลวง	2.665
6.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอินทนนท์	0.727
7.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง	1.149
8.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเรา	2.248
9.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น	0.307
10.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย	1.106
รวม		15

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ก)

ตารางที่ 10.6 งานซ่อมแซมระบบส่งน้ำชลประทาน ระยะทาง 5 กิโลเมตร

ลำดับที่	สถานที่ดำเนินการ	เป้าหมาย(กิโลเมตร)
1.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยแล้ง	1.58
2.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยปิ้งคำ	2.72
3.	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น	0.70
รวม		5

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ก)

10.3 ผลการดำเนินงานปรับปรุงบำรุงดิน

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกผักของเกษตรกรในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงในปี 2556 จำนวน 336 ราย จากพื้นที่ศูนย์ฯ 33 ศูนย์ฯ และ 468 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศูนย์ฯ 33 ศูนย์ฯ เพื่อวัดสมบัติดิน และโลหะหนักในดิน ตามลำดับ แล้วทำการวิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีการของกรมพัฒนาที่ดิน ในห้องปฏิบัติการทางเคมีดิน ของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 10.7, 10.8 และ 10.9 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

10.3.1 สมบัติดิน

ผลการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง ในปี 2556 พบว่า มีพื้นที่ศูนย์ฯ ลดลงจากปี 2555 จำนวน 2 ศูนย์ฯ รวมเป็น 33 ศูนย์ฯ มีจำนวนเกษตรกรทั้งหมด 444 คน ผลการดำเนินการปรับปรุงบำรุงดิน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

10.3.1.1 ความเป็นกรดต่างของดิน แสดงให้เห็นว่าแปลงปลูกผักของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงจำนวน 133 ราย คิดเป็น 40.00 เปอร์เซ็นต์ มีปัญหาสภาพดินเป็นกรดจัด (pH ต่ำกว่า 5.5) นอกนั้นไม่มีปัญหาดินกรด และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่ไม่มีปัญหาดินกรดมีจำนวน 5 ศูนย์ ได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก ผาตั้ง แม่ใจ หนองหอย และห้วยเสี้ยวตามลำดับ คิดเป็น 15.15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10.7)

10.3.1.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่าพื้นที่แปลงปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวงของเกษตรกรส่วนใหญ่ 62.50 เปอร์เซ็นต์ (210 ราย) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงถึงสูงมาก (ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง 32.14 เปอร์เซ็นต์ (108 ราย) และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำ 5.36 เปอร์เซ็นต์ (18 ราย) มีเกษตรกรจำนวน 2, 1, 1, 3, 2, 1, 1, 1, 1, 2 และ 2 ราย อยู่ในพื้นที่ปลูกผักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 11 แห่ง ได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง ปางตะ พระบาทห้วยต้ม แม่ทาเหนือ แม่แพะ แม่หลอด แม่แฮ หนองหอย หมอกจำ่มุ ห้วยโป่ง และห้วยลึก ตามลำดับ (ตารางที่ 10.7)

10.3.1.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงส่วนใหญ่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูง 70.83 เปอร์เซ็นต์ (238 ราย) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินระดับปานกลาง 8.63 เปอร์เซ็นต์ (29 ราย) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำ 20.54 เปอร์เซ็นต์ (69 ราย) ซึ่งอยู่ในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงทั้งหมด 23 ศูนย์สำหรับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่ไม่มีปัญหาของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีจำนวน 10 ศูนย์ ได้แก่ พื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ปางอุ๋ง ผาตั้ง ม่อนเงาะ แม่ใจ แม่ปุนหลวง แม่ลาน้อย หนองหอย ห้วยโป่ง และห้วยลึก ตามลำดับ (ตารางที่ 10.8)

10.3.1.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน บ่งชี้ว่าพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงส่วนใหญ่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูง 91.96 เปอร์เซ็นต์ (309 ราย) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินระดับปานกลาง 5.65 เปอร์เซ็นต์ (19 ราย) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำ 2.38 เปอร์เซ็นต์ (8 ราย) โดยมีเกษตรกรจำนวน 2, 2, 1, 1, 1 และ 1 ราย อยู่ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 6 แห่ง ได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก ห้วยหลวง พระบาทห้วยต้ม แม่ทาเหนือ แม่แฝะ และหนองเขียว ตามลำดับ (ตารางที่ 10.8)

ตารางที่ 10.7 จำนวนเกษตรกรที่มีปัญหาดินกรด, ความต้องการปูนโดโลไมท์, ระดับอินทรีย์วัตถุและความต้องการปุ๋ยหมักของดินในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของ
เกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2556

ลำดับ ที่	ศูนย์ พัฒนาโครงการ หลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	เกษตรกรที่มี ปัญหาดินกรด		ความต้องการ ปูนโดโลไมท์ รายศูนย์	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน						
						ระดับ ต่ำ	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ ปานกลาง	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ สูง	ต้องการปุ๋ยหมัก	ความต้องการปุ๋ย หมักรวมของศูนย์
		(ราย)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(กิโลกรัมต่อไร่)
1	ขุนแปะ	15	10	67	10,272	0	0	2	6	13	13	19
2	ขุนวาง	10	6	60	2,617	0	0	2	6	8	8	14
3	ตีนตก	2	0	0	0	0	0	2	6	0	0	6
4	ทุ่งหลวง	48	29	60	13,047	2	8	19	57	27	27	92
5	ปึงค่า	1	1	100	785	0	0	0	0	1	1	1
6	ปางตะ	12	1	8	1,046	1	4	5	15	6	6	25
7	ปางอู้ง	2	2	100	2,616	0	0	0	0	2	2	2
8	ผาตั้ง	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
9	พระบาทห้วยต้ม	4	1	25	654	1	4	2	6	1	1	11
10	ม่อนเงาะ	6	3	50	3,009	0	0	5	15	1	1	16
11	แม่โถ	15	0	0	0	0	0	2	6	13	13	19

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ข)

