



คลังความรู้

ฉบับที่ 16 ประจำเดือนพฤษภาคม 2564



Plant Factory เทคโนโลยีเพื่อการผลิตพืชในปัจจุบันและอนาคต

โดย อาจารย์ ดร.ศักดิ์อนันต์ แซ่ลิ่ม

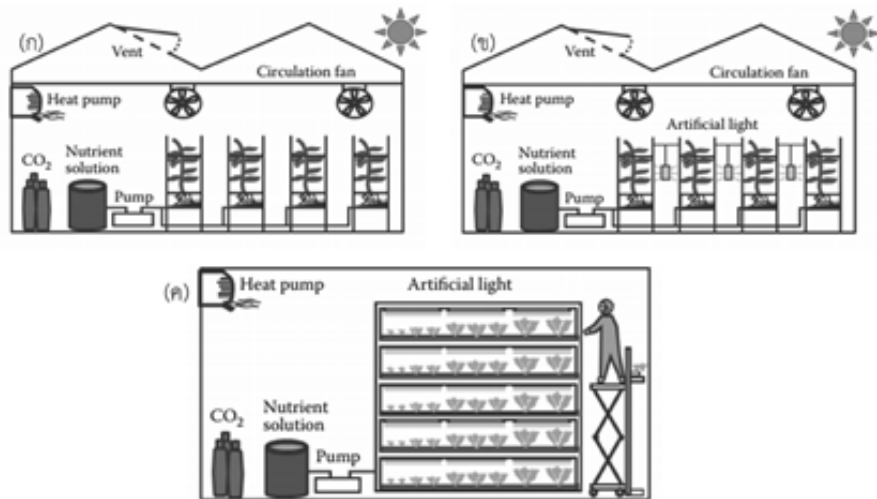
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตรและการพัฒนาชุมชน คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน

การผลิตพืชในปัจจุบันต้องเผชิญกับภัยคุกคามจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ ปริมาณน้ำเพื่อการเกษตร ตลอดจนพื้นที่เพาะปลูกขาดความเหมาะสม ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกในอนาคตมีการคาดการณ์เอาไว้ว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรจาก 7 พันล้านคน ในปี 2011 เพิ่มขึ้นหนึ่งหมื่นล้านคนในปี 2050 (FAO, 2017) มีการเคลื่อนย้ายของประชากรจากชนเมืองเพื่อเข้ามาอาศัยในเขตเมืองเพิ่มมากขึ้นในทุกภูมิภาคของโลก ความต้องการบริโภคอาหารและการผลิตสินค้าในภาคการเกษตรจึงต้องมีการเพิ่มปริมาณการผลิตโดยการเพิ่มพื้นที่ปลูก การเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ปลูก การพัฒนาพันธุ์พืชที่ปรับตัวได้ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แปรปรวนในปัจจุบัน จึงเป็นทางออกที่จะช่วยให้การผลิตพืชอาหารให้เพียงพอการบริโภคของประชากรโลก

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตพืชสมัยใหม่ที่มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องและตอบโจทย์ต่อความต้องการบริโภคพืชอาหารที่มีคุณภาพและมีความปลอดภัยดังนั้นการผลิตพืชภายใต้โรงงานผลิตพืชจึงเป็นทางเลือกเพื่อการผลิตพืชอีกวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการผลิตพืชอาหาร พืชเป็นยาหรือพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการอาหารของประชากรโลกในปัจจุบันและอนาคตที่ต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมหรือการเกิดโรคระบาดที่ส่งผลกระทบต่อผลิตพืชแบบทั่วไป โรงงานผลิตพืชได้มีการริเริ่มและพัฒนาขึ้นในกลุ่มประเทศทางการเกษตรก้าวหน้า เช่น อเมริกา ญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน เกาหลีใต้ และเนเธอร์แลนด์ เป็นต้น

