แนวโน้มและความท้าทายของการเกษตรระดับนานาชาติในทศวรรษหน้า

รศ. ดร. เบญจพรรณ เอกะสิงห์[1]

1. บทนำ

ประชากรในโลกได้มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งคาดว่าในอีก 30 ปีข้างหน้า ประชากรของโลกจะสูงจากปัจจุบัน 7,577 ล้านคน ในปี ค.ศ. 2019 ไปเป็น 9,100 ล้านคน ในปี ค.ศ. 2050 (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2017) โดยจะทำให้ความต้องการอาหารในโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอย่างน้อยร้อยละ 70 ในขณะที่ทรัพยากรดิน น้ำ และป่าไม้ก็มีแนวโน้มเสื่อมโทรม ลดลงทั้งปริมาณและคุณภาพ แม้ว่าในอดีตได้มีการปฏิวัติด้านเทคโนโลยีการเกษตรที่เรียกกันว่า การปฏิวัติเขียว ซึ่งมีการวิจัยและส่งเสริมการเกษตรในด้านการปรับปรุงพันธุ์ การจัดการผลิต การจัดการพันธุกรรมในระดับนานาชาติ ทำให้มีการผลิตอาหารในโลกเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดด สามารถมีผลผลิตเกษตรเลี้ยงประชากรในโลกที่เพิ่มขึ้นได้ สามารถบรรเทาปัญหาการขาดแคลนอาหารในหลายๆประเทศไปได้มาก แต่ก็ยังมีปัญหาการขาดแคลนอาหารอยู่บ้างในบางทวีปอยู่ ในปัจจุบันวงการเกษตรมีความเปลี่ยนแปลงมาก ทั้งในบริบทของเศรษฐกิจสังคม ในด้านเทคโนโลยีการเกษตร ในการจัดการการผลิตและการตลาด ซึ่งในการวางแผนงานวิจัย และ การศึกษาการเกษตรต้องพิจารณาดูแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ดังนั้น บทความนี้จะได้สำรวจบทความทางวิชาการในวารสาร หนังสือ สิ่งพิมพ์ และข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตเพื่อดูแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงต่างๆในแวดวงการเกษตรที่กำลังคืบคลานเข้ามาในทศวรรษหน้า ทั้งด้านบริบทแวดล้อมทางเศรษฐกิจสังคม เทคโนโลยีใหม่ๆที่กำลังเกิดขึ้น และการผลิต การตลาดผลผลิตเกษตรและอาหารในระดับนานาชาติเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับทิศทางการวิจัยและการศึกษาในวงการเกษตรในประเทศไทยที่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนให้ทันกับสถานการณ์ในอนาคต

2. แนวโน้มความเปลี่ยนแปลงในบริบทของผู้ผลิตและผู้บริโภคสินค้าเกษตรในโลกในทศวรรษหน้า

จากการสำรวจบทความต่างๆ พบว่า ในอีก 10 ปีข้างหน้า บริบทของสังคมของโลกนี้จะเปลี่ยนไปดังนี้ (Maggio et al., 2019; Serraj, Krishnan and Pingali, 2019; FAO, 2017)

---

[1] email address: benchaphun@gmail.com

ประชากร

- มีสัดส่วนประชากรในเมืองมากขึ้น
- ประชากร (เกษตร) มีแนวโน้มมีอายุมากขึ้น
- ประชากรมีการศึกษาดีขึ้น
- มีการเคลื่อนย้ายแรงงานมากขึ้น ทั้งระหว่างภาคการผลิต โดยเฉพาะออกจากภาคเกษตร ทำให้ภาคเกษตรจะมีแรงงานหญิงเพิ่มมากขึ้น และระหว่างประเทศ เช่น การอพยพจากสาเหตุทางเศรษฐกิจ และการเมือง

เศรษฐกิจ

- มีการค้า และการลงทุนระหว่างประเทศมากขึ้น
- มีการเติบโตรายได้ในหลายๆประเทศ โดยเฉพาะในกลุ่มฐานะปานกลาง ทำให้มีอุปสงค์เพิ่มขึ้น ทั้งด้านอาหาร น้ำ และพลังงาน
- มีความต้องการการบริโภคอาหารในลักษณะแปรรูป และพร้อมทานมากขึ้น
- มีอิทธิพลของประเทศทางตะวันออก และ ทางประเทศในซีกโลกใต้มากขึ้น

สังคม

- มีสังคมออนไลน์ และความเชื่อมโยงกันทางโลกไซเบอร์มากขึ้น
- มีการทำงานที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการสื่อสารที่พึ่งพาข้อมูลดิจิทัล และความเชื่อมโยงกันในการทำงานสูง (hyperconnectivity) ทำให้ลักษณะของงานจะเปลี่ยนไป มีการพึ่งพาเทคโนโลยีมากขึ้น มีความต้องการทักษะใหม่ๆในการทำงาน
- ในด้านการศึกษา ประชากรรุ่นใหม่มีความต้องการการศึกษาที่มีความหลากหลายรูปแบบ รวมทั้งการเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการ นอกห้องเรียนมากขึ้น
- มีความแตกต่างทางสังคมมากขึ้น ทั้งด้านรายได้ เพศ การเข้าถึงการศึกษา สาธารณสุข เทคโนโลยี
- ปัญหาเรื่องโภชนาการมีมากขึ้น และมีความตื่นตัวในด้านสุขภาพ และโภชนาการมากขึ้น

สิ่งแวดล้อม

- มีความเปลี่ยนแปลงด้านภูมิอากาศมากขึ้น มีความตื่นตัวในด้านสิ่งแวดล้อมและประเด็นความยั่งยืนของทรัพยากร
- มีการแข่งขันกันในการใช้ทรัพยากรดิน และ น้ำ มากขึ้น

ซึ่งแนวโน้มของบริบททางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมนี้ ก็เกิดขึ้นพร้อมๆกับความเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีการเกษตรที่มากมายเช่นกัน ดังจะได้แจกแจงดังต่อไปนี้

3. แนวโน้มของการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกษตรระดับนานาชาติ

ภายในทศวรรษหน้า ประเทศต่างๆในโลกจะมีความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีมากมายทั้งในภาคเกษตรและอาหารและภาคอื่นๆ จากการทบทวนเอกสารพบว่า เทคโนโลยีทางการเกษตรและอาหารที่เกิดขึ้นในปัจจุบันแล้วและจะมีมากขึ้นใน 10 ปี มีหลายด้าน ที่เด่นๆ ได้แก่

เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำ

เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำได้เปลี่ยนแปลงการเขตกรรมเกษตรตั้งแต่ช่วงทศวรรษที่ 1980s เทคโนโลยีนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นจากการเกษตรกลวิธานโดยได้นำเอาเทคโนโลยีระบบระบุตำแหน่งบนโลก เข้ากับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และเทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียม ในรอบ 30 ปีที่ผ่านมาเกษตรแม่นยำได้รับการพัฒนามาเรื่อยๆ จากการวางแผนระยะไกล จนเป็นการตัดสินใจในระดับภูมิภาค จนถึงการวางแผนและควบคุมโดยข้อมูลระดับแปลง และในอนาคตอันใกล้ ความก้าวหน้าในเทคโนโลยีการสื่อสาร และอิเล็คโทรนิค จะทำให้เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำพัฒนารวดเร็วยิ่งขึ้น (Yanbo Huang and Brow, 2019)

การเกษตรแม่นยำเป็นการปฏิบัติการเกษตรที่มีความเจาะจงระดับฟาร์ม สามารถจัดการความแตกต่างในระดับแปลงได้ ปัจจุบันเทคโนโลยี เช่น เครื่องบินที่ไม่ต้องมีคนขับ (unmanned aerial vehicles, UAVs) อากาศยานไร้คนขับ (drones) ข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) ระบบปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) และ ระบบอัตโนมัติทั้งหลาย การใช้ sensor วัดข้อมูลต่างๆในฟาร์ม เช่น ความชื้นในดิน ความชื้นในพืช อุณหภูมิของโรงเรือน อุณหภูมิของแปลง ทั้งฟาร์มพืช และ ฟาร์มสัตว์ วัชพืช โรค และ แมลง จะทำให้การเกษตรสามารถตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศ การใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีราคาแพง และ การใช้ปัจจัยการผลิต ทำให้การเกษตรมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และ มีต้นทุนที่ลดลง องค์ประกอบของการเกษตรแม่นยำได้แก่ การมีอัตราการใช้เทคโนโลยีด้านการใช้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และ โรค และการจัดการน้ำที่แตกต่างกันตามความต้องการของพื้นที่ โดยมักมีการติดตั้งระบบในรถแทรกเตอร์ที่มีระบบขับและเดินในแปลงแบบอัตโนมัติ การเกษตรแม่นยำในยุคต่อไปจะอาศัยการคำนวณผ่านมือถือ ระบบการเก็บข้อมูลบนอินเตอร์เน็ต (cloud storage) การวิเคราะห์ข้อมูล big data การปฏิบัติการอัตโนมัติทั้งหมดตามเวลาจริง (real time) Sylvester, Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union (2018) กล่าวว่า การใช้ drones และ UAVs เพิ่มขึ้นอย่างมากในประเทศต่างๆ ในทุกกิจการ รวมทั้งการเกษตรด้วย จะสามารถเทียบเทคโนโลยีนี้ ได้กับเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือทีเดียว

ตัวอย่างเช่น ในประเทศอิสราเอล การเกษตรแม่นยำจะใช้ในโปรแกรมการจัดการน้ำในการเกษตร ในประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ จะทำการเกษตรโดยเครื่องมือต่างๆ สั่งการผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ระบบ big

data และระบบเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลบนอินเตอร์เน็ต ที่ประเทศญี่ปุ่น บริษัท ยามาฮ่ามอเตอร์ ใช้เฮลิคอปเตอร์ไร้คนขับ สำหรับการควบคุมแมลง และ โรคพืช ในแปลงข้าว ถั่วเหลือง และ ข้าวสาลี และ บริษัทยันม่าบริการเฮลิคอปเตอร์ ก็มีบริการเฮลิคอปเตอร์ไร้คนขับสำหรับการพ่นยากำจัดโรคสำหรับแปลงปลูกพืช ในประเทศเกาหลีใต้ ก็มีการใช้การเกษตรแม่นยำ หาข้อมูลดิน การเติบโตของพืช การเกิดโรค และภูมิอากาศ มีการใช้เครื่องบินไร้คนขับ (UAVs) สำหรับพ่นยาเพื่อควบคุมโรค และแมลง แม้ว่าประเทศเกาหลีจะไม่มีอุตสาหกรรม UAVs นี้ในประเทศของตนเองก็ตาม

ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนก็มีการใช้ประโยชน์ของการเกษตรแม่นยำในช่วงทศวรรษที่ 2000s โดยมีการวิจัยในมหาวิทยาลัยและหน่วยงานวิจัยของภาครัฐ มีการผลิตแบบนี้ในการปลูกข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าว และฝ้ายในมณฑลทางตะวันออกเฉียงเหนือ และ ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศ

เป็นที่สังเกตว่า ในประเทศกำลังพัฒนาที่ใช้เกษตรแม่นยำในปัจจุบันนั้น มักมีใช้ในฟาร์มขนาดใหญ่ ยังไม่ได้ขยายไปในฟาร์มขนาดกลาง หรือ ขนาดเล็ก แต่ในอนาคต คาดว่า เทคโนโลยีนี้จะขยายตัวไปในฟาร์มเหล่านี้ได้ เมื่อมีต้นทุนที่ต่ำลง และ มีก้าวหน้าทางวิทยาการมากขึ้น

ยกตัวอย่างเช่น ในประเทศปากีสถาน ซึ่งมีปัญหาเรื่องวัชพืชมากในพืชหลักทุกชนิด เช่น ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด ฝ้าย อ้อย และถั่ว แต่ขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญ นักวิทยาศาสตร์ หรือ นักวิจัยด้านนี้ Matloob et al (2020) เสนอว่า การนำเอาการจัดการวัชพืชอย่างชาญฉลาดที่เจาะจงพื้นที่ (site specific weed management (SSWM)) ผ่านทางเครื่องตรวจที่เห็นภาพวัชพืชที่เจาะจงแหล่ง หรือ ยากำจัดวัชพืชแบบนาโน หรือ การปรับปรุงพืชแบบตัดต่อพันธุกรรมที่ทนต่อยาฉีดกำจัดวัชพืช หรือ หุ่นยนต์ที่ตรวจและฉีดยาที่เจาะจงพื้นที่และมีอัตราฉีดตามความมากน้อยของวัชพืช หรือ ระบบพยากรณ์การเกิดวัชพืช จะสามารถทดแทนการจัดการวัชพืชแบบเดิมๆ ซึ่งจะทำให้วงการวัชพืชมีความก้าวหน้ามากขึ้น และทำให้การผลิตอาหารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพดีขึ้น

