

ผลของการใช้ระบบชลประทานแบบหยดและปุ๋ยเคมีต่อการเติบโตและ
ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝน
Effects of Drip Irrigation Systems and Chemical Fertilizer
on Growth and Yield of Cassava in Dry Season

สุรชาติ สินวรรณ*¹ และปิยะ ดวงพัตรา²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

²โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Surachat Sinworn*¹ and Piya Duangpatra²

¹Faculty of Science and Technology, Suan Dusit Rajabhat University

²Sustainable Land Use and Natural Resource Management Center,
Kasetsart University

บทคัดย่อ

การวิจัยในแปลงทดลองที่มีเนื้อดินประเภทดินร่วนปนทราย มีการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย ดำรับทดลองร่วม (Treatment Combinations) ที่ประกอบด้วยปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยเกี่ยวกับระบบชลประทาน 3 ระบบ โดยมีระบบเกษตรน้ำฝนเป็นปัจจัยเปรียบเทียบ รวมทั้งหมด 4 ระบบ ดังนี้ 1) ไม่ให้น้ำ 2) ให้น้ำชลประทานแบบหยดบนผิวดิน 3) ให้น้ำชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 10 เซนติเมตร และ 4) ให้น้ำชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร และการใส่ปุ๋ยเคมี 4 ดำรับทดลอง ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี 2) ใส่ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยเคมีทางท่อ อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน 1 ใน 3 และทางท่อ 2 ใน 3 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบชลประทานและการใส่ปุ๋ยเคมีต่อการเติบโต ผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)
e-mail: sinworn@hotmail.com

มันสำปะหลังตอบสนองทางด้านน้ำหนักสดของต้นส่วนเหนือดิน ผลผลิตหัวสด และการดูดใช้ธาตุอาหารหลักต่อการชลประทาน ระบบชลประทาน การใช้ปุ๋ยเคมี และวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ การใช้ระบบชลประทานแบบน้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตรและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มการเติบโตของต้นส่วนเหนือดิน ผลผลิตหัวสดและการดูดใช้ธาตุอาหารหลักจากปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงในดินมากที่สุด และการใช้ระบบชลประทานแบบน้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตรร่วมกับวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีทั้งหมดทางระบบน้ำอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูก เฉลี่ยสูงสุด 8,154 กิโลกรัมต่อไร่

คำสำคัญ : ระบบชลประทานแบบน้ำหยด ปุ๋ยเคมีทางดิน ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ มันสำปะหลัง

Abstract

A field experiment was conducted in sandy loam soil, using the experimental design as randomized complete block with 3 replications, each replication was consisted of 14 treatments, out of which 12 treatments were derived from the combinations of 2 studied factors namely 1) rain-fed 2) surface drip irrigation 3) sub – surface drip at 10 cm. 4) sub – surface drip at 40 cm. and 4 fertilizing methods that comprised 1) unfertilized 2) soil application of fertilizer grade 15-7-18 at 50 kg/rai 3) fertigation of fertilizer grade 15-7-18 at 50 kg/rai and 4) soil application at 2/3 and fertigation at 1/3 of 50 kg/rai of fertilizer grade 15-7-18. The objectives of the experiment were to study the relative effectiveness of irrigation and fertilizing methods on growth, yield and nutrients uptake of cassava variety Huaibong 80.

The results obtained revealed marked responses of Cassava with respect to fresh top weight, average weight of fresh tuber and NPK uptake to irrigation, irrigation systems, fertilization and fertilizing methods. The highest increment in terms of top growth, root yield, nutrients uptake, water and fertilizer uses efficiencies as affected by irrigation systems and fertilizing methods were evident with the uses of sub – surface drip at 40 cm. and the fertigation of fertilizer grade 15-7-18 at 50 Kg/rai. Moreover, the combined effects of these two treatments had also given the highest tuber yield of 8,154 kg per rai.

Keywords : Drip irrigation system, Soil application, Fertigation, Cassava

บทนำ

ปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งของการปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยก็คือเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่สามารถปลูกมันสำปะหลังในช่วงฤดูแล้งเพื่อให้ได้ผลผลิตเฉลี่ยมากเท่ากับการปลูกมันสำปะหลังในช่วงฤดูฝน (Department of Agriculture, 2012) เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำสำหรับการเติบโตของมันสำปะหลังค่อนข้างจำกัด รวมถึงการสูญเสียจากปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ และแสงแดดได้มากกว่าฤดูฝน ทำให้มันสำปะหลังปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียจากการทำให้เกิดการร่วงของใบเพื่อลดการคายระเหยของน้ำในช่วงดังกล่าว เป็นผลทำให้มีพื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสงเพื่อผลิตแป้งไปสะสมที่หัวลดลงตามไปด้วย (Samutthong et al., 2010; Coliazzi et al., 2006) นอกจากนี้ ปริมาณน้ำที่มีค่อนข้างจำกัดในฤดูแล้งยังทำให้ปุ๋ยเคมีที่ใส่ให้กับมันสำปะหลังละลายในน้ำในดินไม่ดีนัก จึงทำให้มันสำปะหลังดูดปุ๋ยเคมีไปใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่ามันสำปะหลังที่ปลูกในฤดูฝน (Department of Agriculture, 2012)

ในปัจจุบัน เกษตรกรเริ่มใช้การชลประทานระบบต่างๆ กับมันสำปะหลังมากขึ้น เพื่อลดปัญหาขาดน้ำดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยเฉพาะการใช้ ระบบชลประทานแบบหยดบนผิวดิน เนื่องจากสามารถเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังให้สูงขึ้นได้อย่างชัดเจน (Nutakarn & Nararu, 2012) อย่างไรก็ตาม จากรายงานทางวิชาการพบว่า ข้อจำกัดของระบบชลประทานแบบน้ำหยดบนผิวดินที่สำคัญก็คือ ทำให้ดินในบริเวณรากเปียกชื้นเพียงบางส่วนเท่านั้น (Lamm & Trooien, 2003) รวมถึงยังมีปัญหาวัชพืชและการระเหยของน้ำออกจากดินโดยการแตกผิว (Sakellariou et al., 2002) จึงมีการศึกษาการใช้ระบบชลประทานแบบน้ำหยดใต้ดินขึ้นเพื่อแก้ข้อบกพร่องของระบบน้ำหยดบนผิวดิน ซึ่งจากรายงานผลการวิจัยของ Sinwom & Duangpatra ในปี 2012 พบว่า การใช้ระบบชลประทานแบบหยดน้ำใต้ดินลึก 40 เซนติเมตรกับมันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน สามารถผลิตน้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังได้มากถึง 10.36 ตันต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการใช้ระบบชลประทานแบบน้ำหยดบนผิวดินอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง อย่างไรก็ตาม ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ได้ เป็นผลการศึกษาของมันสำปะหลังที่ปลูกต้นฤดูฝน ในขณะที่ผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝนยังไม่มี การศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้การชลประทานระบบต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้รวมถึงผลของการใช้ปุ๋ยเคมีด้วยวิธีการต่างๆ จึงเป็นประเด็นวิจัยที่น่าสนใจในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการชลประทานต่อผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่จะได้รับการใช้ระบบชลประทานแบบน้ำหยดใต้ดิน โดยเฉพาะในระดับความลึก 10 เซนติเมตรและ 40 เซนติเมตร เพื่อเปรียบเทียบกับระบบชลประทานแบบน้ำหยดบนผิวดิน โดยมีแปลงที่ปลูกมันสำปะหลังภายใต้สภาพพึ่งพาน้ำฝนเป็นแปลงควบคุมในการปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูฝน ทั้งนี้รวมถึงผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและวิธีการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน การให้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำและการให้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน ดังนั้นการศึกษารุ่นนี้ จึงมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการชลประทานและระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด 3 ระบบ และการใช้ปุ๋ยเคมีและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี 3 วิธีการ (ปุ๋ยเคมีทางดิน ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำและปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ) ที่จะมียผลต่อการเติบโต ผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ของมันสำปะหลัง