ตารางที่ 10.7 จำนวนเกษตรกรที่มีปัญหาดินกรด, ความต้องการปูนโดโลไมท์, ระดับอินทรีย์วัตถุและความต้องการปุ๋ยหมักของในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2556 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ศูนย์ พัฒนาโครงการ หลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	เกษตรกรที่มี ปัญหาดินกรด		ความต้องการ ปูนโดโลไมท์ รายศูนย์	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน						
						ระดับ ต่ำ	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ ปานกลาง	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ สูง	ต้องการปุ๋ยหมัก	ความต้องการปุ๋ย หมักรวมของศูนย์
		(ราย)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(กิโลกรัมต่อไร่)
12	แม่ทาเหนือ	14	13	93	10,665	3	12	11	33	0	0	45
13	แม่ปุนหลวง	9	1	11	1,308	0	0	4	12	5	5	17
14	แม่แพะ	13	6	46	4,186	2	8	9	27	2	2	37
15	แม่ลาน้อย	7	1	14	916	0	0	0	0	7	7	7
16	แม่สะป๊อก	12	11	92	12,687	0	0	0	0	12	12	12
17	แม่สะเรียง	34	2	6	1,281	0	0	0	0	34	34	34
18	แม่สาใหม่	10	3	30	1,962	0	0	3	9	7	7	16
19	แม่หลอด	2	2	100	915	2	8	0	0	0	0	8
20	แม่แฮ	16	6	38	5,101	1	4	7	21	8	8	33
21	วัดจันทร์	12	4	33	2,223	0	0	6	18	6	6	24
22	หนองเขียว	4	2	50	1,700	0	0	3	9	1	1	10

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ข)

ตารางที่ 10.7 จำนวนเกษตรกรที่มีปัญหาดินกรด, ความต้องการปูนโดโลไมท์, ระดับอินทรีย์วัตถุและความต้องการปุ๋ยหมักของในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2556 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ศูนย์ พัฒนาโครงการ หลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	เกษตรกรที่มี ปัญหาดินกรด		ความต้องการ ปูนโดโลไมท์ รายศูนย์	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน						
						ระดับ ต่ำ	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ ปานกลาง	ต้องการปุ๋ย หมัก	ระดับ สูง	ต้องการปุ๋ยหมัก	ความต้องการปุ๋ย หมักรวมของศูนย์
		(ราย)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(กิโลกรัมต่อไร่)
23	หนองหอย	10	0	0	0	1	4	2	6	7	7	17
24	หมอกจำ่ม	7	3	43	2,485	1	4	6	18	0	0	22
25	ห้วยน้ำขุ่น	4	1	25	916	0	0	2	6	2	2	8
26	ห้วยน้ำริน	2	1	50	523	0	0	1	3	1	1	4
27	ห้วยโป่ง	3	3	100	2,093	2	8	1	3	0	0	11
28	ห้วยลึก	22	2	9	1,570	2	8	4	12	16	16	36
29	ห้วยแล้ง	1	1	100	785	0	0	0	0	1	1	1
30	ห้วยส้มป่อย	5	5	100	4,970	0	0	1	3	4	4	7
31	ห้วยเสี้ยว	4	0	0	0	0	0	3	9	1	1	10
32	อ่างช้าง	5	1	20	654	0	0	1	3	4	4	7
33	อินทนนท์	24	12	50	11,640	0	0	5	15	19	19	34
	รวม	336	133	40	102,626	18	72	108	324	210	210	606

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ข)

ตารางที่ 10.8 ระดับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินในแปลงปลูกผักเกษตรกรรมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2556

ลำดับ ที่	ศูนย์พัฒนา โครงการหลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน						ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน					
			ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง		ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
			(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)
1	ขุนแปะ	15	4	27	0	0	11	73.33	0	0	1	7	14	93.33
2	ขุนวาง	10	0	0	0	0	10	100.00	0	0	0	0	10	100.00
3	ตีนตก	2	2	100	0	0	0	0.00	2	100	0	0	0	0.00
4	ทุ่งหลวง	48	2	4	4	8	42	87.50	2	4	1	2	45	93.75
5	ปึงค่า	1	1	100	0	0	0	0.00	0	0	0	0	1	100.00
6	ปางตะ	12	2	17	3	25	7	58.33	0	0	1	8	11	91.67
7	ปางอู่	2	0	0	0	0	2	100.00	0	0	0	0	2	100.00
8	ผาตั้ง	1	0	0	0	0	1	100.00	0	0	0	0	1	100.00
9	พระบาทห้วยต้ม	4	3	75	0	0	1	25.00	1	25	2	50	1	25.00
10	ม่อนเงาะ	6	0	0	0	0	6	100.00	0	0	0	0	6	100.00
11	แม่โถ	15	0	0	0	0	15	100.00	0	0	0	0	15	100.00
12	แม่ทาเหนือ	14	5	36	4	29	5	35.71	1	7	5	36	8	57.14
13	แม่ปุนหลวง	9	0	0	4	44	5	55.56	0	0	0	0	9	100.00
14	แม่แพะ	13	5	38	2	15	6	46.15	1	8	1	8	11	84.62

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ข)

ตารางที่ 10.8 ระดับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินในแปลงปลูกผักเกษตรกรรมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2556 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ศูนย์พัฒนา โครงการหลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน						ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน					
			ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง		ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
			(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)
15	แม่ลาน้อย	7	0	0	0	0	7	100.00	0	0	0	0	7	100.00
16	แม่สะป๊อก	12	7	58	1	8	4	33.33	0	0	2	17	10	83.33
17	แม่สะเรียง	34	1	3	0	0	33	97.06	0	0	0	0	34	100.00
18	แม่สาใหม่	10	1	10	1	10	8	80.00	0	0	0	0	10	100.00
19	แม่หลอด	2	1	50	0	0	1	50.00	0	0	0	0	2	100.00
20	แม่แอ	16	1	6	1	6	14	87.50	0	0	1	6	15	93.75
21	วัดจันทร์	12	11	92	1	8	0	0.00	0	0	1	8	11	91.67
22	หนองเขียว	4	1	25	1	25	2	50.00	1	25	2	50	1	25.00
23	หนองหอย	10	0	0	0	0	10	100.00	0	0	2	20	8	80.00
24	หมอกจำ	7	2	29	1	14	4	57.14	0	0	0	0	7	100.00
25	ห้วยน้ำขุ่น	4	2	50	1	25	1	25.00	0	0	0	0	4	100.00
26	ห้วยน้ำริน	2	1	50	0	0	1	50.00	0	0	0	0	2	100.00
27	ห้วยโป่ง	3	0	0	0	0	7	100.00	0	0	0	0	7	100.00