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับข้อมูล จะได้รับการพัฒนาให้ใช้กับการเกษตรแม่นยำ เพื่อจะให้มีการประมวลผลที่รวดเร็วเพื่อการตัดสินใจ แม้ว่าต้องมีการวิจัยและพัฒนามากขึ้นเพื่อจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ และ การเปลี่ยนข้อมูลขนาดใหญ่ เป็นข้อมูลขนาดเล็กเพื่อการใช้งานบางเรื่อง หรือในบางสถานการณ์เพื่อการปฏิบัติการในการเกษตรแม่นยำที่ถูกต้อง (Sabarina and Priya, 2015)

การเกษตรแม่นยำ ไม่ใช่มีในเฉพาะการปลูกพืชเท่านั้น แต่มีใช้ในการเลี้ยงสัตว์ด้วย โดยเกษตรแม่นยำจะสามารถปรับปรุงสุขภาพสัตว์ และ ผลิตภัณฑ์สัตว์ เทคโนโลยี remote sensing ทางการเกษตร สามารถนำมาใช้ในการบริหารทุ่งหญ้า และ พฤติกรรมของสัตว์ (Numata et al., 2007; Manning et al., 2017) เทคโนโลยีใหม่ๆ สามารถใช้ติดตามการบริโภคอาหารสัตว์ของสัตว์ ส่วนประกอบ คุณภาพ และ ความเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเนื้อสัตว์ อย่างอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีการแทรกแซงโดยคน (NIFA, 2017) เครื่องมืออัตโนมัติที่ใช้ในการเกษตรจะมีการใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้น โดยการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ทางเครื่องกล และ ทางไฟฟ้า

(SPARC, 2016) ปัญญาประดิษฐ์จะถูกใช้ในการพัฒนาระบบเกษตร เช่น เครื่องยนต์ทางการเกษตรที่ไม่ต้องมีคนขับ ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ และ การจดจำใบหน้าของปศุสัตว์ เป็นต้น (WPG, 2019).

Kundu et al. (2019) กล่าวว่า เทคโนโลยีเกี่ยวกับ biosensing และวิทยาศาสตร์วัสดุศาสตร์จะเป็นเทคโนโลยีที่มีอิทธิพลที่สุดในอนาคตของวงการเกษตรแม่นยำ โดยสามารถทำนายความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้น หรือใช้เพิ่มผลิตภาพทางการเกษตร ระบบตรวจสอบพลวัตและกระบวนการทางการเกษตรจะมีความชาญฉลาด เร็วทันเวลา มีอุปกรณ์ที่พกพาได้และไม่แพง ผ่านการตรวจสอบระดับโมเลกุล และการถ่ายทอดสารพันธุกรรม จะนำไปสู่การใช้ทรัพยากรที่ประหยัดและความเป็นอยู่ของผู้บริโภคที่ดีขึ้น และการพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืน Biosensors สามารถใช้ในการบรรจุภัณฑ์อาหารอย่างชาญฉลาด ฟาร์มการเกษตรก็จะสามารถมีระบบอัตโนมัติ ในฟาร์มสัตว์ สามารถตรวจสุขภาพสัตว์ และความเปลี่ยนแปลงในร่างกายสัตว์ได้ตามเวลาจริง เช่น อาจตรวจการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ พฤติกรรมกินอาหาร หรือ ประสิทธิภาพการกินหญ้า แม้แต่สารที่ได้จากผิวหนัง อากาศหายใจ อุจจาระ ปัสสาวะ หรือ น้ำในร่างกาย หรือ พยาธิ สามารถให้ตรวจสอบโรคปากและเท้าเปื่อยในระยะเริ่มต้นได้ สามารถตรวจการให้เนื้อของโคเนื้อ และ การให้นมของโคนม เป็นเรื่องปรกติประจำวัน และสามารถตรวจสอบมลพิษในฟาร์ม ผ่านทางการตรวจระดับก๊าซต่างๆ เช่น แอมโมเนีย มีเทน ไนตรัสอ๊อกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นในฟาร์มได้ biosensors สามารถแจกแจงคุณภาพของอาหารสัตว์ หรือ ผลผลิตสัตว์ในฟาร์ม ในแง่คุณค่าทางโภชนาการได้ นอกจากนั้น biosensors ก็มีใช้กันมากในภาคการประมง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือ การปลูกพืชในน้ำ ใช้ตรวจคุณภาพน้ำ ความหนาแน่นของฝูงปลา การเกิดสารพิษ เพราะ biosensors ทำงานโดยใช้หลักการระดับโมเลกุลขนาดเล็ก ดูการเปลี่ยนชีวมวล แสง ความร้อน และ pH เป็นแรงกระตุ้นทางไฟฟ้า เหมาะสำหรับใช้กับเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต หรือ ไม่มีชีวิตในอาหารทะเล

Neethirajan, Ragavan and Weng (2018) กล่าวว่าเกษตรแม่นยำมีความสำคัญในอนาคตในแง่การควบคุมโรคพืช ความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพ เมื่อผสมผสานเข้ากับศาสตร์ทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และ นานาเทคโนโลยีจะมีประสิทธิภาพมาก การใช้ biosensors จะมีความแม่นยำ เจาะจง ไว และอัตโนมัติ เป็นอนาคตของการวิเคราะห์จุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย รา และ ไวรัส ทั้งในเซลล์ของพืช และ สัตว์ การตรวจหาโรคต่างๆ ป้องกันโรคระบาด ระบบตรวจจะมีต้นทุนต่ำ เพิ่มผลผลิต และทำให้ระบบเศรษฐกิจดีขึ้น

เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเกษตรชาญฉลาด

การแพร่หลายของเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น เครือข่ายอินเตอร์เน็ต โทรศัพท์เคลื่อนที่ เทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และ ระบบดิจิทัลที่ใช้ระบบรับรู้ระยะไกลจากดาวเทียม จะสามารถช่วยในการเก็บรักษา วิเคราะห์ และ แบ่งปันข้อมูล และองค์ความรู้ จะทำให้ชีวิตเปลี่ยนไปในประชากรโลก แม้ในประเทศที่กำลังกำลังพัฒนาที่ยากจน ร้อยละ 70 ของประชากรก็มีโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้ มากกว่ามีไฟฟ้า หรือ ระบบสุขอนามัยที่ดี

เสียอีก (GSMA, 2017) และร้อยละ 40 ของประชากรโลกมีอินเตอร์เน็ตใช้ และกำลังขยายไปเรื่อยๆ (Pew Research Center, 2016)