วิธีการทดลอง

วิธีการวิจัยในแปลงทดลอง ใช้แผนการทดลองทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design 3 ซ้ำ (Replications) แต่ละซ้ำประกอบด้วย ดำรับทดลองทั้งหมด 14 ดำรับทดลอง (Treatments) ประกอบด้วย ดำรับทดลองร่วม (Treatment Combinations) จำนวน 12 ดำรับทดลอง ประกอบด้วย

1. ปัจจัยเกี่ยวกับการให้น้ำชลประทาน 3 ระบบโดยกำหนดการวางแผนทดลองระบบการให้น้ำแบบเป็นแถบ (Strip plots) รวมทั้งหมด 4 ระบบ ได้แก่

1.1 ระบบพึ่งพาน้ำฝน (Rain-fed หรือ RF)

1.2 ระบบชลประทานแบบน้ำหยดบนผิวดิน (Surface Drip หรือ SD)

1.3 ระบบชลประทานแบบน้ำหยดใต้ดินลึก 10 เซนติเมตร (Sub-surface Drip at 10 cm. หรือ SSD₁₀) และ

1.4 ระบบชลประทานแบบน้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (Sub-surface Drip at 40 cm. หรือ SSD₄₀) โดยมีระบบพึ่งพาน้ำฝนเป็นปัจจัยเปรียบเทียบ

2. สำหรับระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบน้ำหยดบนผิวดิน ระบบน้ำหยดใต้ดินลึก 10 เซนติเมตรและ 40 เซนติเมตร กำหนดอัตราการให้น้ำที่ห้วยทด 2 ลิตรต่อชั่วโมง โดยในวันที่ให้น้ำ จะให้น้ำ 1 ครั้งๆ ละ 3 ชั่วโมง ความถี่ในการให้น้ำทุกวันจันทร์ พุธและศุกร์

3. ปัจจัยที่เกี่ยวกับการใส่ปุ๋ยเคมีใช้สูตร 15-7-18 ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ประกอบด้วยดำรับทดลอง 4 ดำรับ ดังนี้ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (F0) 2) ใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 อัตรา 16.67 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะ 1.5 เดือนหลังปลูก ครั้งที่ 2 อัตรา 33.33 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะ 5.5 เดือนหลังปลูก รวม 50 กิโลกรัมต่อไร่ (SAF) 3) ใส่ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะ 1.5 เดือนหลังปลูก ถึง 5.5 เดือนหลังปลูก (FG) และ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ อัตรา 33.33 กิโลกรัมต่อไร่ ในช่วงฤดูแล้ง ที่ระยะ 1.5 เดือนหลังปลูก ถึง 5.5 เดือนหลังปลูกและใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน อัตรา 16.67 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะ 5.5 เดือนหลังปลูก รวม 50 กิโลกรัมต่อไร่ (SAF1/3+FG2/3)

4. ก่อนปลูกมันสำปะหลัง เก็บตัวอย่างดินในแปลงโดยใช้เทคนิคการเก็บแบบตัวอย่างดินรวม (Composite Sampling) เพื่อวิเคราะห์สมบัติและปริมาณธาตุอาหารของดินในพื้นที่แปลงทดลองภายในศูนย์วิจัยและพัฒนามันสำปะหลัง มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดิน สามารถสรุปได้ว่า ดินที่ใช้ปลูกทดลองมันสำปะหลังเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หลังจากนั้น ปลูกมันสำปะหลังในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2554 โดยใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ขนาดความยาว 15 - 20 เซนติเมตร ปลูกแบบปักตรงโดยใช้ระยะปลูก 1x1 เมตร ใช้พื้นที่แปลงของแต่ละดำรับทดลอง (Treated Plot) ขนาด 5x8 เมตร และพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 3x6 เมตร และหลังปลูกเสร็จ กำจัดวัชพืชในแปลงโดยใช้สารอแลคอร์ซึ่งมีการใช้กันโดยทั่วไปในพื้นที่ทดลองทันทีในอัตรา 500 มิลลิลิตรต่อน้ำ 60 ลิตร หลังจากนั้น ควบคุมวัชพืชโดยใช้แรงงานคนรวม 2 ครั้ง ที่ระยะ 1 วันก่อนการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินครั้งที่ 1 (วันที่ 15 ธันวาคม 2555) และครั้งที่ 2 (7 มีนาคม

2556) ส่วนแปลงที่ใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ หรือปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำควบคุมวัชพืช เหมือนกับการใช้ปุ๋ยเคมีทางดินทั้ง 2 ครั้ง

5. ข้อมูลที่ศึกษา ประกอบด้วย สมบัติของดินในแปลงก่อนปลูกทดลอง การเติบโตของมันสำปะหลัง หลังปลูก 12 เดือน ได้แก่ น้ำหนักต้นสด หัวสด ปริมาณแป้งในหัวสด การดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 6 เดือนหลังปลูก (7 เมษายน 2556) ผลตอบสนองและประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานของมันสำปะหลังที่ปลูกโดยระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบและปุ๋ยเคมี เมื่อเปรียบเทียบกับระบบฟุ้งพ่นน้ำฝนและผลตอบแทนจากการใช้ระบบชลประทานและปุ๋ยเคมี

ผลการทดลอง

1. สมบัติของดินในแปลงทดลองปลูกมันสำปะหลัง

ดินในพื้นที่ที่ปลูกทดลองมันสำปะหลังเป็นดินชุดสีคว่ำ ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ผลการวิเคราะห์สมบัติดินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินในแปลงทดลองมันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝน 2554

สมบัติของดิน	ผลวิเคราะห์	การแปลผล
1. ประเภทเนื้อดิน	ดินร่วนปนทราย	ดินเนื้อหยาบ
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง	5.80	กรดปานกลาง
3. ค่าการนำไฟฟ้า (EC,ds/m)	0.25	ไม่เค็ม
4. ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC,cmol/kg)	5.10	ต่ำ
5. อินทรีย์วัตถุ (ร้อยละ)	0.30	ต่ำมาก
6. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	39	สูง
7. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	40	ต่ำ
8. แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	672	ต่ำ
9. แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	70	ต่ำ
10. ซัลเฟต-ซัลเฟอร์ (มก./กก.)	3.10	ต่ำ
11. สังกะสีที่สกัดได้ (มก./กก.)	3.90	สูง
12. เหล็กที่สกัดได้ (มก./กก.)	80	สูงมาก
13. แมงกานีสที่สกัดได้ (มก./กก.)	165	สูงมาก
14. ทองแดงที่สกัดได้ (มก./กก.)	0.40	ต่ำ