นิยามของโรงงานผลิต (Plant Factory with Artificial Lighting; PFAL) เป็นการผลิตพืชในอาคารในระบบปิด (Close Plant Production System; CPPS) Kozai (2015) ที่มีฉนวนกันความร้อนโดยรอบอาคาร พื้นอาคารภายในเคลือบด้วยอีพ็อกซี่ มีชั้นปลูกพืชเรียงซ้อนกันในแนวดิ่ง แต่ละชั้นมีการให้แสงจากหลอดไฟ ควบคุมอุณหภูมิภายในโดยใช้เครื่องปรับอากาศ มีพัดลมหมุนเวียนอากาศติดตั้งในอาคาร ชุดควบคุมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ชุดผสมและจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ และชุดควบคุมสภาพอากาศภายในอาคารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับเทคโนโลยีการประมวลผลภาพถ่าย (Image Processing) ที่สามารถปรับปริมาณแสงให้เหมาะแก่พืชในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน หรือกระทั่งที่ผู้ดูแลสามารถควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านเครือข่ายไร้สายได้ (Kozai, 2018) จากเทคโนโลยีดังกล่าวจึงเป็นอีกขั้นของการผลิตพืชสมัยใหม่ที่ตอบโจทย์ต่อความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการอาหารสะอาดปลอดภัยมีคุณภาพภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม





ภาพที่ 1 ตัวอย่างโรงงานผลิตพืชรูปแบบแตกต่างกัน (ก) การปลูกพืชในโรงงานกึ่งปิดที่มีหลังคาเปิดปิดระบายอากาศ ใช้แสงจากธรรมชาติเพียงอย่างเดียว (ข) โรงงานผลิตพืชกึ่งปิดที่มีหลังคาเปิดปิดระบายอากาศและใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงเทียม และ (ค) โรงงานผลิตพืชแบบปิดที่มีระบบปรับอากาศและควบคุมสภาพแวดล้อมและให้แสงเทียม 100 เปอร์เซ็นต์
ที่มา : Brandon และคณะ (2016)

โรงงานผลิตพืช หรือ Plant Factory มีชื่อเรียกที่หลากหลายแต่โดยหลักอาจเรียกว่า โรงงานผลิตพืชด้วยแสงเทียม (Plant Factory with Artificial Light; PFAL). การผลิตพืชในอาคาร (Indoor farming) การผลิตพืชแนวตั้ง (Vertical farming) แอลอีดีฟาร์ม (LED Farm) หรือ ฟาร์มในเมือง(Urban Farm) เป็นต้น

แสงเทียม (Artificial light)

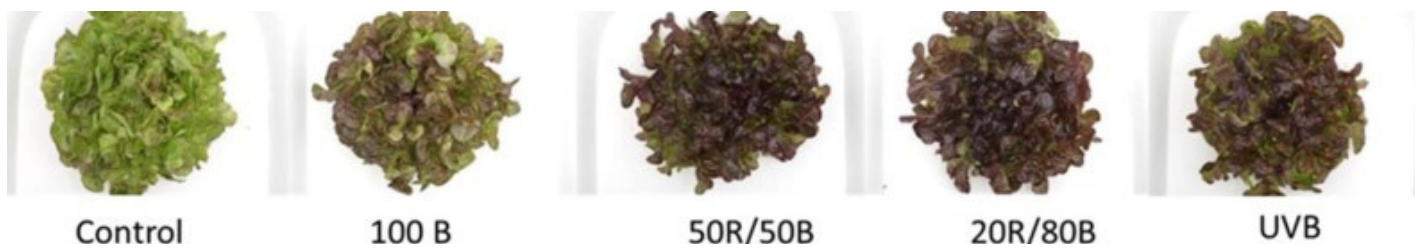
แสงเทียม คือการให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสง เพื่อทดแทนแสงที่พืชได้จากดวงอาทิตย์ตามธรรมชาติ แหล่งกำเนิดแสงเทียมดังกล่าวแต่เดิมใช้หลอดไส้ (Incandescent light) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent light) จนกระทั่งในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตหลอด LED ได้รับความนิยมเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากมีจุดเด่นเหนือกว่าหลอดแบบเดิมในทุกด้าน เช่น อายุการใช้งาน การปลดปล่อยความร้อนที่เกิดจากหลอด LED น้อยกว่าติดตั้งได้อย่างสะดวก หลอดประเภทอื่น อายุการใช้งานคุ้มค่า และให้แสงที่ช่วงความคลื่นแตกต่างกันได้ในหลอดเดียว (Tian, 2016) ในปัจจุบันจึงมีผู้ผลิตหลอด LED เพื่อใช้ในโรงงานผลิตพืชหลายราย จุดเด่นในด้านการใช้งานที่สามารถควบคุมปริมาณช่วงความยาวคลื่นที่ให้แก่พืชแต่ละชนิดได้อย่างแม่นยำ