โปรแกรมซอฟท์แวร์สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถปรับปรุงบริการสำหรับเกษตรกรและทำให้เกษตรกรสามารถมีความเชื่อมโยงกับตลาดได้ดีขึ้น บริการเหล่านี้สามารถเพิ่มผลกำไรของเกษตรกร ในขณะที่เทคโนโลยีดิจิทัลสามารถลดต้นทุนและเวลาในการหาข้อมูล และ แลกเปลี่ยนข้อมูล สามารถทำให้การติดต่อตกลงต่อรอง การตัดสินใจดีขึ้น สามารถตรวจสอบและบังคับสัญญาที่เกษตรกรได้ทำข้อตกลงกับบริษัท หรือบุคคลภายนอก

ความท้าทายในเรื่องการเก็บข้อมูลการเกษตรคือข้อจำกัดของทรัพยากร และ การจัดการ logistics ในประเทศยากจน ในพื้นที่ต่างๆ มีการเข้าถึงยาก และ มีราคาแพง อาจต้องมีทางเลือกในการเก็บข้อมูลแบบใหม่ ซึ่งเดิมเป็นแบบสำรวจ ในการนี้ระบบดิจิทัลที่ใช้ระบบรับรู้ระยะไกลจากดาวเทียม (satellite remote sensing) จะช่วยในการเก็บข้อมูลทั้งทางด้านพืชปกคลุมดิน และ ศักยภาพของระบบนิเวศเกษตร และถ้าผนวกเข้ากับระบบผู้เชี่ยวชาญในระบบเกษตรในเขตนั้น สามารถเพิ่มความถูกต้องและการหาสถิติที่เป็นการเลือกตัวแทนเชิงพื้นที่ใช้สำหรับการตัดสินใจได้ ในพื้นที่ที่มีสถิติการเกษตรที่ไม่ดี ก็สามารถมีข้อมูล ออนไลน์ได้โดยไม่แพงและเร็ว สามารถใช้ในการติดตาม ควบคุม และวิเคราะห์ข้อมูลในระบบอินเตอร์เน็ตตามเวลาจริงได้ (Carletto et al., 2015) แนวการปฏิบัตินี้สามารถเป็นไปได้โดยโทรศัพท์เคลื่อนที่ สังคมออนไลน์ ซอฟท์แวร์ และเครือข่ายเชื่อมโยงทางโลกดิจิทัล ที่สามารถเปลี่ยนองค์ความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืช และความเข้มข้นของการทำฟาร์ม ในปัจจุบันก็มีความพยายามในหลายๆรัฐบาลที่จะขยายเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ระบบไฟฟ้า ระบบการเงินดิจิทัล ให้ชนบทห่างไกล เช่น ทั้งประเทศสหรัฐอเมริกา และ อินเดีย สามารถทำให้คนชนบท หลายพันล้านคนเข้าถึงระบบดังกล่าวในเวลาอีกไม่นาน

แนวคิดการเกษตรชาญฉลาด (smart agriculture) เป็นการจัดการที่ระแวดระวังเรื่องการคาดการณ์อุปสงค์และการส่งผลผลิตสู่ตลาดอย่างทันเวลาทำให้มีการสูญเสียที่น้อยที่สุด รวมถึงการจัดการปุ๋ย ความชื้น น้ำ โรคพืช การจัดการดิน วัชพืช หรือ ปัจจัยการผลิตต่างๆเพื่อการผลิตที่ดีขึ้น และการเก็บผลผลิตที่เป็นที่ต้องการของตลาด ทั้งในการผลิตพืช สัตว์ หรือ การประมง (Matloob, et al, 2020, Hou, et al, 2020, Bünemann et al. 2018, Yanes, Martinez and Ahmad, 2020) กรอบของการเกษตรที่ชาญฉลาดพึ่งพาระบบการจัดการเพื่อธุรกิจที่ประสบผลสำเร็จ จะรวมเรื่องการเกษตรแม่นยำ แต่เกษตรชาญฉลาดมีกรอบทำงานที่กว้างขึ้น รวมการจัดการอื่นๆ การลดความสูญเสีย การคิดต้นทุน และ การตลาดด้วย เพื่อประสิทธิภาพของธุรกิจเกษตร การเกษตรชาญฉลาด (smart agriculture) ได้มีการเริ่มขึ้นและประสบความสำเร็จในหลายประเทศ ทั้งประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ใช้เทคโนโลยีใหม่กับการเกษตร มีการลงทุนมากโดยกระทรวงเกษตร ด้าน Internet of things และ เทคโนโลยี sensors การจัดการชลประทาน และ ฐานข้อมูลทางการเกษตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของธุรกิจทางการเกษตร ส่วน ประเทศจีน ที่วางแผนเชื่อมอินเตอร์เน็ต กับสิ่งต่างๆ มีเครื่องมือทันสมัยหลายอย่างในภาคเกษตร มีซอฟท์แวรจัดการ (applications) กว่า 426 เรื่อง มีความร่วมมือกับบริษัทเอกชน Huawei มีการเก็บ

ข้อมูลระดับฟาร์มเกษตร ทั้งระดับมณฑล และ ระดับประเทศ บริษัท Huawei พัฒนา ระบบ NB-IoT ที่สามารถมีการเชื่อมต่ออย่างมีต้นทุนต่ำและ ไม่ต้องการใช้คนมาก และสามารถแก้ปัญหาการมีข้อมูลที่กระจัดกระจายได้

ที่ประเทศมาเลเซีย มีนโยบายปรับปรุงภาคเกษตรและลดความยากจน มีการส่งเสริมหลายเรื่อง โดยสถาบันระบบไมโครอิเล็กโทรนิก (Malasian Institute of Microelectronic System, MIMOS) มีการวางแผนสำหรับการเกษตร โดยใช้ระบบ sensor เพื่อดูอุณหภูมิ ความชื้น และ สภาพการเติบโตของพืชและสัตว์ สำหรับเก็บข้อมูล และใช้ประโยชน์จากระบบ Internet of things เพื่อเชื่อมระหว่างผู้ผลิต พ่อค้า เกษตรกร อย่างเป็นระบบ รวมกว่า 8 หมื่นราย กรอบนี้ใช้ระบบเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ ใช้กับฟาร์มปาล์มน้ำมัน ฟาร์มเห็ด Shiitake และ การประมงของประเทศ เพื่อการผลิตที่ยั่งยืน และ การตลาดอีคอมเมิรซ Agro Bazzaar นอกจากนั้น ยังมีเทคโนโลยีสมัยใหม่อีกมาก เพื่อการเกษตรชาญฉลาด โดยมีการวางแผนร่วมกันระหว่างภาคเกษตรและภาคพลังงาน (Telekom Malaysia Group. 2018, Wan Ab Karim Ghani et al, 2019)