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินแสดงให้เห็นว่าดินในแปลงทดลองเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระบบชลประทาน วิธีการให้ปุ๋ยเคมีต่อการเติบโตของมันสำปะหลัง

2.1 น้ำหนักต้นสด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับผลเฉพาะปัจจัย (Individual Effects) ของการชลประทานและการใช้ปุ๋ยเคมี ปรากฏว่า การชลประทานและการใช้ปุ๋ยเคมีไม่ว่าจะใช้โดยวิธีการใด มีผลทำให้ได้น้ำหนักต้นสดเฉลี่ยสูงกว่าการปลูกโดยพึ่งพาน้ำฝนและไม่ใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) ส่วนการให้น้ำโดยระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบนั้น พบว่า ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความแตกต่างของน้ำหนักต้นสด ในขณะที่วิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 วิธี มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความแตกต่างของน้ำหนักต้นสดเฉลี่ย โดยที่วิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ (FG) ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 2,343 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงไปคือการใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีทางดิน 2,171 กิโลกรัมต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยเคมีทางดิน 1,928 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้การชลประทาน 3 ระบบ และวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี 3 วิธีการ ต่อน้ำหนักต้นสด พบว่า ปัจจัยที่ศึกษาทั้ง 2 ปัจจัย มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถ้ามีการให้น้ำชลประทานแบบหยดน้ำใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) ก็จะตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีที่ให้ทางระบบน้ำ (FG) มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน (SAF) ที่ให้น้ำหนักต้นสดเฉลี่ย 2,421 และ 2,095 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

2.2 น้ำหนักหัวสดและปริมาณแป้งในหัวสด

น้ำหนักหัวสดจากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลเฉพาะปัจจัย (Individual Effects) ที่ศึกษาทางด้านการชลประทาน พบว่า น้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังแสดงการตอบสนองต่อการให้น้ำชลประทานเฉลี่ยจากทั้ง 3 ระบบ (SD , SSD_{10} , SSD_{40}) แตกต่างจากน้ำหนักหัวสดที่ตอบสนองต่อน้ำที่ได้จากการพึ่งพาน้ำฝน (RF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) รวมถึงการใช้ระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบ การใช้ปุ๋ยเคมี และวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 วิธี มีผลทำให้ได้น้ำหนักหัวสดเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกัน โดยวิธีการชลประทานแบบหยดน้ำใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) การใช้ปุ๋ยเคมีและการใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ (FG) ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุด 7,426, 6,709 และ 7,094 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนผลของการใช้ตำรับทดลองทั้งหมดที่ประกอบด้วยปัจจัยร่วมทางด้านการชลประทานและการใช้ปุ๋ยเคมี ต่อน้ำหนักหัวสด ปรากฏว่า การใช้ตำรับทดลองรวมทั้ง 14 ตำรับทดลองมีผลทำให้ได้น้ำหนักหัวสดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) โดยการใช้วิธีการชลประทานแบบให้น้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) ร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ (FG) ให้น้ำหนักหัวสดเฉลี่ยสูงสุด 8,154 กิโลกรัมต่อไร่ เปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ให้น้ำหนักหัวสดเฉลี่ยต่ำที่สุดคือระบบพึ่งพาน้ำฝนและไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ที่ให้น้ำหนักหัวสดเฉลี่ย 4,572 กิโลกรัมต่อไร่ เท่านั้น

ตารางที่ 2 ผลเฉพาะของปัจจัยที่ศึกษาและปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบชลประทานและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี
ต่อน้ำหนักสดของต้น หัวสดและปริมาณแป้งในหัวสดของมันสำปะหลัง

ผลเฉพาะของปัจจัยที่ศึกษาและปฏิสัมพันธ์	น้ำหนักสดของต้น (กิโลกรัม/ไร่)	น้ำหนักหัวสด (กิโลกรัม/ไร่)	ปริมาณแป้ง ในหัวสด (ร้อยละ)
การชลประทาน			
การพื้งพาน้ำฝน (RF)	1,633 ^b	4,717 ^b	31.0
ระบบชลประทาน (SD,SSD ₁₀ ,SSD ₄₀)	2,092 ^a	6,623 ^a	31.0
F-Values	*	*	NS
C.V. (%)	12.81	15.92	3.61
ระบบชลประทาน			
SD	1,986	6,040 ^c	31.7
SSD10	2,099	6,402 ^b	30.9
SSD ₄₀	2,191	7,426 ^a	30.6
F-Values	NS	*	NS
C.V. (%)	10.02	12.07	3.60
การใช้ปุ๋ยเคมี			
ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (F ₀)	1,729 ^b	5,615 ^b	31.5
ใช้ปุ๋ยเคมี [SAF,FG,(SAF _{1/3} +FG _{2/3})]	2,147 ^a	6,709 ^a	30.9
F-Values	*	*	NS
C.V. (%)	18.56	16.87	7.08
วิธีการใช้ปุ๋ยเคมี			
SAF	1,928 ^b	6,071 ^b	30.6
FG	2,343 ^a	7,094 ^a	31.6
SAF _{1/3} +FG _{2/3}	2,171 ^{ab}	6,961 ^a	30.5
F-Values	*	*	NS
C.V. (%)	9.55	11.51	2.11
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบชลประทานและ วิธีการใช้ปุ๋ยเคมี			
F-Values	*	*	NS
C.V. (%)	16.05	9.01	7.08

หมายเหตุ : * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

NS ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่กำกับไว้ด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 ผลของการชลประทานร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีต่อน้ำหนักสดของต้น หัวสด และปริมาณแป้งในหัวสดของมันสำปะหลัง

ลำดับ ทดลอง	ตำรับทดลองที่มีปัจจัยร่วม (Treatment Combinations)		น้ำหนักสดของต้น (กิโลกรัม/ไร่)	น้ำหนักหัวสด (กิโลกรัม/ไร่)	ปริมาณแป้ง ในหัวสด (ร้อยละ)
	ปัจจัยที่ 1: การชลประทาน	ปัจจัยที่ 2: การใช้ปุ๋ยเคมี			
1	RF	F ₀	1,508	4,572 ^g	32.2
2	RF	SAF	1,757	4,862 ^f	29.9
3	SD	F ₀	1,739	5,707 ^e	33.5
4	SD	SAF	1,899	5,973 ^{de}	31.4
5	SD	FG	2,264	6,276 ^d	31.5
6	SD	SAF _{1/3} + FG _{2/3}	2,042	6,205 ^d	30.3
7	SSD ₁₀	F ₀	1,923	5,754 ^e	31.3
8	SSD ₁₀	SAF	1,959	6,362 ^d	30.1
9	SSD ₁₀	FG	2,344	6,853 ^{bc}	31.1
10	SSD ₁₀	SAF _{1/3} + FG _{2/3}	2,169	6,640 ^c	30.9
11	SSD ₄₀	F ₀	1,947	6,427 ^{cd}	29.0
12	SSD ₄₀	SAF	2,095	7,085 ^b	31.1
13	SSD ₄₀	FG	2,421	8,154 ^a	32.1
14	SSD ₄₀	SAF _{1/3} + FG _{2/3}	2,302	8,039 ^a	30.3
F-values			NS	*	NS
C.V (%)			16.05	9.01	7.08