แสงเทียมกับโรงงานผลิตพืช

แสงเทียมที่ใช้ในโรงงานผลิตพืชแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก คือแสงที่ให้ช่วงแสงสีแดง ในช่วงแสงสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นช่วงแสงที่พืชสามารถนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยความยาวคลื่นแสงแต่ละช่วงจะมีผลจำเพาะต่อตัวรับแสงของพืช (Photoreceptors) แตกต่างกันไป (Kong & Okajima, 2016) คลอโรฟิลล์จะดูดซับแสงในช่วงแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ช่วงแสงสีน้ำเงินบางส่วนถูกดูดซับโดยโปรตีนPhototropins และ Cryptochrome เกี่ยวข้องกับการตอบสนองและวัฏจักรของพืชต่อสภาพแวดล้อม (Circadian rhythm) การเจริญเติบโตเข้าหาแสง การยืดยาวของข้อปล้อง หรือการควบคุมการเปิดปิดของปากใบ (Stomatal opening)

เมื่อนักสรีรวิทยาพืชเข้าใจถึงการตอบสนองของพืชต่อช่วงแสงที่แตกต่างกันจึงสามารถควบคุมระยะการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างแม่นยำโดยการออกแบบหลอด LED ที่มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถให้แสงในช่วงแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน ความยาวคลื่นจำเพาะเจาะจงกับพืชปลูกได้ เช่น การให้ช่วงแสงสีแดง (Red; R) สลับกับช่วงแสงแดงไกล(Far red; FR) ใช้ในการควบคุมการเกิดสีหรือรงควัตถุในใบของผักสลัด (ภาพที่ 2) หรือการให้แสงสีแดงสลับกับแสงสีแดงไกลที่ระยะเวลาแตกต่างกัน เพื่อชักนำให้เกิดการออกดอกของไม้ตัดดอก (Cerdan & Chery, 2003; Kim et al., 2008)

อย่างไรก็ตามการให้แสงในช่วงแสงแดงไกลมีผลกระทบต่อคุณสมบัติบางประการของพืชด้วย เช่น การให้ช่วงแสงสีแดงสลับกับมะเขือเทศในระยะพัฒนาผล มีการศึกษาว่าช่วงแสงแดงไกลนั้นส่งผลให้เกิดการยับยั้งการสร้างสารไลโคปีน (Llorente et al., 2016) ดังนั้นการใช้แสงที่ความยาวคลื่นแตกต่างกันต้องมีการศึกษาให้เข้าใจและคุณสมบัติของพืชปลูกที่ได้ตรงตามความต้องการของตลาดหรือผู้บริโภคหรือไม่เพื่อให้คุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด



ภาพที่ 2 ลักษณะของผักเรดโอ๊คที่ได้รับแสงเทียมแตกต่างกัน ทรีตเมนต์ควบคุมให้แสงสีแดงและสีขาว (control) การให้แสงสีน้ำเงิน 100 เปอร์เซ็นต์ (100B) การให้แสงสีแดง 50 % และแสงสีน้ำเงิน 50 % (50R/50B) การให้แสงสีแดง 20 % และแสงสีน้ำเงิน 80 % (20R/80B) และการให้แสงช่วง UVB

ที่มา : Nicole และคณะ (2019)

ปัจจัยเรื่องแสงเทียมสำหรับโรงงานผลิตพืช ที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่

1. ความเข้มแสง
2. คุณภาพแสง
3. รูปแบบการเรียงแสง
4. ความสม่ำเสมอของแสง
5. ทิศทางการส่องแสง
6. มุมการส่องของแสง