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ข)

ตารางที่ 10.8 ระดับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินในแปลงปลูกผักเกษตรกรรมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2556 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ศูนย์พัฒนา โครงการหลวง	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน						ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน					
			ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง		ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
			(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)
28	ห้วยลึก	22	0	0	1	5	21	95.45	0	0	0	0	22	100.00
29	ห้วยแล้ง	1	1	100	0	0	0	0.00	0	0	0	0	1	100.00
30	ห้วยส้มป่อย	5	2	40	1	20	2	40.00	0	0	0	0	5	100.00
31	ห้วยเสี้ยว	4	1	25	1	25	2	50.00	0	0	0	0	4	100.00
32	อ่างช้าง	5	5	100	0	0	0	0.00	0	0	0	0	5	100.00
33	อินทนนท์	24	8	33	2	8	14	58.33	0	0	0	0	24	100.00
	รวม	336	69	21	29	9	238	70.83	8	2	19	6	309	91.96

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (2556ข)

10.3.2 โลหะหนักในดิน

กรมพัฒนาที่ดินโดยการวิเคราะห์โลหะหนักในดินจำนวน 4 ธาตุ ได้แก่ อาร์เซนิก (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) จากพื้นที่ปลูกผักของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ประจำปี พ.ศ. 2556 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 10.9 โดยผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 10.9 จำนวนเกษตรกรที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ของการวิเคราะห์โลหะหนักในดิน ในพื้นที่แปลง ปลูกผักโครงการหลวง ประจำปี 2556

	จำนวน เกษตรกร ทั้งหมด (ราย)	จำนวนเกษตรกรที่ไม่ผ่านเกณฑ์ (ราย)				ผ่านเกณฑ์		รวมไม่ผ่านเกณฑ์	
		As	Cd	Pd	Zn	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์
ศูนย์ฯ แม่ทาเหนือ	15	0	4	0	0	11	73.33	4	26.67
ศูนย์ฯแม่เฒ	29	15	15	6	6	10	34.48	19	65.52
ศูนย์ฯอ่างช้าง	131	2	10	1	10	121	92.37	10	7.63
ศูนย์ฯทุ่งเริง	25	12	22	0	1	3	12.00	22	88.00
ศูนย์ฯพระบาทห้วยต้ม	3	0	1	0	0	2	66.67	1	33.33
ศูนย์ฯวัดจันทร์	38	8	31	3	3	4	10.53	34	89.47
ศูนย์ฯหนองหอย	11	0	3	4	0	5	45.45	6	54.55
ศูนย์ฯปางดะ	7	0	4	0	0	3	42.86	4	57.14
ศูนย์ฯแกนน้อย	7	0	2	0	0	5	71.43	2	28.57
ศูนย์ฯสะเงาะ	4	0	0	0	0	4	100.00	0	0.00
ศูนย์ฯแม่สะเรียง	3	0	0	0	0	3	100.00	0	0.00
ศูนย์ฯแม่สาใหม่	12	3	7	10	10	2	16.67	10	83.33
ศูนย์ฯแม่สะป๊อก	24	3	5	2	2	17	70.83	7	29.17
ศูนย์ฯห้วยส้มป่อย	6	0	1	0	0	5	83.33	1	16.67
ศูนย์ฯ ชุนแปะ	13	0	0	1	4	9	69.23	4	30.77
ศูนย์ฯหมอกจำ่ม	5	0	0	0	0	5	100.00	0	0.00
ศูนย์ฯ แม่แฮ	13	0	4	0	0	9	69.23	4	30.77

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง 2556 (ข)

ตารางที่ 10.9 จำนวนเกษตรกรที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ของการวิเคราะห์โลหะหนักในดินในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง ประจำปี 2556 (ต่อ)

	จำนวนเกษตรกรทั้งหมด (ราย)	จำนวนเกษตรกรที่ไม่ผ่านเกณฑ์ (ราย)				ผ่านเกณฑ์		รวมไม่ผ่านเกณฑ์	
		As	Cd	Pd	Zn	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์
ศูนย์ฯทุ่งหลวง	22	0	1	0	0	21	95.45	1	4.55
ศูนย์ฯ แม่แพะ	14	1	4	0	2	9	64.29	5	35.71
ศูนย์ฯ ห้วยลึก	19	0	3	0	2	16	84.21	3	15.79
ศูนย์ฯหนองเขียว	2	0	2	1	2	0	0.00	2	100.00
ศูนย์ฯอินทนนท์	23	6	9	3	8	11	47.83	12	52.17
ศูนย์ฯผาตั้ง	1	0	0	0	0	1	100.00	0	0.00
ศูนย์ฯตีนตก	2	0	1	0	0	1	50.00	1	50.00
ศูนย์ฯแม่ลาน้อย	2	0	0	1	0	1	50.00	1	50.00
ศูนย์ฯปางค่า	2	0	2	0	0	0	0.00	2	100.00
ศูนย์ฯแม่หลอด	1	0	0	0	0	1	100.00	0	0.00
ศูนย์ฯปางอุ๋ง	2	2	2	1	1	0	0.00	2	100.00
ศูนย์ฯห้วยเสี้ยว	3	0	0	0	0	3	100.00	0	0.00
ศูนย์ฯห้วยแล้ง	2	0	0	0	0	2	100.00	0	0.00
ศูนย์ฯ แม่ปูนหลวง	9	0	0	0	0	9	100.00	0	0.00
ศูนย์ฯม่อนเงาะ	9	0	0	0	0	9	100.00	0	0.00
ศูนย์ฯทุ่งเรา	9	3	7	2	1	2	22.22	7	77.78
รวม	468	55	140	35	52	304	64.96	164	35.04

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง 2556(ข)

ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดินของเกษตรกรโดยรวมทั้งหมดจำนวน 468 ราย พบว่ามีเกษตรกร 64.96 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักทุกมาตรฐาน (304 ราย) และมีเกษตรกร 35.04 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ผ่านมาตรฐานโลหะหนักทุกมาตรฐาน (164 ราย) โดยรายละเอียดของมาตรฐานโลหะหนักแต่ละธาตุมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