หมายเหตุ : * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

NS ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่กำกับไว้ด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05

2.3 ปริมาณแป้งในหัวสด

จากการวิเคราะห์ผลเฉพาะปัจจัย (Individual Effects) ต่อปริมาณแป้งในหัวสด (ตารางที่ 2) ทั้งปัจจัยทางด้านการชลประทาน ระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบ (SD, SSD₁₀, SSD₄₀) การใช้ปุ๋ยเคมี และวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 วิธี (SAF, FG, SAF_{1/3}+FG_{2/3}) ผลปรากฏว่า ปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด ซึ่งโดยภาพรวม ผลเฉพาะของปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษาทั้ง 4 ประเด็นมีผลทำให้หัวสดของมันสำปะหลังมีปริมาณแป้งในหัวสดใกล้เคียงกัน โดยมีค่าระหว่างร้อยละ 30.5 – 31.7 ทั้งนี้รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบชลประทานกับวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 2) ที่พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่า ประเด็นปัจจัยต่างๆ ทั้งหมดที่ศึกษา มีผลต่อความแปรปรวนแปรของปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสดในทิศทางเดียวกันหรืออีกนัยหนึ่งความแตกต่างของปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสดไม่ได้ขึ้นกับระบบการชลประทานหรือวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีแต่อย่างใด โดยจะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแป้งในหัวสดในตำรับทดลองรวมทั้ง 14 ตำรับทดลองที่พบว่า ไม่มีตำรับทดลองร่วมตำรับใด ที่มีผลทำให้ปริมาณร้อยละของแป้งในหัวสดสูงขึ้นอย่างเด่นชัด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากตำรับทดลองร่วมอื่นๆ โดยส่วนใหญ่ตำรับทดลองทั้ง 14 ตำรับฯ ปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 29 – 33.5 โดยตำรับทดลองที่ให้น้ำชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD₄₀) และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (F₀) มีค่าปริมาณแป้งเฉลี่ยต่ำที่สุดร้อยละ 29 และตำรับทดลองที่ให้น้ำชลประทานแบบหยดบนดิน (SD) และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (F₀) มีปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสดเฉลี่ยสูงสุด ร้อยละ 33.5

3. การดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลัง

จากการวิเคราะห์ผลเฉพาะของปัจจัยที่ศึกษาและปฏิสัมพันธ์ระหว่างการชลประทาน ระบบชลประทาน การใช้ปุ๋ยเคมีและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลังที่ระยะ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า การชลประทาน ระบบชลประทาน การใช้ปุ๋ยเคมี และวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี มีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งหมด โดยที่เมื่อพิจารณาส่วนของการชลประทาน โดยการเปรียบเทียบผลการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังที่ปลูกจากระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบ (SD, SSD₁₀, SSD₄₀) กับมันสำปะหลังที่ปลูกภายใต้สภาพพึ่งพาน้ำฝน (RF) มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด โดยที่มันสำปะหลังที่ปลูกโดยใช้ระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบ ให้ค่าไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 2.56 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.38 และโพแทสเซียมร้อยละ 1.46 ขณะที่มันสำปะหลังที่ปลูกโดยการพึ่งพาน้ำฝน ให้ค่าของไนโตรเจน ร้อยละ 1.20 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.24 และโพแทสเซียม ร้อยละ 1.32 ตามลำดับ นอกจากนี้หากเปรียบเทียบเฉพาะระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบ คือ ระบบชลประทานแบบหยดบนดิน (SD) ระบบชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 10 เซนติเมตร (SSD₁₀) และระบบชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD₄₀) พบว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักต่อระบบชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร สูงที่สุด คือมีไนโตรเจนร้อยละ 2.93 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.39 (P) และโพแทสเซียมร้อยละ

1.49 ตามลำดับ ส่วนผลการใช้ปุ๋ยเคมีต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลัง ปรากฏว่า การใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 วิธี (SAF, $SAF_{1/3} + FG_{2/3}$, FG) มีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักสูงกว่ามันสำปะหลังที่ไม่ใส่ปุ๋ย (F_0) อย่างเด่นชัด โดยที่มันสำปะหลังที่ใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 วิธี ให้ผลตอบสนองทางด้านปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก ดังนี้คือ ไนโตรเจนร้อยละ 2.85 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.41 และโพแทสเซียมร้อยละ 1.44 ขณะที่มันสำปะหลังที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (F_0) มีค่าไนโตรเจนร้อยละ 1.37 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.24 และโพแทสเซียมร้อยละ 1.34 ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 วิธี (SAF, $SAF_{1/3} + FG_{2/3}$, FG) การใส่ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ (FG) ส่งผลต่อการตอบสนองทางด้านปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารสูงสุด ส่วนผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบชลประทานกับวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่า ปัจจัยที่ศึกษาทั้ง 2 ปัจจัย มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหมายความว่า การใช้การชลประทานทั้ง 3 ระบบและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 วิธี ต่างก็ส่งผลทำให้มีการสะสมปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ชนิด (N, P, K) ในใบแตกต่างกัน (ดังตารางที่ 4 และ 5)

ตารางที่ 4 ผลเฉพาะของปัจจัยที่ศึกษาและปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบชลประทานและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 6 เดือนหลังปลูก

ผลเฉพาะของปัจจัย ที่ศึกษาและปฏิสัมพันธ์	ไนโตรเจน (ร้อยละ)	ฟอสฟอรัส (ร้อยละ)	โพแทสเซียม (ร้อยละ)
การชลประทาน			
การพื้งพ่นน้ำฝน (RF)	1.20 ^b	0.24 ^b	1.32 ^b
ระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบ (SD,SSD ₁₀ ,SSD ₄₀)	2.56 ^a	0.38 ^a	1.46 ^a
F-Values	*	*	*
C.V. (%)	29.32	29.61	3.60
ระบบชลประทาน			
SD	2.24 ^c	0.36 ^b	1.43 ^c
SSD ₁₀	2.50 ^b	0.38 ^a	1.46 ^b
SSD ₄₀	2.93 ^a	0.39 ^a	1.49 ^a
F-Values	*	*	*
C.V. (%)	3.51	5.55	4.93
การใช้ปุ๋ยเคมี			
ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (F ₀)	1.37 ^b	0.24 ^b	1.34 ^b
ใช้ปุ๋ยเคมี [SAF,FG,(SAF _{1/3} +FG _{2/3})]	2.85 ^a	0.41 ^a	1.48 ^a
F-Values	*	*	*
C.V. (%)	23.72	27.43	4.23
วิธีการใช้ปุ๋ยเคมี			
SAF	1.92 ^c	0.36 ^c	1.43 ^c
FG	3.44 ^a	0.45 ^a	1.53 ^a
SAF _{1/3} +FG _{2/3}	3.20 ^b	0.42 ^b	1.50 ^b
F-Values	*	*	*
C.V. (%)	2.38	2.87	2.75
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบชลประทาน และวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี			
F-Values	*	*	*
C.V. (%)	12.73	14.21	3.82

หมายเหตุ : *แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ค่าเฉลี่ยที่กำกับไว้ด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 5 ผลของการชลประทานร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีต่อปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 6 เดือนหลังปลูก