ที่ประเทศฝรั่งเศส กระทรวงเกษตรเป็นผู้นำเรื่องนวัตกรรมเกษตร มีการสร้าง Project’ 2025 ที่เพิ่มประสิทธิภาพของการเกษตร มีการเก็บข้อมูลภูมิอากาศ และ ส่งเสริมผู้ริเริ่มใหม่ มีการแบ่งปันข้อมูลของกระทรวงเกษตรกับเกษตรกร เพื่อแนะนำนวัตกรรมใหม่ๆในฟาร์ม สำหรับประเทศออสเตรเลีย ทางสภาแห่งชาติออสเตรเลียลงทุนมากเพื่อการยกระดับภาคเกษตรให้มีความก้าวหน้าทาง Internet of things มีวัตถุประสงค์ให้เกิดแรงจูงใจเพื่อการเกิดการเกษตรชาญฉลาด มีกรณีการใช้เทคโนโลยีใหม่ เช่น การใช้ drones หุ่นยนต์ sensors UAVs การตัดต่อยีน ปัญญาประดิษฐ์ ดาวเทียม ระบบข้อมูลขนาดใหญ่ เป็นต้น เทคโนโลยีใหม่เหล่านี้ต้องมีการยอมรับของผู้บริโภค และระบบประกันความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยของระบบด้วย (Koch, 2017, GHD and AgThentic, 2018)

สำหรับประเทศอินเดีย รัฐบาลมีนโยบายเกี่ยวกับ Internet of things หลายนโยบาย มีวัตถุประสงค์ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการเกษตร ทั้งในด้านดิน ภูมิอากาศ โรคพืช และ อื่นๆ ให้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ช่วยเหลือในการเปลี่ยนการจัดการเกษตรด้านต่างๆโดยใช้ข้อมูลดิจิทัล และ การใช้ Internet of things และ รัฐบาลต้องการสร้างเมืองชาญฉลาดในอินเดีย 100 เมือง นอกจากนั้น ในวงการเกษตร ยังมีนวัตกรรมใหม่ๆที่เกิดขึ้นอย่างน่าสนใจ เช่น ใช้บริการอูเบอร์ สำหรับแทรกเตอร์ (uberization of tractor services) หรือ การใช้แสงอาทิตย์ในการให้น้ำในแปลงขนาดเล็ก การใช้แสงแบบ LED ในหน่วยผลิตการเกษตร ระบบแอโรโพนิคที่ให้ความชื้นที่รากพืชพร้อมกับธาตุอาหาร และออกซิเจนในระบบปิด สามารถประหยัดน้ำร้อยละ 95 เทียบกับการเกษตรแบบแปลงเปิด และ ร้อยละ 40 เทียบกับระบบไฮโดรโปนิค และ ไม่ต้องใช้ยากำจัดโรคและแมลง ในวงการเงินและวงการประกันพืชผล การใช้ระบบดิจิทัล และระบบปัญญาประดิษฐ์สำหรับประเมินระดับความเสี่ยงของลูกค้าสถาบันการเกษตร มีการใช้ระบบการเกษตรชาญฉลาดสำหรับปรับปรุงโลจิสติกส์ และ วิทยาการหลังเก็บเกี่ยว เทคโนโลยีการนำความชื้นออกจากผักและผลไม้ เพื่อให้สามารถวางขายได้นานขึ้น เป็นต้น (IOT policy document in India, n.d., Ganguly, et al, 2017)

อย่างไรก็ตาม พบว่า ความท้าทายที่เกิดขึ้นสำหรับการเกษตรชาญฉลาดที่ตั้งอยู่บนฐาน Internet of things คือ 1. การปฏิบัติการจริงในพื้นที่ 2. การบำรุงรักษาระบบ 3. สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ เช่น แสงแดดจัด หรือ ฝนหนัก สามารถทำให้ระบบเสียได้ 4. การเชื่อมต่อไร้สาย ซึ่งอาจจะเกิดความขัดข้อง ซึ่งทั้งหมดก็ต้องผ่านการจัดการโดยขั้นตอนต่างๆในการบำรุงรักษาอย่างมีระบบที่จะทำให้ระบบเป็นประโยชน์อย่างแท้จริง

เทคโนโลยีเครื่องจักรกล

เทคโนโลยีเครื่องจักรกลในทศวรรษหน้า จะเป็นความก้าวหน้าในด้านหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นด้านวิศวกรรมเครื่องกล มีเครื่องยนต์ที่เคลื่อนไหวได้โดยการควบคุมที่เป็นอิสระจากตัวเครื่องยนต์ เทคโนโลยีหุ่นยนต์สามารถใช้ทดแทนมนุษย์ได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือ เพื่อกระทำงานที่มีการมอบหมายให้สำเร็จ ซึ่งเป็นงานที่มนุษย์ไม่อยากทำ หรือ อันตราย หรือ น่าเบื่อ หรือ มนุษย์ทำไม่ได้ สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งในอุตสาหกรรม ภาคบริการ เหมืองแร่ สาธารณสุข การทหาร หรือ การเกษตร

ในการเกษตร หุ่นยนต์สามารถทำงานหลายอย่างได้ เช่น การรีดนมวัว การเตรียมพื้นที่ การบำรุงรักษาพืช การปลูก การเก็บเกี่ยวพืชผล การฉีดยา หรือ การสำรวจที่ดิน สามารถทำงานแทนมนุษย์ และ ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ หรือ ต้นทุนต่ำ เทคโนโลยีหุ่นยนต์ และ เครื่องยนต์อัตโนมัติ มีศักยภาพที่จะให้เกษตรกรมีองค์ความรู้มากขึ้นในการปฏิบัติการในฟาร์ม และ มีความสามารถที่จะทำงานตามเวลาจริง เพิ่มประสิทธิภาพ เชื่อถือได้ มีประสิทธิผล ในขณะที่ลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ในวงการพืชสวน หุ่นยนต์ได้ถูกนำมาใช้ในการกำจัดวัชพืช ของพืชผัก เช่น ผักสลัด บล็อกโคลี่ มะเขือเทศ และ หอมหัวใหญ่ เนื่องจากแรงงานคนหายากและมีราคาแพง การกำจัดวัชพืชเช่นนั้น ทำให้ลดต้นทุนอย่างมาก นอกจากนั้น ในการปลูก สามารถใช้แทรกเตอร์ที่มีการบังคับระยะไกลและระบบซอฟท์แวร์ในการจัดการสามารถเพิ่มผลผลิต การเก็บเกี่ยวพืชโดยหุ่นยนต์ สามารถลดต้นทุนและเวลา เพิ่มประสิทธิภาพ ในการเลี้ยงโคนม หุ่นยนต์จะทำการรีดนมแทนคน ระบบอัตโนมัติในการเลี้ยงโคนมทำให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น ในขณะที่ต้นทุนก็ไม่ได้สูง ตลาดสำหรับหุ่นยนต์เพื่อการเกษตรจะมีการเติบโตอย่างมากอีก 10 ปีข้างหน้า และเทคโนโลยีด้านนี้จะเติบโตควบคู่กับการเติบโตของปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งจะมีการใช้ควบคู่กันมากยิ่งขึ้น โดยปัญญาประดิษฐ์ จะใช้ข้อมูลในอดีตมาตัดสินใจอย่างอัตโนมัติ และหุ่นยนต์สามารถเก็บข้อมูลด้านผลผลิต การใช้สารเคมี ดิน สุขภาพสัตว์ หรือ สภาพพืช โดยสามารถเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น ดาวเทียม หรือ อินเตอร์เน็ท หรือ แหล่งข้อมูลอื่นๆ อีก เช่น ข้อมูลราคา อุปสงค์ และ อุปทาน หรือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา อย่างไรก็ตาม ในเรื่องการใช้หุ่นยนต์ในการเกษตรนี้มีความเป็นห่วงอยู่บ้างจากผู้บริโภคและสังคม ในด้านการแย่งงานจากคน การปฏิบัติการเกษตรที่ไม่เป็นธรรมชาติ และ ผลิตเชิงอุตสาหกรรมเท่านั้น (GHD and AgThentic, 2018)