10.3.2.1. อาร์เซนิก พบว่า ดินในพื้นที่ปลูกผักของเกษตรกรโครงการหลวงส่วนใหญ่จำนวน 55 ราย ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคิดเป็น 11.75 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเกษตรกรจำนวน 15, 2, 12, 8, 3, 1, 6, 2

และ 3 ราย อยู่ในพื้นที่ศูนย์ฯ แม่โถ อ่างช้าง หุ้งเริง วัดจันทร์ แม่สาใหม่ แม่สะปือก แม่แพะ อินทนนท์ ปางอู้ง และหุ้งเรา ตามลำดับ

10.3.2.2. **แคดเมียม** พบว่ามีดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรจำนวน 140 ราย ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคิดเป็น 29.91 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเกษตรกรในศูนย์ฯ สะโจ้ แม่สะเรียง ขุนแปะ หมอกจ๋าม ผาตั้ง แม่หลอด ห้วยเสี้ยว ห้วยแล้ง แม่ปุนหลวง และม่อนเงาะ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานแคดเมียมทั้งหมด

10.3.2.3. **ตะกั่ว** พบว่ามีดินในพื้นที่ปลูกผักของเกษตรกรโครงการหลวงส่วนใหญ่จำนวน 35 ราย ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตะกั่วคิดเป็น 11.32 เปอร์เซ็นต์ เป็นเกษตรกรอยู่ในพื้นที่ศูนย์ฯ แม่โถ อ่างช้าง วัดจันทร์ หนองหอย แม่สาใหม่ แม่สะปือก ขุนแปะ หนองเขียว อินทนนท์ แม่ล่าน้อย ปางอู้ง และหุ้งเรา

10.3.2.4. **สังกะสี** พบว่ามีดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรจำนวน 52 ราย ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสังกะสีคิดเป็น 11.11 เปอร์เซ็นต์ เป็นเกษตรกรที่อยู่พื้นที่ศูนย์ฯ แม่โถ อ่างช้าง หุ้งเริง วัดจันทร์ แม่สาใหม่ แม่สะปือก ขุนแปะ แม่แพะ ห้วยลึก หนองเขียว อินทนนท์ ปางอู้ง และหุ้งเรา

10.4 การส่งเสริมกิจกรรมพิเศษ

เพื่อให้การปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและให้เกิดความยั่งยืน กรมพัฒนาที่ดินโดยศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงจึงได้จัดกิจกรรมการฝึกอบรมเพิ่มทักษะพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง แก่เกษตรกร และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมผักโครงการหลวง ตลอดช่วงระยะเวลาดำเนินในปี 2556 ดังต่อไปนี้

โครงการฝึกอบรมหลักสูตร “การพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อเพิ่มประสิทธิผลในการปฏิบัติงาน”

เจ้าหน้าที่ ศพล. จำนวน 55 คน ในระหว่างวันที่ 22–23 พฤศจิกายน 2555

ณ ห้องประชุมศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6

โครงการฝึกอบรมหลักสูตร “การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่โครงการหลวง ระดับหัวหน้าศูนย์พัฒนาโครงการหลวง”

เป้าหมาย หัวหน้าศูนย์พัฒนาโครงการหลวง จำนวน 38 ราย

ในวันอาทิตย์ ที่ 6 มกราคม 2556

โครงการฝึกอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์ดิน การแปลผลวิเคราะห์ โดยใช้ชุดตรวจสอบดินภาคสนามของ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU-Test kit) การใช้โปรแกรมการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง ตลอดจนให้ความรู้เรื่องโลหะหนัก

เป้าหมายหมอดิน เกษตรกร เจ้าหน้าที่ส่งเสริมพืชผัก และหัวหน้าศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทั้ง 38 แห่ง

ณ ห้องประชุมศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6

โครงการฝึกอบรมหลักสูตรการเพิ่มพูนความรู้ด้านการจัดการโลหะหนักและธาตุอาหารในดินพื้นที่ปลูก พืชผักในพื้นที่โครงการหลวง

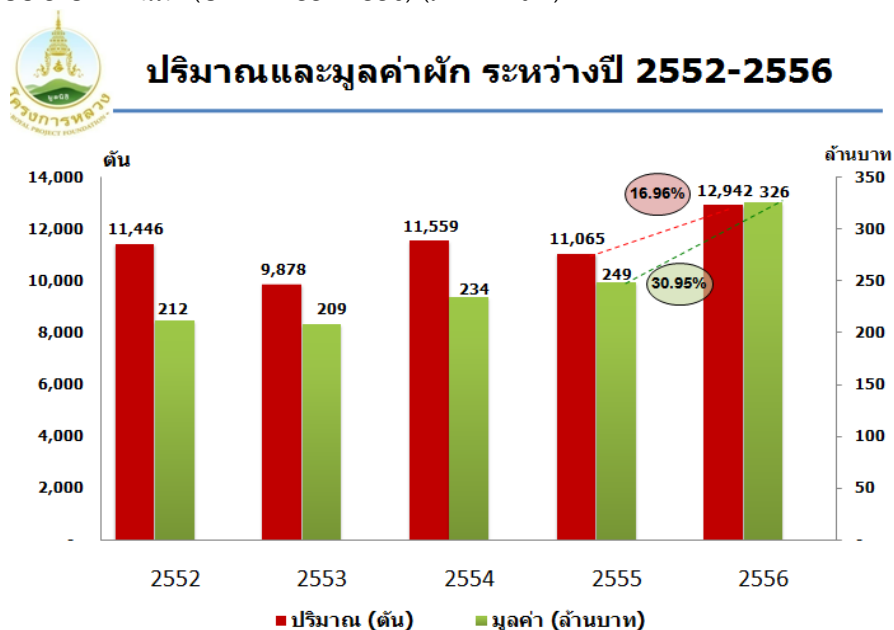
เป้าหมายเจ้าหน้าที่ส่งเสริมพืชผัก ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง

ในวันพุธ ที่ 31 กรกฎาคม 2556

ณ ห้องประชุมศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6

10.5 ผลผลิตและมูลค่าผลผลิตผัก

จากรายงานผลการปฏิบัติงานพัฒนาและส่งเสริมผักของมูลนิธิโครงการหลวง ปี 2556 พบว่ามีผลผลิตผักโครงการหลวงทั้งหมด 12,942 ตัน คิดเป็นมูลค่า 326 ล้านบาท ซึ่งสูงกว่าผลผลิตผักและมูลค่าผักที่ผลิตได้ในรอบ 5 ปี ที่ผ่านมา (ปี พ.ศ. 2552-2556) (ภาพที่ 10.1)



ภาพที่ 10.1 ปริมาณและมูลค่าผักโครงการหลวง ระหว่างปี 2552-2556

ที่มา: มูลนิธิโครงการหลวง (2556)

เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง. 2556 (ก). รายงานประจำปี 2556.เชียงใหม่: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง กรมพัฒนาที่ดิน. 36 น.
- ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง. 2556 (ข). ผลวิเคราะห์ดินแปลงผักโครงการหลวง ปี 2556. เชียงใหม่: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงกรมพัฒนาที่ดิน.
- งานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง. 2556. ผลการปฏิบัติงานพัฒนาและส่งเสริมผักปี 2556 และแผนปฏิบัติงานปี 2557. ในเอกสารประกอบการสัมมนาพืชผักสมุนไพรประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557. มูลนิธิโครงการหลวง.

บทที่ 11

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

กล่าวโดยสรุปผลการดำเนินงาน และผลสำเร็จการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดิน เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ระบบงานพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และผลิตภาพของดินให้ผลิตผักโครงการหลวงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้การทำงานอาจจะเป็นรูปแบบเครือข่ายร่วมกันขององค์กร และชุมชนหรือลักษณะงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและมีความสัมพันธ์กัน เพื่อการขับเคลื่อนงานพัฒนาที่ดินให้ประสบความสำเร็จ บรรลุเป้าหมายด้วยกัน ในการดูแลรักษาทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับผลิตผักโครงการหลวง ให้มีความเหมาะสมและสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืนตลอดไป ซึ่งการวางระบบการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง ได้แก่ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และโครงสร้างพื้นฐานนั้น ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ การคัดเลือกหรือกำหนดพื้นที่ การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และออกแบบระบบการพัฒนาที่ดิน การสอบถามความคิดเห็นของประชาชน การจัดทำแผนปฏิบัติการและแผนงบประมาณในการก่อสร้างและบำรุงรักษาระบบดังกล่าว และสิ่งที่ขาดไม่ได้สำหรับการวางระบบการพัฒนาที่ดิน คือ ส่วนของข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งใช้เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดินอันประกอบไปด้วย ข้อมูลทรัพยากรดิน รายงานการสำรวจและแผนที่ดิน การจำแนกความเหมาะสมของดิน การวางแผนการใช้ที่ดิน การถือครองที่ดิน การอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลวิเคราะห์ดิน ข้อมูลทรัพยากรน้ำ ระบบการปลูกพืช การมีส่วนร่วมของประชาชน และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น โดยสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้การบริหารจัดการทรัพยากรดินและที่ดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดิน มีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี และได้รับการยอมรับจากทุกภาคส่วน โดยเฉพาะภาคประชาชน และที่สำคัญ จะส่งผลให้เกิดความสมดุลระหว่างงานด้านพัฒนากับด้านอนุรักษ์ทรัพยากร ให้ขับเคลื่อนไปด้วยกัน ในรูปแบบของการพัฒนาแบบยั่งยืนตลอดไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

11.1 ผลสำเร็จของการดำเนินงานด้านการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวง

สามารถสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานได้สำเร็จตามเป้าหมาย ปัญหาสภาพดินเป็นกรดในปี 2556 ลดลงอย่างชัดเจนจากปี 2555 ถึง 19.46 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่อยู่ในระดับต่ำลดลงจากปี 2555 เท่ากับ 0.63, 15.31 และ 1.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปัญหาโลหะหนักตกค้างในดินแสดงให้เห็นว่าในปี 2556 เกษตรกรมีแนวโน้มผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักเพิ่มขึ้นจากปี 2555 ถึง 11.39 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยการผ่านเกณฑ์ในปี 2556 และ ปี 2555 เท่ากับ 64.96 และ 53.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11.1 และ 11.2)

ผลสำเร็จจากการปรับปรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงดังกล่าวส่งผลให้โครงการหลวงมีปริมาณผลผลิตพืชผักในปี 2556 เพิ่มขึ้นจากปี 2555 ถึง 16.96 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นมูลค่า 30.95 ล้านบาท

ผลที่ได้จากการศึกษาการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดินยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยเป็นแนวทางในการวางแผนการปลูกและการจัดการพืชอื่น ตลอดจนสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อกำหนดเป็นแผนงานและแผนปฏิบัติการอย่างเป็นขั้นเป็นตอนอย่างมีระบบ เพื่อการปรับปรุงบำรุงดินในการปลูกผักอย่างยั่งยืนในพื้นที่โครงการหลวงและพื้นที่อื่น ๆ ได้

ตารางที่ 11.1 สรุปผลการวิเคราะห์จำนวนเกษตรกรที่ดินมีปัญหาด้านความเป็นกรดของดิน, ความต้องการปูนในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2555-2556

ปี	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง	จำนวนเกษตรกรทั้งหมด	เกษตรกรที่มีปัญหาดินกรด		ความต้องการปูนโดโลไมท์รายศูนย์	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินระดับต่ำ
		(ราย)	(ราย)	(เปอร์เซ็นต์)	(กิโลกรัมต่อไร่)	(ราย)
2555	35	444	264	59.46	353,417	21
2556	33	336	133	40.00	102,626	18

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง 2555-2556

ตารางที่ 11.1 สรุปผลการวิเคราะห์จำนวนเกษตรกรที่ดินมีปัญหาด้านระดับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในแปลงปลูกผักโครงการหลวงของเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2555-2556 (ต่อ)

ลำดับที่	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง	จำนวนเกษตรกรทั้งหมด	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน						ระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน					
			ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง		ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
			(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์
55	33	336	69	21	29	9	389	87.61	8	2	19	6	439	98.87
56	35	444	25	5.63	30	6.76	238	70.83	1	0.23	4	0.90	309	91.96