ลำดับ ทดลอง	ตำรับทดลองที่มีปัจจัยร่วม (Treatment Combinations)		ไนโตรเจน (ร้อยละ)	ฟอสฟอรัส (ร้อยละ)	โพแทสเซียม (ร้อยละ)
	ปัจจัยที่ 1: การชลประทาน	ปัจจัยที่ 2: การใช้ปุ๋ยเคมี			
1	RF	F ₀	1.11 ⁱ	0.16 ^e	1.28 ^e
2	RF	SAF	1.28 ^h	0.32 ^c	1.35 ^d
3	SD	F ₀	1.27 ^h	0.26 ^d	1.34 ^d
4	SD	SAF	1.84 ^g	0.34 ^c	1.42 ^c
5	SD	FG	3.11 ^d	0.44 ^a	1.49 ^b
6	SD	SAF _{1/3} + FG _{2/3}	2.73 ^e	0.40 ^b	1.47 ^{bc}
7	SSD ₁₀	F ₀	1.31 ^h	0.26 ^d	1.36 ^d
8	SSD ₁₀	SAF	2.23 ^f	0.37 ^b	1.45 ^c
9	SSD ₁₀	FG	3.32 ^c	0.46 ^a	1.53 ^a
10	SSD ₁₀	SAF _{1/3} + FG _{2/3}	3.15 ^d	0.43 ^a	1.51 ^b
11	SSD ₄₀	F ₀	1.78 ^g	0.27 ^d	1.38 ^d
12	SSD ₄₀	SAF	2.31 ^f	0.39 ^b	1.51 ^b
13	SSD ₄₀	FG	3.90 ^a	0.45 ^a	1.56 ^a
14	SSD ₄₀	SAF _{1/3} + FG _{2/3}	3.71 ^b	0.44 ^a	1.52 ^{ab}
F-values			*	*	*
C.V (%)			12.28	16.28	17.82

หมายเหตุ : * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ค่าเฉลี่ยที่กำกับไว้ด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05

4. ประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทาน

โดยเฉลี่ยจากวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 วิธี การใช้การชลประทานทั้ง 3 ระบบ มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานของมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) โดยระบบชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) ให้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานสูงสุด 36.6 กิโลกรัมของหัวสดต่อลูกบาศก์เมตร ของน้ำชลประทานที่ให้มาก รองลงไป คือการใช้ระบบชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 10 เซนติเมตร (SSD_{10}) และระบบชลประทานแบบหยดบนดิน (SD) ที่ให้ค่าเฉลี่ย 31.5 และ 29.8 กิโลกรัมของหัวสดต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และการใช้การชลประทานทั้ง 3 ระบบ คือระบบ SSD_{40} SSD_{10} และ SD ให้ปริมาณหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าการปลูกภายใต้สภาพพื้งพาน้ำฝน (RF) ร้อยละ 43.1, 28.4 และ 23.8 ตามลำดับ โดยวิธี SSD_{40} ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดและสูงกว่าวิธี SSD_{10} และ SD ตามลำดับอย่างเด่นชัดมาก

การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานของมันสำปะหลังอันเป็นผลมาจากการใช้ดำรับทดลองที่มีปัจจัยร่วมระหว่างการใช้การชลประทานและการใช้ปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 7) พบว่า ในภาพรวมการใช้ระบบชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ (FG) ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำของมันสำปะหลังเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 40.2 กิโลกรัมหัวสดต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา คือการใช้ระบบชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) ร่วมกับวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทางดินและทางระบบน้ำ ($SAF_{1/3} + FG_{2/3}$) ที่ให้ค่าเฉลี่ย 39.6 กิโลกรัมหัวสดต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่การปลูกโดยให้น้ำหยดบนผิวดิน (SD) และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (F_0) ให้ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานของมันสำปะหลังเฉลี่ยต่ำสุด คือ 28.1 กิโลกรัมหัวสดต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 6 ผลเฉพาะของปัจจัยที่ศึกษาและปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบชลประทานและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อประสิทธิภาพ การใช้น้ำชลประทานทั้ง 3 ระบบ ผลผลิตหัวสดที่เพิ่มขึ้นเหนือระบบฟุ้งพ่นน้ำฝน และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 วิธีของมันสำปะหลัง

ผลเฉพาะของปัจจัยที่ศึกษา และปฏิสัมพันธ์	ประสิทธิภาพ การใช้น้ำชลประทาน ของมันสำปะหลัง (กก./ม ³) ¹	ผลผลิตหัวสดที่เพิ่มขึ้น เหนือระบบ ฟุ้งพ่นน้ำฝน (ร้อยละ) ²	ประสิทธิภาพ การใช้ปุ๋ยเคมี ของมันสำปะหลัง (ร้อยละ) ³
ระบบชลประทาน			
SD	29.8 ^c	23.8 ^c	-
SSD ₁₀	31.5 ^b	28.4 ^b	-
SSD ₄₀	36.6 ^a	43.1 ^a	-
F-Values	*	*	-
C.V. (%)	3.93	7.68	-
วิธีการใช้ปุ๋ยเคมี			
SAF	-	-	8.49 ^c
FG	-	-	18.5 ^a
SAF _{1/3} + FG _{2/3}	-	-	14.7 ^b
F-Values	-	-	*
C.V. (%)	-	-	6.43

หมายเหตุ : 1. กิโลกรัมของผลผลิตหัวสดต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำชลประทานที่ให้

2. คำนวณจากสูตร =

$$\frac{\text{ผลผลิตหัวสดในแปลงที่ให้น้ำชลประทาน} - \text{ผลผลิตหัวสดในแปลงที่ฟุ้งพ่นน้ำฝน}}{\text{ผลผลิตหัวสดในแปลงฟุ้งพ่นน้ำฝน}} \times 100$$

3. คำนวณจากสูตร =

$$\frac{\text{ผลผลิตหัวสดในแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมี} - \text{ผลผลิตหัวสดในแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี}}{\text{ผลผลิตหัวสดในแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี}} \times 100$$

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ยที่กำกับไว้ด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทาน ผลผลิตหัวสดที่เพิ่มขึ้นเหนือระบบฟุ้งพ่นน้ำฝนและประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลัง

ตำรับ ทดลอง	ตำรับทดลองที่มีปัจจัยร่วม (Treatment Combinations)		การใช้น้ำชลประทาน		ประสิทธิภาพ การใช้ปุ๋ยเคมี ของมันสำปะหลัง (ร้อยละ)
	ปัจจัยที่ 1: การชลประทาน	ปัจจัยที่ 2: การใช้ปุ๋ยเคมี	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ชลประทาน ของมันสำปะหลัง (กก./ม. ³)	ผลผลิตหัวสด ที่เพิ่มขึ้นเหนือระบบ ฟุ้งพ่นน้ำฝน (ร้อยละ)	
1	RF	F ₀	-	-	-
2	RF	SAF	-	-	6.34 ^f
3	SD	F ₀	28.1 ^e	24.8 ^d	-
4	SD	SAF	29.4 ^d	22.8 ^e	4.66 ^g
5	SD	FG	30.9 ^d	-	9.47 ^d
6	SD	SAF _{1/3} +FG _{2/3}	30.6 ^d	-	8.73 ^e
7	SSD ₁₀	F ₀	28.3 ^e	25.9 ^d	-
8	SSD ₁₀	SAF	31.3 ^{cd}	30.9 ^c	10.6 ^d
9	SSD ₁₀	FG	33.8 ^b	-	19.1 ^b
10	SSD ₁₀	SAF _{1/3} +FG _{2/3}	32.7 ^c	-	15.4 ^c
11	SSD ₄₀	F ₀	31.6 ^{cd}	40.5 ^b	-
12	SSD ₄₀	SAF	34.9 ^b	45.7 ^a	10.2 ^{dd}
13	SSD ₄₀	FG	40.2 ^a	-	26.9 ^a
14	SSD ₄₀	SAF _{1/3} +FG _{2/3}	39.6 ^a	-	20.1 ^b
F-values			*	*	*
C.V (%)			5.42	10.43	4.57