เทคโนโลยีด้านการปรับปรุงพันธุ์ และ เทคโนโลยีชีวภาพ

การปรับปรุงพันธุกรรม ได้เป็นตัวจักรสำหรับการเพิ่มผลผลิตในอดีตที่ผ่านมาหลายทศวรรษ โดยนักปรับปรุงพันธุ์ได้มีวิธีการที่หลากหลายในกระบวนการเพิ่มผลผลิตจากพันธุกรรม ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นก็ขึ้นอยู่กับการวางแผนทดสอบในแปลง และ การใช้เครื่องจักรกล ความก้าวหน้าในการวิเคราะห์ข้อมูล และการใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดการข้อมูล ตั้งแต่ทศวรรษ 1960 ผลิตภาพของธัญพืชได้เพิ่ม 2-3 เท่าโดยไม่ต้องเพิ่มพื้นที่ปลูก ความก้าวหน้าทางเขตกรรมได้เป็นตัวจักรของความเจริญเติบโตเช่นกัน ในระยะหลังความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพ ทำให้การปรับปรุงพันธุ์มีความเปลี่ยนแปลงไปมาก เทคโนโลยีชีวภาพเป็นการประยุกต์ทางเทคโนโลยีที่ใช้ระบบชีววิทยา สิ่งมีชีวิต หรือ สารที่ได้จากสิ่งมีชีวิต เพื่อสร้างหรือปรับผลผลิต หรือ กระบวนการเพื่อการใช้ประโยชน์เฉพาะอย่าง ครอบคลุมเทคนิคชีววิทยาโมเลกุล รวมการใช้เครื่องหมายทางโมเลกุล หรือทรัพยากรทางพันธุกรรม (การอ่านลำดับดีเอ็นเอ หรือ การศึกษาลำดับอาร์เอ็นเอ การถอดรหัสโปรตีน และรูปแบบเมแทบอไลท์ หรือ การปรับเปลี่ยนพันธุกรรมโดยวิธีการต่างๆ) ซึ่งในปัจจุบัน การวิจัยด้านเทคโนโลยีชีวภาพ มีมูลค่าสูงมากทั้งในภาครัฐ และภาคเอกชน ดังนั้น การปฏิวัติเขียว (green revolution) ที่เกิดในช่วงปี 1960 จนถึงปัจจุบัน เป็นการเพิ่มผลผลิตแบบก้าวกระโดดผ่านทางการปรับปรุงพันธุ์แบบดั้งเดิม ซึ่งใช้การผสมพันธุ์ข้ามสายพันธุ์ แม้ว่ามีความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์แบบดั้งเดิมมากก็ตาม แต่ในยุคนี้และยุคต่อไป มีคนเรียกว่า เป็นยุคการปฏิวัติพันธุกรรม (gene revolution) เพราะลงลึกไปในระดับการเปลี่ยนโมเลกุลของพืชและสัตว์ ในทศวรรษหน้า นวัตกรรมทางเทคโนโลยีชีวภาพ และลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏให้เห็นโดยการควบคุมของยีน นวัตกรรมการวิเคราะห์ข้อมูล และ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จะทำให้อัตราการเพิ่มผลผลิตสูงขึ้นจากลักษณะสำคัญของยีน

สำหรับการตกแต่งยีน (genetic modification (GM)) นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าจะเป็นเทคโนโลยีเด่นในการปรับปรุงพันธุ์ โดยสามารถมีพันธุ์พืชและสัตว์ใหม่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ในทศวรรษที่ผ่านมา บริบทของกฎหมายและการยอมรับของชุมชนทำให้เทคโนโลยีนี้เกิดขึ้นในวงจำกัด ในด้านพืช มีพืชเช่น ฝ้าย ข้าวโพด คาโนล่า และ ถั่วเหลืองเท่านั้นที่สามารถเกิดพันธุ์ GM ใหม่ และ มีการยอมรับในวงกว้างและมีผลกระทบมากในวงการผลผลิตและตลาดพืชนั้นๆ แต่ก็จำกัดวงไว้เฉพาะการตกแต่งยีนเพื่อให้ทนต่อแมลงและยากำจัดวัชพืชเท่านั้น ภายในปี ค.ศ. 2018 มีเกษตรกรหลายสิบล้านคนใน 21 ประเทศกำลังพัฒนา และ 5 ประเทศที่พัฒนาแล้วปลูกพืชตัดแต่งยีนครอบคลุมพื้นที่ 191.7 ล้านแฮกแตร์ (ISAAA, 2018) ในทวีปเอเชีย มีการปลูกฝ้าย Bt ที่ประเทศอินเดีย และ จีน พบว่าในประเทศอินเดีย ผลประโยชน์ของการปลูกฝ้าย Bt ทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านยากำจัดแมลง มีผลผลิตมากขึ้น คุณภาพผลผลิตที่ดีขึ้น ผลประโยชน์ตกอยู่กับเกษตรกรยากจน ส่วนในทวีปแอฟริกา พืชตัดต่อยีน มีปลูกมากที่ประเทศอเมริกาใต้ ซึ่งปลูก ข้าวโพด Bt ฝ้าย Bt และถั่วเหลือง GM นอกนั้น ก็มีปลูกในประเทศเบอคินาฟาโซ และ อียิปต์ ส่วนในทวีปลาตินอเมริกา มีพื้นที่ปลูกพืชตัดต่อยีนมากเป็นอันดับสอง รองจากประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งปลูกพืชตกแต่งยีนมากถึง 75 ล้านแฮกแตร์ ได้แก่ ประเทศบราซิล อาเจนตินา ปารากวัย โดยปลูกถั่วเหลืองที่