พืชปลูกที่เหมาะสมภายใต้โรงงานผลิตพืช

โดยส่วนใหญ่โรงงานผลิตเพื่อในเชิงพาณิชย์เน้นการผลิตพืชเพื่อบริโภคสดเป็นหลัก เช่น กลุ่มผักสลัดและพืชสมุนไพร โหระพา (basil) สาระแน (Mint) หรือผักงอก (Microgreen) ซึ่งมีขนาดลำต้นที่เหมาะสมกับการปลูกในชั้นวางที่เรียงซ้อนกันในแนวตั้ง พืชที่มีคุณสมบัติทางยา ไม้ตัดดอกที่กินได้ และพืชบริโภคหัว

โรงงานผลิตพืชในประเทศไทยโรงงานผลิตพืชได้ริเริ่มโดยภาคเอกชนที่ต้องการขยายฐานการผลิตพืชเพื่อการบริโภคสดและพืชที่มีสรรพคุณสรรพคุณทางยาพืชเครื่องเทศตลอดจนพืชที่ใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องปรุงอาหารและพืชที่ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง

จุดเด่นของการผลิตพืชภายใต้โรงงานผลิตพืช (PFAL)

ปลูกได้เกือบทุกสภาพอากาศ ปลูกพืชได้ตลอดทั้งปี

การปลูกพืชโดยใช้โรงงานผลิตพืชนั้นเปรียบเสมือนการสร้างอาคารและปลูกพืชภายในอาคารดังนั้นผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปภายนอกจึงมีผลน้อยมากต่อพืชที่ปลูกภายในอาคารไม่ว่าจะเป็นสภาพอากาศที่ร้อนหรือหนาว ลมพายุฝนก็ไม่ส่งผลกระทบต่อพืชที่ปลูกภายในอาคาร

ควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างแม่นยำให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูก

โรงงานผลิตพืชเป็นการผนวกเอาองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี วิศวกรรม ปัญญาประดิษฐ์ (AI) IoT สรีรวิทยาของพืช และการออกแบบอาคารเอาไว้ด้วยกัน ดังนั้นจึงมีจุดเด่นในด้านการควบคุมสภาพแวดล้อมแม่นยำและเหมาะสมกับพืชชนิดนั้นๆ อีกทั้งในปัจจุบันผู้ออกแบบสามารถกำหนดปัจจัยให้เหมาะกับพืชโดยให้เซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์ตรวจวัดเรียนรู้และปรับค่าต่างๆ อัตโนมัติอย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องใช้บุคคลในการควบคุม ซึ่งหากเกิดความผิดปกติของระบบควบคุมภายในโรงงาน การตัดสินใจ หรือการจัดการโดยใช้เทคโนโลยีตรวจวัดอัตโนมัติช่วยลดความเสียหายของพืชปลูกได้

ผลผลิตมีความปลอดภัยสูง

การปลูกพืชภายในสภาพแวดล้อมแบบปิด มีการเตรียมวัสดุปลูกและผ่านกรรมวิธีกำจัดเชื้อสาเหตุโรคพืช สภาพแวดล้อมภายในโรงงานที่มีระบบรักษาความสะอาดฆ่าเชื้อทั้งตัวบุคคลและอุปกรณ์ก่อนที่จะเข้าสู่ส่วนของพื้นที่ปลูก ดังนั้นจึงลดโอกาสการเกิดโรคระบาดที่ส่งผลกระทบต่อพืชปลูก การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อสาเหตุโรคพืชจึงไม่มีความจำเป็นในการใช้ ผลผลิตที่ได้มีความปลอดภัยสูง

เก็บรักษาผลผลิตได้ยาวนาน

การเก็บรักษาผลผลิตที่ได้จากโรงงานผลิตพืชสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานกว่าเนื่องจากผลผลิตไม่มีการเป็นปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียที่ส่งผลต่อการเน่าเสียของผลผลิต

ใช้เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช

การปรับปรุงและพัฒนาสายพันธุ์พืชแต่เดิมนั้นต้องมีการใช้พื้นที่ปลูกจำนวนมากและระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อรอบจึงจะทราบได้ถึงพืชคู่ผสมที่ดีเพื่อจะนำมาคัดเลือกคู่ผสมพันธุ์ถัดไป แต่การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยใช้โรงงานผลิตพืชลดระยะเวลาได้ เนื่องจากไม่มีข้อจำกัดในด้านสถานที่หรือสภาพแวดล้อม เนื่องจากสามารถกำหนดสภาพแวดล้อมให้แตกต่างกันเพื่อทดสอบความต้านทานของพืชปลูกภายใต้สภาวะที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น สภาวะเครียดจากสภาพอากาศ โรคพืช แมลง เป็นต้น และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ได้ผลผลิตสูงภายใต้สภาพอากาศที่แปรปรวนเป็นหัวข้อสำคัญที่นักปรับปรุงพันธุ์พืชให้ความสนใจในสภาพแวดล้อมปัจจุบัน