หมายเหตุ : * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ยที่กำกับไว้ด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05

5. ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลัง

โดยเฉลี่ยจากระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบ การใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 วิธี มีผลทำให้ประสิทธิภาพการ
ใช้ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) โดยวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทาง
ระบบน้ำ (FG) ให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงที่สุด ร้อยละ 18.5 รองลงมา ร้อยละ 14.7 เป็นวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี
ทางดินร่วมกับปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ (SAF_{1/3}+FG_{2/3}) และวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทางดิน (SAF) ร้อยละ 8.49 และ
เมื่อพิจารณาถึงตำรับทดลองที่มีปัจจัยร่วมในตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่ากลุ่มตำรับทดลองที่ให้ค่าประสิทธิภาพ

การใช้ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลังในระดับสูงร้อยละ 26.9, 20.1, 19.1 และ 15.4 คือ การใช้ปุ๋ยเคมีทางน้ำชลประทาน (FG) ในระบบน้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) การใช้ปุ๋ยเคมีทางดิน (SAF) 1 ใน 3 (16.67 กก.ต่อไร่) ร่วมกับระบบน้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) จำนวน 2 ใน 3 (33.33 กก. ต่อไร่) ($SAF_{1/3} + FG_{2/3}$) การใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำหยดใต้ดินลึก 10 เซนติเมตร (SSD_{10}) และการใช้ปุ๋ยเคมีทางดิน 1 ใน 3 (16.67 กก.ต่อไร่) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำใต้ดินลึก 10 เซนติเมตร จำนวน 2 ใน 3 หรือ 33.33 กก.ต่อไร่ ($SAF_{1/3} + FG_{2/3}$) ตามลำดับ ส่วนกลุ่มดำรับการทดลองที่ให้ค่าประสิทธิภาพมากปานกลาง รองลงไป ประมาณ ร้อยละ 10 คือ ร้อยละ 10.6, 10.2, 9.47 และ 8.73 คือการใช้ปุ๋ยเคมีทั้งหมด (50 กก.ต่อไร่) ทางดินร่วมกับการให้น้ำหยดทางระบบน้ำใต้ดินลึก 10 เซนติเมตร (SSD_{10}) และ 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) การใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำหยดบนผิวดิน (SD) และการใช้ปุ๋ยเคมีทางดิน 1 ใน 3 (16.67 กก.ต่อไร่) ร่วมกับทางระบบน้ำหยดบนผิวดิน (SD) 2 ใน 3 ในอัตรา 33.33 กิโลกรัมต่อไร่ ($SAF_{1/3} + FG_{2/3}$) ตามลำดับ สำหรับวิธีการปฏิบัติที่ให้ค่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลังในระดับต่ำ ร้อยละ 6.34 และต่ำสุดคือ ร้อยละ 4.66 คือการใช้ปุ๋ยเคมีทั้งหมดทางดิน (SAF) ร่วมกับการให้น้ำหยดบนผิวดิน (SD) และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน (SAF) ภายใต้สภาพฟุ้งพาน้ำฝน (RF) ตามลำดับ

ในทางสถิติ ค่าเฉลี่ยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลังทั้ง 10 ค่า (ตารางที่ 7) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ในภาพรวม วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีทั้งหมดหรือโดยส่วนใหญ่ 2 ใน 3 (33.33 กก.ต่อไร่) ทางระบบน้ำใต้ดินลึก 40 เซนติเมตรให้ค่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีตามลำดับมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำใต้ดินลึก 10 เซนติเมตร (SSD_{10}) การให้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำหยดบนผิวดิน (SD) และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการให้น้ำหยดบนผิวดิน ใต้ดินและภายใต้สภาพฟุ้งพาน้ำฝน ผลการทดลองที่ได้จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า การใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำใต้ดินทั้ง 2 ระดับ (ลึก 40 และ 10 เซนติเมตร) ทำให้มันสำปะหลังดูดใช้ปุ๋ยเคมีได้มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำหยดบนผิวดินและการใช้ปุ๋ยทางดินทั้งหมดร่วมกับการให้น้ำชลประทานทั้ง 3 ระบบและภายใต้สภาพฟุ้งพาน้ำฝนที่ทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลังในระดับต่ำถึงปานกลาง คือ ร้อยละ 4.66-10.6 เท่านั้น

สรุปและการวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูฝนในดินร่วนปนทรายชุดดินสีคิ้วที่ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมาเพื่อศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ต่อการให้น้ำชลประทานในช่วงฤดูแล้ง โดยใช้วิธีการให้น้ำชลประทาน 3 ระบบวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 3 วิธี และปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้น้ำชลประทานและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี ให้ผลตอบสนองเชิงบวกในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญและมีความสอดคล้องและสนับสนุนกันในทุกประเด็นปัจจัย (Treated Factors) ที่ศึกษา ทั้งนี้ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาผลข้อมูลทางด้านการเติบโตของต้นในรูปน้ำหนักสดของต้นส่วนเหนือดิน น้ำหนักหัวสด ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก (NPK) ในใบที่ระยะ 6 เดือนหลังปลูก และรวมทั้งประสิทธิภาพของมันสำปะหลังในการใช้น้ำชลประทานและการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก

จากปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงดิน โดยดาร์บปัจจัย (Treated Factors) ที่ศึกษาที่ปรากฏอย่างเด่นชัดและสม่ำเสมอว่า การใช้น้ำชลประทาน และการใช้ปุ๋ยเคมี ให้ผลดีต่อการเพิ่มการเติบโต ผลผลิตหัวสด และการดูดใช้ธาตุปุ๋ย ทั้ง 3 ชนิด (NPK) ที่ใส่อย่างมีนัยสำคัญ และรวมทั้งผลของวิธีการให้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทาน ของมันสำปะหลัง วิธีการใส่ปุ๋ยเคมี และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีของพืช ที่พบว่า การให้น้ำชลประทาน โดยการให้น้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีทั้งหมดทางระบบน้ำ (FG) ให้ผลดี อย่างชัดเจนต่อการเพิ่มการเติบโต ผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก มากกว่าวิธีการให้น้ำหยดใต้ดิน ลึก 10 เซนติเมตร (SSD_{10}) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีทางดินและการใส่ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ ($SAF_{1/3} + FG_{2/3}$) และ วิธีการให้น้ำหยดบนผิวดิน (SD) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีทางดิน (SAF) เท่านั้น ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกมันสำปะหลังในสภาพพื้นที่น้ำฝนที่ใส่ปุ๋ยเคมีทั้งหมดทางดิน และไม่ใช่ ปุ๋ยเคมี การที่การปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูฝนโดยใช้น้ำชลประทานระบบน้ำหยดเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงที่มันสำปะหลังอายุ 1-6 เดือน และการใช้ปุ๋ยเคมีในรูปปุ๋ยธาตุอาหารหลักทางระบบน้ำหยด (Drip Fertigation) มีผลอย่างเด่นชัดต่อการเพิ่มการเติบโต ผลผลิต การดูดใช้ปุ๋ยเคมีในรูปธาตุอาหารหลัก ประสิทธิภาพการใช้น้ำและปุ๋ยเคมีนั้น ผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องในเชิงบวก หรือยืนยันได้จาก ผลการวิจัยกับมันสำปะหลังและพืชชนิดอื่นๆ ที่ใช้แผนการวิจัยในแนวทางเดียวกันและได้นำเสนอรายงาน ผลการทดลองไว้โดยนักวิจัยหลายท่านหรือหลายคณะ (Samutthong et al., 2007; Nakasathien et al., 2012; Sinworn & Duangpatra, 2012; Chuavatanasak, 2001; Odubango et al., 2011; Ayoola and Malcinde, 2007; Olanrewaju et al., 2009) เหตุผลที่ทำให้ได้ผลการทดลองในแนวโน้มดังกล่าว อาจเป็นเพราะว่า ดินในแปลงทดลองเป็นดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ทำให้ มันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝนแสดงการตอบสนองอย่างเด่นชัดมากต่อปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 ที่ใส่ และ ต่อการใช้น้ำชลประทานตลอดฤดูแล้งในช่วงที่พืชมีอายุระหว่าง 1-6 เดือนหลังปลูก เพราะพืชไม่ขาดน้ำใน ระยะที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในการสร้างราก ลำต้น กิ่งและใบ (Conner & Cock, 1981) โดยเฉพาะในช่วงอายุ 4-6 เดือนที่ยังไม่มีฝนตก ทั้งยังทำให้เกิดผลดีพร้อมๆ กันไป ต่อการสังเคราะห์แสง การสะสมแป้งในรากสะสมอาหารหรือหัวมันสำปะหลัง และพืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้ในปริมาณมาก และอย่างต่อเนื่องจากปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงดินหรือใส่ทางระบบน้ำในช่วงเดียวกันที่มีการให้น้ำ ทั้งนี้เพราะโดยทั่วไป แล้ว การจัดการน้ำชลประทานจะมีผลโดยตรงต่อความสามารถของมันสำปะหลังในการดูดใช้ธาตุอาหารพืช (Cock, 1985) ซึ่งก็น่าจะเป็นเหตุผลที่สำคัญที่ทำให้มันสำปะหลังมีประสิทธิภาพในการดูดใช้ปุ๋ยเคมีที่ใส่ ได้มากขึ้นอย่างเด่นชัด

ผลการทดลอง เกี่ยวกับวิธีการให้น้ำชลประทานกับมันสำปะหลังโดยการให้น้ำหยดใต้ดิน ไม่ว่า จะลึก 10 เซนติเมตร (SSD_{10}) หรือ 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) ที่ปรากฏว่าให้ผลดีกว่าวิธีการให้น้ำหยดบนผิวดิน (SD) อย่างเด่นชัดไม่สามารถอ้างอิงเพื่อยืนยันหรือสนับสนุนปรากฏการณ์ดังกล่าวจากผลการวิจัยอื่นๆ ได้ เพราะยังไม่เคยมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้น้ำชลประทานแบบหยดบนผิวดินกับแบบหยด ใต้ผิวดินลึก 10 เซนติเมตร (SSD_{10}) และ 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) กับมันสำปะหลังโดยตรงมาก่อน โดยเฉพาะ

อย่างยิ่ง กับการให้น้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) ที่ยังไม่เคยมีการวิจัยในประเทศไทยยกเว้นจากผลงานวิจัยกับมันสำปะหลังที่ปลูกทดลองในต้นฤดูฝน 2554 ในพื้นที่ติดกัน ที่ให้ผลในทิศทางเดียวกันของสุรชาติสินวรรณและปิยะดวงพัตรา (Sinworn & Duangpatra, 2012) ที่ใช้วิธีการให้น้ำหยดบนดินและใต้ดินที่ระดับความลึกเหมือนกัน พบว่า การให้น้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) ให้ผลดีอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากกว่าการให้น้ำหยดใต้ดินลึก 10 เซนติเมตร (SSD_{10}) และวิธีการให้น้ำหยดบนผิวดิน (SD) ตามลำดับ และนอกจากนั้น ยังมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานในระดับสูงสุดด้วยเช่นกัน สำหรับการทดลองใช้ระบบน้ำหยดใต้ดินกับพืชชนิดอื่นๆ นั้นรายงานผลการวิจัยในต่างประเทศ พบว่า มีผลทำให้มันฝรั่งมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำชลประทานเพิ่มมากขึ้น ร้อยละ 17 และการให้น้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) มีผลทำให้ได้ผลผลิตของมันฝรั่งสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Selimg et al., 2009) เหตุผลสำคัญที่เป็นข้อได้เปรียบมากกว่าของการให้น้ำหยดใต้ดิน เมื่อเปรียบเทียบกับ การให้น้ำทางผิวดินก็คือ การให้น้ำใต้ผิวดินโดยวิธีการและในอัตราที่เหมาะสมดินจะดูดน้ำส่วนใหญ่ไว้ได้ ผิวดิน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช เพราะเกิดการสูญเสียจากการระเหยโดยแดดและลมและการไหลบ่าผิวน้ำ (surface runoff) น้อยมาก จึงเป็นวิธีที่ประหยัดน้ำได้มากกว่าวิธีการอื่นๆ และรวมทั้งทำให้เกิดปัญหาทางด้านวัชพืชน้อยกว่าด้วย นอกจากนี้ ยังเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับดินที่มีเนื้อดินร่วนปนทรายเหมือนกับดินในแปลงที่จัดทำทดลองนี้ (Popkin, 1971; Camp et al., 2000; Carroll, 2003; Veerasan, n.d.) และจากผลการทดลองกับพืชชนิดอื่นๆ ในต่างประเทศ ยังพบด้วยว่า วิธีการให้น้ำหยดใต้ดิน เป็นวิธีการที่ให้ผลดีอย่างเด่นชัดต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย ชูกำปิตและข้าวสาลี (Coliazzi et al., 2006; Camp et al., 2000; Lamm & Trooien, 2003; Lamm et al., 1995; Sakellariou, 2002)