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง 2555-2556

ตารางที่ 11.2 ผลการวิเคราะห์จำนวนเกษตรกรที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ค่าโลหะหนักในดิน ในพื้นที่แปลงปลูกผักโครงการหลวง ประจำปี 2555-2556

ปี พ.ศ.	จำนวนศูนย์ฯ (ศูนย์ฯ)	จำนวนเกษตรกรทั้งหมด (ราย)	ผ่านเกณฑ์		รวมไม่ผ่านเกณฑ์	
			(ราย)	เปอร์เซ็นต์	(ราย)	เปอร์เซ็นต์
2555	33	308	165	53.57	143	46.43
2556	33	468	304	64.96	164	35.04

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง 2555-2556

11.2 สรุปผล

จากภารกิจในการดำเนินงานด้านการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวงของศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง (ศพล.) สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน พบว่า

1. สามารถสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานได้สำเร็จตามเป้าหมาย
2. สามารถแก้ปัญหาดินเป็นกรดในเวลา 1 ปี 2555-2556 ได้ถึง 19.46 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ที่มีปัญหาดินกรดส่งผลให้ลดต้นทุนในการผลิตได้ เพราะใช้ปริมาณปูนโดโลไมท์เพื่อปรับปรุงดินลดลง 250,791 กิโลกรัม
3. แก้ไขให้พื้นที่เกษตรกรที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำให้มีเพิ่มขึ้นจำนวน 3 ราย โดยการแนะนำให้ใช้ปุ๋ยหมักตามอัตราคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร
4. สามารถแนะนำให้เกษตรกรปรับระดับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่อยู่ในระดับต่ำจากปี 2555 ให้ดีขึ้นในปี 2556 แสดงให้เห็นว่าสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมี ลงได้ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงอีก
5. ปี 2556 เกษตรกรมีแนวโน้มผ่านเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักเพิ่มขึ้นจากปี 2555 เท่ากับ 11.39 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยการผ่านเกณฑ์ในปี 2556 และปี 2555 เท่ากับ 64.96 และ 53.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการให้ความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักทั้งระบบได้ผลมากขึ้น เกษตรกรมีความเข้าใจและระมัดระวังในการใช้สารเคมีทางการเกษตรมากขึ้น
6. ผลสำเร็จจากการปรับปรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงดังกล่าวส่งผลให้โครงการหลวงมีปริมาณผลผลิตพืชผักในปี 2556 เพิ่มขึ้นจากปี 2555 ถึง 16.96 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นมูลค่า 30.95 ล้านบาท แสดงให้เห็นผลจากการบูรณาการองค์ความรู้ โดยอาศัยหลักวิชา หลักการในการปรับปรุงบำรุงดินในหลากหลายสาขา ได้แก่ หลักการปรับปรุงบำรุงดินทั้งทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ ของกรมพัฒนาที่ดินมาผสมผสานเพื่อจัดการดินที่เริ่มเสื่อมโทรมในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง เราสามารถเพิ่มผลผลิตของดินให้ดีขึ้นได้ผลดีเป็นอย่างยิ่ง ส่งผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตผักในพื้นที่ที่เคยมีปัญหาได้

11.3 ข้อเสนอแนะ

1. เทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินและปรับปรุงบำรุงดินเพื่อปรับสภาพดินให้เหมาะสมต่อการปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวงของกรมพัฒนาที่ดินสามารถนำไปเป็นต้นแบบและแนวทางในการวางแผนการปลูกและการจัดการพืชอื่นตลอดจนสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อกำหนดเป็นแผนงานและแผนปฏิบัติอย่างเป็นขั้นเป็นตอนอย่างมีระบบเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินในการปลูกผักอย่างยั่งยืนในพื้นที่โครงการหลวงและพื้นที่อื่น ๆ ได้
2. ควรมีการส่งเสริมให้ศึกษาวิจัยแบบบูรณาการในด้านการลดการสะสมหรือปนเปื้อนโลหะหนักในดิน ด้วยวิธีการหรือชีวภาพ เพื่อเปรียบเทียบหาวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาคาร์บอนปนเปื้อนโลหะหนักในดินที่ให้ผลดีที่สุดและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติที่เกี่ยวข้องมากที่สุด เช่น การศึกษาปรับปรุงดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมโดยใช้สบู่ดำ หรือการวิจัยเพื่อเสาะหาจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายโลหะหนักต่าง ๆ ได้
3. ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพประสิทธิผลของวิธีการปรับปรุงบำรุงดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวงในระยะยาวอย่างต่อเนื่อง ครอบคลุมถึงประโยชน์ด้านสังคม (สุขภาพ การอยู่ดีกินดี) และทรัพยากรสิ่งแวดล้อม (การวัดปริมาณการสะสมปริมาณคาร์บอนในดินที่เป็นแปลงอินทรีย์เปรียบเทียบกับแปลง GAP, GLOBALGAP และแปลงเกษตรกรทั่วไป) เนื่องจากในอนาคตมีแนวโน้มของการเพิ่มเงื่อนไขการผลิตผักในเรื่องของการปลดปล่อยคาร์บอน

4. ควรมีการศึกษาผลกระทบจากวิธีการพัฒนาการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกผักโครงการหลวง โดยกรมพัฒนาที่ดินต่อวิศิษฐ์ ว่ามีแนวโน้มยั่งยืนเพียงใดในรูปแบบของการประเมินโครงการ

5. ถึงแม้ว่าสังกะสีเป็นจัดเป็นธาตุโลหะหนัก ซึ่งตกค้างอยู่ในแปลงผักพื้นที่โครงการหลวงอยู่บ้าง แต่ในปัจจุบันมีงานวิจัยพบว่าสังกะสีเป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นปัญหาสังกะสีที่พบเกินค่ามาตรฐานอาจไม่ใช่ภาวะเร่งด่วนในการควบคุมโลหะหนักที่ตกค้างในดิน โลหะหนักควรจัดการเร่งด่วนได้แก่ แคดเมียม สารหนู และ ตะกั่ว ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง. 2555. ผลวิเคราะห์ดินแปลงผักโครงการหลวง ปี 2555.เชียงใหม่:
ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงกรมพัฒนาที่ดิน.
- ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง. 2556. ผลวิเคราะห์ดินแปลงผักโครงการหลวง ปี 2556.เชียงใหม่:
ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวงกรมพัฒนาที่ดิน.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 รายละเอียดแผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559) จำแนกตามยุทธศาสตร์: การอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติตามยุทธศาสตร์การอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ

ยุทธศาสตร์/แนวทางการพัฒนา/โครงการ/ กิจกรรม	เป้าหมาย (หน่วยนับ)	งบประมาณ (บาท)					รวม (บาท)	หมายเหตุ
		ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559		
1. การอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ		123,306,144	142,470,465	146,097,785	149,018,763	153,019,101	713,912,258	
กิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงบำรุงดิน		3,740,000	3,740,000	3,740,000	3,740,000	3,740,000	18,700,000	
1. การปรับปรุงบำรุงดิน								กรมพัฒนาที่ดิน
1.1 ส่งเสริมการใช้เมล็ดพันธุ์พืชสด	400 ตัน	1,920,000	1,920,000	1,920,000	1,920,000	1,920,000	9,600,000	กรมพัฒนาที่ดิน
1.2 ส่งเสริมการใช้สารปรับปรุงบำรุงดินปูนโดโลไมท์	5,000 ตัน	1,700,000	1,700,000	1,700,000	1,700,000	1,700,000	8,500,000	กรมพัฒนาที่ดิน
2. ส่งเสริมการใช้ปุ๋ยพืชสดปรับปรุงบำรุงดิน	40,000 ไร่	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	600,000	กรมพัฒนาที่ดิน
กิจกรรมที่ 2 การสนับสนุนกิจกรรมหมอดินอาสา		181,000	181,000	181,000	181,000	181,000	905,000	
1. กิจกรรมหมอดินอาสา								
1.1 อบรมหมอดินอาสาประจำตำบล	425 ราย	136,000	136,000	136,000	136,000	136,000	680,000	กรมพัฒนาที่ดิน
1.2 อบรมหมอดินอาสาประจำหมู่บ้าน	750 ราย	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	225,000	กรมพัฒนาที่ดิน
แนวทางที่ 1 เร่งรัดการพัฒนาระบบอนุรักษ์ดินและน้ำด้วยเครื่องจักรกล และการปลูกหญ้าแฝก เพื่อลดการเสื่อมโทรมและการพังทลายของดิน		63,038,000	62,654,700	62,671,554	62,689,419	62,708,356	313,762,829	
แผนงานเร่งรัดการพัฒนาระบบอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อลดการเสื่อมโทรมและการพังทลายของดิน		63,038,000	62,654,700	62,671,554	62,689,419	62,708,356	313,762,829	
กิจกรรมที่ 3 การเร่งรัดการพัฒนาระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ		43,838,800	43,454,700	43,471,554	43,489,419	43,509,356	217,762,829	
1. เร่งรัดการพัฒนาระบบอนุรักษ์ดินและน้ำด้วยเครื่องจักรกล และการปลูกหญ้าแฝก เพื่อลดการเสื่อมโทรมและการพังทลายของดิน	38 ศูนย์	265,000	280,900	297,754	325,619	334,556	1,493,829	โครงการหลวง

ตารางภาคผนวกที่ 1 รายละเอียดแผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559) จำแนกตามยุทธศาสตร์: การอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติตามยุทธศาสตร์การอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ (ต่อ)

ยุทธศาสตร์/แนวทางการพัฒนา/โครงการ/กิจกรรม	เป้าหมาย (หน่วยนับ)	งบประมาณ(บาท)					รวม(บาท)	หมายเหตุ
		ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559		
2. สํารวจออกแบบลํางหน้าเพื่อจัดทําระบบอนุรักษ์ดินและนํ้า	25,000 ไร่	1,300,000	1,300,000	1,300,000	1,300,000	1,300,000	6,500,000	กรมพัฒนาที่ดิน
3. ก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและนํ้า	22,500 ไร่	32,665,000	32,665,000	32,665,000	32,665,000	32,665,000	163,325,000	กรมพัฒนาที่ดิน
4.ดูแลรักษาระบบอนุรักษ์ดินและนํ้าในพื้นที่เดิม	20,000 ไร่	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	10,000,000	กรมพัฒนาที่ดิน
5. ส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝกแบบกึ่งอนุรักษ์ฯ	80 ล้านกล้า	19,200,000	19,200,000	19,200,000	19,200,000	19,200,000	96,000,000	กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 2 รายละเอียดแผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559) ตามยุทธศาสตร์การอนุรักษ์และหน่วยงานกรม

ยุทธศาสตร์	หน่วยงาน	จำนวนโครงการ	งบประมาณ (บาท)					รวม(บาท)
			ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	
1. การอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ	กรมพัฒนาที่ดิน	7	59,086,000	59,086,000	59,086,000	59,086,000	59,086,000	295,430,000
2.การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน	กรมพัฒนาที่ดิน	4	37,138,475	37,138,475	37,138,475	37,138,475	37,138,475	185,692,375

ตารางภาคผนวกที่ 3 เกณฑ์มาตรฐานของค่าวิเคราะห์ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

3.1 ปฏิกริยาดิน (Soil reaction, pH) (ดิน:น้ำ= 1:1)

	ระดับ	พิสัย
เป็นกรดจัดมาก	(extremely acid)	< 4.5
เป็นกรดจัด	(very strongly acid)	4.5-5.0
เป็นกรดแก่	(strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง	(moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย	(slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง	(near neutral)	6.6-7.3
เป็นกลางอย่างอ่อน	(slightly alkali)	7.4-8.4
เป็นด่างแก่	(strongly alkali)	8.5-9.0
เป็นด่างจัด	(extremely alkali)	>9.0

3.2 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ระดับความเค็มและผลกระทบต่อกลุ่มพืช

ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต่อเมตร)	ระดับความเค็ม	อิทธิพลต่อพืช
0-2	ไม่เค็ม	ไม่กระทบกระเทือนต่อการปลูกพืชทุกชนิด
2-4	เค็มน้อย	พืชที่ไวต่อความเค็มมีการเจริญเติบโตลดลงบ้าง
4-8	เค็มปานกลาง	พืชทนเค็มเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดี
8-16	เค็มมาก	พืชทนเค็มบางชนิดเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดี
>16	เค็มมากที่สุด	พืชทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้เลย