ทนทานต่อยากำจัดวัชพืช Glyphosate มากกว่าพืชตกแต่งยีนอื่นๆ เป็นที่น่าสังเกตว่าพืชตกแต่งยีนเป็นสิทธิบัตรของบริษัทใหญ่ เช่น บริษัทมอนซานโต้ ที่วิจัยเรื่องถั่วเหลืองทนทานต่อยากำจัดวัชพืช Glyphosate และ ฝ้าย Bt ส่วนข้าวโพด Bt เป็นสิทธิบัตรของบริษัท Novartis และ Mycogen ซึ่งเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ได้รับการต่อต้านมากจากสาธารณชน (Raney and Matuschke, 2010) นอกจากนั้น ยังมีพืชตกแต่งยีนอื่นๆ ที่ได้รับอนุมัติให้ปลูกแล้วอีกหลายชนิด เช่น มันฝรั่ง ชูการ์บีท อัลฟัลฟ่า มะเขือเทศ ข้าวโพดหวาน มะละกอ มะเขือ แซฟฟาวร์ อ้อย และสับปะรดเป็นต้น (ISAAA, 2018) ทั้งเป็นการวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิต ลดการใช้ยากำจัดโรคและแมลง ลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ลดต้นทุน และ เสริมคุณค่าอาหาร การวิจัยต่างๆ ที่กำลังดำเนินอยู่ เช่น พันธุ์ข้าว Bt พันธุ์ข้าวโพด GM ทนแล้ง พันธุ์ข้าวเสริมเบต้าเคโรทีนและธาตุเหล็ก ถั่วเหลืองเสริมธาตุเหล็ก พันธุ์ถั่วพุ่ม GM กล้วย ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ แอปเปิ้ล ส้ม เป็นต้น ซึ่งดำเนินการทั้งในสถาบันวิจัยนานาชาติ สถาบันวิจัยในประเทศพัฒนาแล้ว เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และ ประเทศออสเตรเลีย และ ในบริษัทเอกชน (Kamthan, et al 2016, Raney and Matuschke, 2010)

ในด้านสัตว์ซึ่งเป็นอาหารที่สำคัญของมนุษย์ มีการปรับปรุงพันธุ์ปลาแซลมอน พันธุ์แอตแลนติก ที่ไปกระตุ้นการเติบโตของฮอร์โมนการเจริญเติบโต ทำให้มีการเติบโตในอัตราเร่ง ได้รับการรับรองให้ปลอดภัยสำหรับการบริโภคของคน ในสัตว์อื่นๆ มีการวิจัยเพื่อการผลิตผลผลิตจากสัตว์ ที่ทำให้ประชากรบางส่วนสามารถบริโภคผลผลิตจากสัตว์ได้ ซึ่งก่อนนั้นมีการแพ้อาหาร ดังนั้นจึงมีการทดสอบการตกแต่งพันธุกรรม หรือ เทคโนโลยีที่เรียกว่า CRISPR/Cas9 ในกรณีเนื้อสัตว์ เพื่อลด หรือ กำจัดสารที่เป็นสารแพ้ หรือ ในกรณีสัตว์ให้นมเพื่อปรับปรุงปริมาณสารอาหาร หรือ ลดสารแลคโทส หรือ การสร้างสารประกอบยาต้านจุลชีพในนม และ มีการวิจัยในด้านประมงเช่นกันที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมประมงโดยการเพิ่มผลิตภาพของปลาป่น โดยใช้เทคโนโลยีตกแต่งพันธุกรรม หรือ พันธุ์ลูกผสม เช่นกัน นอกจากนั้นนักวิทยาศาสตร์ก็มีความสนใจที่จะใช้เทคโนโลยีตกแต่งพันธุกรรมที่จะลดการกระจายโรคจากสัตว์สู่คนเช่นกัน (Langridge, 2019)

แม้ว่ามีศักยภาพมาก แต่ข้อจำกัดของเทคโนโลยีตกแต่งพันธุกรรมด้านการยอมรับของผู้บริโภค ไม่ได้เปลี่ยนไปมากในรอบ 20 ปี โดยมีความห่วงใยในผลกระทบต่อผู้บริโภค สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งความเป็นห่วงว่ามีความเสี่ยงที่อาจแก้ไขไม่ได้ ทำให้มีการออกกฎระเบียบการวิจัยและการใช้เทคโนโลยีนี้อย่างเข้มงวด ในช่วงกลางปีทศวรรษที่ 2000 ก็ได้มีการขยายการวิจัยที่ใช้เทคโนโลยีตกแต่งพันธุกรรมมาในขบวนการสังเคราะห์แสงในพืช โดยมีการวิจัยในข้าว โดย C4 Rice Consortium นำโดยนักวิจัยของมหาวิทยาลัยอ๊อกฟอร์ดแห่งสหราชอาณาจักร (Hibberd et al., 2008; Langdale, 2011, Kamthan et al 2016) ซึ่งไม่เพียงจะทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงดีขึ้นเท่านั้น แต่จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ประสิทธิภาพการใช้น้ำ และ การทนต่ออุณหภูมิที่สูงด้วย ดังนั้นศักยภาพของเทคโนโลยีตกแต่งพันธุกรรมยังขยายไปได้อีกมาก

แม้ไม่รวมเรื่องการตกแต่งพันธุกรรม ผลลัพท์ที่สำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพคือ ความก้าวหน้าในความเข้าใจของมนุษย์เกี่ยวกับโครงสร้างและบทบาทหน้าที่ของยีน เทคโนโลยีชีวภาพมีความก้าวหน้าในด้านการใช้เครื่องหมายทางโมเลกุล และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งนวัตกรรมด้านนี้ยังเติบโตต่อเนื่องจากความก้าวหน้าในองค์ความรู้เรื่องยีนและโครงสร้างของพันธุกรรม และความก้าวหน้าในการวิเคราะห์ดีเอ็นเอ ยกตัวอย่างเช่น วิธีการทางเทคโนโลยีชีวภาพด้านโมเลกุล เน้นการวิเคราะห์ DNA และ RNA มีศักยภาพในการวัดคุณสมบัติและกระบวนการของจุลินทรีย์ในดิน ที่มีความรวดเร็วกว่า ราคาถูกกว่า และได้ข้อมูลมากกว่าวิธีแบบเดิม สามารถให้ตัวชี้วัดใหม่ๆซึ่งใช้ทดแทนหรือ เสริมตัวชี้วัดคุณภาพดินด้านชีวภาพ และ ชีวเคมี ในการติดตามตรวจสอบปรกติ (Bünemann et al., 2018) และสามารถนำมาใช้ในการวิจัยการเกษตรในสาขาอื่นๆอีก โดยรวมๆ แล้วในทศวรรษหน้าเทคโนโลยีชีวภาพจะเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในการเกษตรอย่างยิ่งทีเดียว