ผลการทดลองในภาพรวม อาจสรุปสาระสำคัญได้ว่า มันสำปะหลังที่ปลูกทดลองแสดงการตอบสนองต่อการใช้น้ำชลประทานแบบน้ำหยดและการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างเด่นชัดและสม่ำเสมอมาก โดยวิธีการให้น้ำและปุ๋ยเคมีที่ให้ผลดีที่สุด คือการให้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตร (SSD_{40}) รองลงไปตามลำดับคือการให้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำหยดใต้ดินลึก 10 เซนติเมตร (SSD_{10}) การให้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำหยดใต้ดินลึก 40 (SSD_{40}) หรือ 10 เซนติเมตร (SSD_{10}) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีบางส่วนทางดิน และการใช้ปุ๋ยเคมีทั้งหมดทางดิน ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องต้องกันเป็นส่วนใหญ่ที่สุดกับผลการทดลองกับมันสำปะหลังที่ปลูกในต้นฤดูฝน ปี 2554 ในพื้นที่เดียวกันของ Sinworn & Duangpatra (2012) อย่างไรก็ตาม การที่จะนำวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำหยดใต้ดินลึก 40 (SSD_{40}) ที่พบว่าให้ผลดีที่สุดจากการทดลองนี้ไปปฏิบัติเพื่อการปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย ผู้ที่จะนำไปใช้จะต้องคำนึงถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดบางประการของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยเคมีโดยวิธีการนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การลงทุนในการปลูกพืชครั้งแรกที่ต้องมีค่าใช้จ่ายสูงในการติดตั้งระบบ การดูแลรักษาและการปฏิบัติในการให้น้ำและปุ๋ยเคมี และที่จะเป็นปัจจัยในการประกอบการตัดสินใจที่สำคัญมากของวิธีการนี้ก็คือต้องเป็นหัวน้ำหยดจากต่างประเทศที่ได้มีการพัฒนาขึ้นใหม่และไม่มีปัญหาการอุดตันของหัวน้ำหยดที่ฝังลึกไว้ใต้ดิน และที่สำคัญ

ที่สุดก็คืออายุการใช้งานของระบบที่มีรายงานว่ามียอายุการใช้งานได้ดีไม่น้อยกว่า 10 ปี (Colaizzi et al., 2006; O' Brien et al., 1998)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มพื้นที่ในการทดลองให้มีขนาดใหญ่มากขึ้นในแต่ละแปลงทดลอง เพื่ออภิปรายในเชิงพื้นที่ได้มากขึ้น
2. ควรมีการทดลองผลของระบบชลประทานทั้ง 3 ระบบ คือระบบชลประทานแบบหยดบนผิวดิน ระบบชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 10 เซนติเมตรและระบบชลประทานแบบหยดใต้ดินลึก 40 เซนติเมตรอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 3 ฤดูกาลปลูก เพื่อความเสถียรของผลการทดลอง

References

- Ayoola, O. T., & Malcinde, E. A. (2007). Fertilizer treatment effects on performance of cassava under two planting patters in a cassava-based cropping system in south west Nigeria. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 3(1), 13-20.
- Camp, C. R., Lamm, F. R., Evans, R. G., & Phene, C. I. (2000). Subsurface drip irrigation-past present and future pages 1003-1017 In : *Processding of the 4th Decenial National Irrigation Symposium*, Nov 14-16, 2000. Phoenix, Arizona.
- Carroll, C. (2003). *Sub-surface drip irrigation on a vertosol under cotton : Increased water use efficiency and reduced off-farm environmental impacts*. Rep., Dept. of Natural resources and Mines, Central west region, Australia.
- Chuavatanasak, P. (2001). *Fertigation*. Available Online : [http://: www. Ku.ac.th/e-magazine/ march 44/agri/water](http://www.ku.ac.th/e-magazine/march44/agri/water).
- Cock, J. H. (1985). *Cassava : a basic energy source in the tropics*. In “*Cassava : research, production and utilization*” Eds. J. H. Cock and J. A. Reyes. UNDP, CIAT, 229.
- Colaizzi, P. D., Lamm, F.R., Howell T.A., & Evett, S.R. (2006). Crop production comparison under various irrigation systems pages 213-243 In : *Proc. Central plain irrigation conference*. Feb 21-22 2006. Colby, K.S.
- Conner, D. J., & Cock, J. H. (1981). The response of Cassava to water shortage 11. *canopy dynamics. Field Crops Res*, 4, 285-296.

- Department of Agriculture. (2012). *Cassava Crop Cultivation*. Odian Square Press. Bangkok : (in Thai)
- Lamm, F. R., Manges, H. L. Stone, L. R. Khan, S. H., & Roger, D. H. (1995). Water requirment of subsurface drip-irrigated. *Cross Traus. ASHE*. 40 (4), 1021 – 1027.
- Lamm, F. R., & Trooien, T. P. (2003). Subsurface Drip Irrigation for Corn Production a Review of 10 Years of Research In Kasas. *Irrig Sci*. 22, 195-200.
- Nakasathien, S., Vichukit, V., Kaewrueng, S., Bumrungsettapong, T., & Bunma, S. (2012). *The Comparative of Cassava Production by Rainfed and Surface Drip Irrigation including Substance Stem Treatment on Germination Before Cultivate with Thiamitozan*. Bangkok, Kasetsart University. (in Thai)
- Nutakarn, N., & Nararum, O. (2012). Effect of Surface Drip Irrigation in Additive Effective of Cassava Crop Cultivation 2011. *In Study and Research Project Annual 2011-2012, 10 October 2011 Thai Tapioca Development Institute*. Huay bung Sub-district. Dankuntud District, Nakhonrachasima Province. (in Thai)
- O' Brien, D. U., Rogers, D. H., Lamm, F. R., & Clark, G. A. (1998). An economic comparision of subsurface drip and center pivot irrigation systems. *Eng. Agric*. 14 (4), 391 – 398.
- Odubango, O. O., Olufayo, A. A., & Oguntude, P. G. (2011). Water use growth and yield of drip irrigated cassava in humid tropical environment. *Soil & Water Res*. 6(1), 10-20.
- Olanrewaju, O. O., Olufayo, A. A., Oguntunde, P. G. & Ilemobade, A. A. (2009). Water use efficiency of manihotesculentaCrantz under drip irrigation system in south western Nigiria. *European Journal of Scientifc Research*. 27 (4), 576-587.
- Popkin, S. (1971). Subirrigation a coming innovation. *The cross section*. 17(6), 2-3.
- Sakellariou, M. M., Kalfountzos, D. Vyrilas, P., & Kapetanios, B. (2002), Water saving using modern irrigation methods, *Hydrorama 2002, EYDAP, Athens*. 1, 96-102.
- Samutthong, N., Sarobol, E., Vichukit, V., & Thongpae, S. (2007). Effectives of Amount and Rate of Watering on Cassava Growth and Yield Potential.75-82 PP. *In Proceeding of '45th Kasetsart University Annual Conference : Plants*. Kasetsart University. (in Thai)

- Samutthong, N., Somwang, T., Pleangkai, S., Vichukit, V., & Sarobol, E. (2010). Improving Cassava yield through Increasing Chemical Fertilizer Rate in Combination with Irrigation. 422-429 PP. *In Proceeding of '48th Kasetsart University Annual Conference : Plants*. Kasetsart University. (in Thai)
- Selim, E. M., Mosa, A. A., & El-Ghamry, A. M. (2009). Evaluation of humic substances fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egypton sandy soil condition. *Agricultural water management*. 96, 1218-1222.
- Sinworn, S., & Duangpatra, P. (2012). Effect of Drip Irrigation Systems and Chemical Fertilizer and Yield of Cassava in Rainy Season. 79-93 pp. *In Proceeding 4th Ministry of Natural Resources and Environment Annual Conference*. Ministry of Natural Resources and Environment. Bangkok. (in Thai)
- Veerasan, V. (n.d.). *Underground Resources*. Copy paper. (in Thai)

คณะผู้เขียน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชาติ สินวรณ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

e-mail : sinworn@hotmail.com

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.ปิยะ ดวงพัตรา

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

e-mail : agrpyd@ku.ac.th