3.3 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic matter) (Walkly and Black method)

ระดับ		พิสัย (เปอร์เซ็นต์)
ต่ำมาก	(very low)	<0.5
ต่ำ	(low)	0.5-1.0
ค่อนข้างต่ำ	(moderately low)	1.0-1.5
ปานกลาง	(moderately)	1.5-2.5
ค่อนข้างสูง	(moderately high)	2.5-3.5
สูง	(high)	3.5-4.5
สูงมาก	(very high)	>4.5

3.4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N, %)

ระดับ		พิสัย (เปอร์เซ็นต์)
ต่ำมาก	(very low)	<0.025
ต่ำ	(low)	0.025-0.075
ปานกลาง	(moderately)	0.075-0.125
สูง	(high)	0.125-0.175
สูงมาก	(very high)	>0.175

3.5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินโดยวิธีการสกัดด้วย Bray II

ระดับ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก	<3
ต่ำ	3-6
ค่อนข้างต่ำ	6-10
ปานกลาง	10-15
ค่อนข้างสูง	15-25
สูง	25-45
สูงมาก	>45

3.6 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินโดยวิธีการสกัดด้วยAmmonium acetate 1 N, pH 7 อัตราส่วน 1 ต่อ 20

ระดับ	ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก	<30
ต่ำ	30-60
ปานกลาง	60-90
สูง	90-120
สูงมาก	>120

3.7 ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้โดยวิธีการสกัดด้วยAmmonium acetate 1 N, pH 7 อัตราส่วน 1 ต่อ 20

ระดับ	ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
<400	ต่ำมาก
401-1,000	ต่ำ
1,001-2,000	ปานกลาง
2,001-4,000	สูง
>4,000	สูงมาก

3.8 ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้โดยวิธีการสกัดด้วย Ammonium acetate 1 N, pH 7 อัตราส่วน 1 ต่อ 20

ระดับ	ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
<36	ต่ำมาก
36-120	ต่ำ
121-365	ปานกลาง
366-975	สูง
>975	สูงมาก

ตารางภาคผนวกที่ 4 เกณฑ์มาตรฐานของค่าโลหะหนัก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

4.1 มาตรฐานและระดับเกณฑ์พื้นฐานโลหะหนัก

	ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)				
	As	Cd	Cu	Pb	Zn
กรมพัฒนาที่ดิน ¹	30	1	45	55	75
กลุ่มสหภาพยุโรป ²	20	3	100	100	300
แคนาดา ³	20	3	150	200	600
ญี่ปุ่น ³	15	1	125	400	150
ไต้หวัน ³	60	5	200	500	600
คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ⁴	3.9	37	-	400	-

ที่มา : 1 มาตรฐานคุณภาพดิน กรมพัฒนาที่ดิน

2 European Union, 2002

3 Zheng YM, Chen TB, He JZ (2008)

4 ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2547)

4.2 มาตรฐานโลหะหนักในพืช

	ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)				
	As	Cd	Cu	Pb	Zn
กลุ่มสหภาพยุโรป ¹	-	0.2	-	0.3	-
จีน ²	0.5	0.05	10	0.1	20
WHO/FAO ³	-	0.2	40	5	60

ที่มา : 1 European Union, 2002

2 มาตรฐานแห่งชาติสาธารณรัฐประชาชนจีน, 2003

3 องค์การอาหารและเกษตร และองค์การอนามัยโลก, 2007

4.3 มาตรฐานโลหะหนักในอาหาร

	ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)				
	As	Cd	Cu	Pb	Zn
Codex ¹	0.5	0.5	-	2	-
ไทย ²	2	0.8	20	1	100

ที่มา : 1 Codex, 2010

2 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2529

4.4 มาตรฐานโลหะหนักในผิวดินและน้ำใต้ดิน

	ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)				
	As	Cd	Cu	Pb	Zn
ผิวดิน	0.01	0.005* 0.05**	0.1	0.05	1.0
น้ำใต้ดิน	0.01	0.003	1.0	0.01	5.0

ที่มา : พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535

* น้ำที่มีความกระด้างในรูป CaCO_3 ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูป CaCO_3 เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางภาคผนวกที่ 5 เกณฑ์มาตรฐานค่าวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง

สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง	ค่ามาตรฐาน
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (% by wt)	≥ 20
ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	≤ 20
ความเป็นกรดต่างของดิน	5.5 - 10.0
การนำไฟฟ้า (ds/m)	≤ 15
ปริมาณโซเดียม (Na) (%)	≤ 1
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%)	≥ 20
ปริมาณไนโตรเจน (%)	≥ 1.0
ปริมาณฟอสฟอรัส (%)	≥ 2.5
ปริมาณโพแทสเซียม (%)	≥ 1.0
ผลรวมธาตุอาหารหลักทั้งหมด	$\geq 9, \leq 20$
ปริมาณความชื้น (%)	≤ 30
การผ่านตะแกรงร่อนขนาด 12.5x12.5 มม.	100
ปริมาณหิน กรวด (%)	≤ 2
วัสดุเศษแก้ว วัสดุคม และโลหะอื่นๆ (%)	$= 0$
ผลวิเคราะห์ธาตุโลหะหนัก (mg/kg)	
สารหนู	≤ 50
แคดเมียม	≤ 5
โครเมียม	≤ 300
ทองแดง	≤ 500
ตะกั่ว	≤ 500
ปรอท	≤ 2

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน, (2556)

ตารางภาคผนวกที่ 6 เกณฑ์มาตรฐานค่าวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลว

เกณฑ์มาตรฐานค่าวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลว	ค่ามาตรฐาน
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	$\leq 10:1$
การนำไฟฟ้า(dS/m.)	≤ 10
ปริมาณอินทรีย์วัตถุรับรอง(%)	≥ 10
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(%)	≥ 0.5
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด(%)	≥ 0.5
ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด(%)	≥ 0.5
ผลรวมธาตุอาหารหลักรวมทั้งหมด	≥ 1.5
ปริมาณเกลือ (NaCl)	ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

ที่มา : พระราชบัญญัติปุ๋ย, (2550)