เป้าหมายการปลูกพืชโดยใช้โรงงานผลิตพืช

ลด

- ลดการใช้พลังงาน
- ลดแรงงาน
- ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ของเสียจากกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต

- ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

เพิ่ม

- ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่
- ประสิทธิภาพทั้งคุณภาพ และปริมาณผลผลิต
- การพัฒนาพืชพรรณสายพันธุ์ใหม่

เป้าหมาย

จุดเด่น

- สุขภาพ
- รสชาติ
- ความปลอดภัยในการบริโภค
- การสร้างกิจกรรมสำหรับครอบครัว
- เกษตรกรรมในเมือง (Urban farming)

โรงงานผลิตพืชเป็นการนำเอาเทคโนโลยี ความรู้ทางวิศวกรรม สรีรวิทยาพืช IoT AI การออกแบบอาคาร และด้านเศรษฐศาสตร์ มาปรับใช้ร่วมกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ คือ ผลผลิตที่สะอาด ปลอดภัย มีมูลค่าสูง มีผลผลิตจำหน่ายตลอดทั้งปี ไม่ขึ้นกับฤดูกาล อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดที่สำคัญของโรงงานผลิตพืชต้องพิจารณาถึงแผนการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพเพราะต้องใช้งบลงทุนสูง ดังนั้นการออกแบบการเลือกใช้ระดับของเทคโนโลยี งบลงทุนตลอดจนการจำหน่ายผลผลิตต้องมีการจัดการอย่างเป็นระบบ จึงจะเรียกได้ว่าประสบความสำเร็จในการปลูกพืชโดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่

เอกสารอ้างอิง

- Brandon, M. F., Lu, N., Yamagushi, T., Takagaki, M., Maruo, T., Kozai, T. & Yamaori, W. (2016). Next evolution of agriculture: A review of innovation in plant factories. In Pessarakli, M. (ed). Handbook of photosynthesis. (pp. 723-740). Boca Raton: CRC Press.
- Cerdan, P. & Chory, J. (2003). Regulation of flowering time by light quality. Nature 423:881–885
- FAO. (2017). The future of food and agriculture-Trends and challenges. Rome, Italy. 180 P.Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>.
- Kim, S. Y., Yu, X. & Michaels, S. (2008). Regulation of CONSTANS and FLOWERING LOCUS T expression in response to changing light quality. Plant Physiology 148 (1) : 269–279.
- Kong, S. G. & Okajima, K. (2016). Diverse photoreceptors and light responses in plants. Journal of Plant Research. 129: 111-114.
- Kozai, T. (2018). Current status of plant factories with artificial lighting (PFALs) and smart PFALs. In Kozai. T. (ed). Smart plant factory : The next generation Indoor vertical farms. (pp. 3-14). Singapore: Springer Nature.

- Kozai, T., Niu, G. & Takagaki, M. (2015). Plant factory: an indoor vertical farming system for efficient quality food production. Amsterdam: Academic Press.
- Llorente B, D., Andrea, L., Ruiz-Sola, M., Botterweg, E., Pulido, P., Andilla, J., Loza-Alvarez, P. & Rodrigues-Concepcion, M. (2016). Tomato fruit carotenoid biosynthesis is adjusted to actual ripening progression by a light-dependent mechanism. *The Plant Journal*. 85:107–119.
- Nicole, C. C. S., Krijn, M. P. C. M. & Slooten, U. V. (2019). Postharvest quality of leafy greens growing in a plant factory. Anpo, M., Fukuda, H. & Wada, T. (eds). *Plant factory using artificial light*. (pp. 33-46). Amsterdam: Elsevier.
- Tian, F. (2016). Study and optimization of lighting systems for plant growth in a controlled environment. Ph.D. Thesis. Université Paul Sabatier.