ในส่วนการปรับปรุงพันธุ์แบบผสมพันธุ์นั้น ก็ได้มีความก้าวหน้าที่สำคัญด้วย โดยเฉพาะด้านไบโอเมตริกซึ่งเป็นงานด้านฐานข้อมูลทางพันธุกรรม ซึ่งสามารถมีการคำนวณที่รวดเร็วและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ทำให้มีการวางแผน การทดสอบ และการประเมินการทดสอบพันธุ์ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพกว่าเดิม นอกจากนั้นความก้าวหน้าทางวิทยาการใหม่ๆ ในวิธีการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่มองเห็นของสิ่งมีชีวิตซึ่งมีผลมาจากยีน และอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม (novel phenotyping methods) และการใช้เทคโนโลยีประกอบเกี่ยวกับกล้องถ่ายภาพแบบอินฟราเร็ด หรือแบบ thermal คุณภาพสูง หรือ โดรน หรือ หุ่นยนต์ไร้คนควบคุม เข้ามาสังเกต ถ่ายภาพ บันทึก เก็บข้อมูล ความชื้น แสง อัตราการเติบโต การดูดธาตุอาหาร หรือการเกิดเชื้อโรค หรือการใช้เทคโนโลยีเกี่ยวกับแสง เช่น การใช้แสง LED มาช่วยทำให้รอบการปลูกมีความสั้นลง และ ทำให้การทดสอบพันธุ์มีความรวดเร็วขึ้น เทคโนโลยีใหม่เหล่านี้จะทำให้การปรับปรุงพันธุ์ได้ข้อมูลมากขึ้น มีความรวดเร็ว เพิ่มความน่าเชื่อถือ มีประสิทธิภาพมากขึ้น และทำให้มีต้นทุนต่ำลง ทำให้การปรับปรุงพันธุ์แบบนี้มีบทบาทความสำคัญ มีความก้าวหน้า และ มีผลกระทบมาก ในทศวรรษหน้า โดยเฉพาะถ้าการตัดต่อยีนยังไม่เป็นที่ยอมรับในวงกว้าง (Langridge, 2019)

เทคโนโลยีนาโน

เทคโนโลยีนาโน เป็นเทคโนโลยีเกี่ยวกับวัสดุขนาดเล็กมาก ซึ่ง นาโนเมตร (nm) มีขนาด 1 ในพันล้านของ 1 เมตร วัสดุนาโนมีขนาด 100 nm เทคโนโลยีนี้ได้มีการพัฒนามากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงการแพทย์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และ การแปรรูปอาหาร และ มีศักยภาพในการใช้ในการเกษตรหลายเรื่อง เช่น การเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด หรือ อัตราการเติบโตของพืช การอารักขาพืช การลดของเสีย เพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิต หรือ ปรับปรุงคุณภาพอาหารและน้ำ โดยการขจัดแบคทีเรีย ไวรัส หรือ ยาฆ่าแมลงและโรค หรือผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ในประเทศออสเตรเลีย เทคโนโลยีนาโนมีใช้มากในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งมีมูลค่าเพิ่มจาก 7 พันล้านเหรียญ สหรัฐ ในปี ค.ศ. 2015 คาดการณ์ว่าจะเพิ่มเป็น 20 พันล้านเหรียญสหรัฐในปี ค.ศ. 2020 และพบว่ามีการใช้เทคโนโลยีนี้มากกว่า 150 ชนิดในอุตสาหกรรมอาหาร และ มีบริษัทยักษ์ใหญ่ของ

โลกเกี่ยวข้อง เช่น บริษัท Nestle, Kraft, Heinz และ Unilevel แต่ก็มีงานวิจัยหลายชิ้นกำลังดำเนินการในมหาวิทยาลัยด้วยเช่นกัน (GHD and AgThentic, 2018)

นักวิจัยหลายแห่งได้ใช้วัสดุนาโน เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยได้วัสดุมาจาก ทองคำ เหล็ก ทองแดง หรือ นิเคล ซึ่งความก้าวหน้าทางวิชาการซึ่งได้เพิ่มมากขึ้น ทำให้การประกอบกันของวัสดุเหล่านี้ทำได้ง่าย และสามารถผสมกับยากำจัดแมลงสำหรับพืช สามารถผสมเป็นปุ๋ย สำหรับเพิ่มการเติบโตของรากพืช และทำให้ยีนบางตัวมีความแสดงออกดีขึ้น มีการเคลือบสารนาโนแบบกินได้บางชนิดในการบรรจุภัณฑ์ของอาหารสดและอาหารแปรรูป ใยผ้านาโนนี้สามารถกันการเกิดจุลินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์อาหาร สิ่งเหล่านี้จะปฏิวัติอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารในอนาคต วัสดุนาโน แยกได้เป็น 4 ประเภทเพื่อการใช้งานที่แตกต่างกันคือ 1. วัสดุนาโนที่มีคาร์บอนเป็นหลัก เช่น หลอดนาโนคาร์บอน จุดนาโนคาร์บอน เพชรนาโน 2. วัสดุนาโนแบบมีโลหะเป็นหลัก เช่น ทองนาโน เงินนาโน และ เมททัลออกไซด์ 3. วัสดุนาโนประเภทโพลิเมอร์ และ 4. วัสดุนาโนผสม ในบรรดา 4 ประเภทนี้ วัสดุนาโน ประเภท เมททัลออกไซด์ และ วัสดุนาโนผสม จะมีใช้มาก เช่น ในการแพทย์ วงการยา และ biosensors การสร้าง biosensors ที่มี หลอดคาร์บอนนาโน (carbon nanotubes (CNTs)) จุดควอนตอม (quantum dots (QDs)) กราฟเฟน (graphenes) ทอง เงิน และ ซิลิกา หรือ วัสดุนาโนผสม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของสื่อเคมีไฟฟ้า สามารถใช้ในการตรวจจับแบคทีเรียที่อยู่ในเนื้อวัว วัสดุนาโนที่มีขนาดเล็ก สามารถมีปฏิกิริยากับจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย หรือ ไวรัส ได้ดี นอกจากนั้น โครงสร้างของวัสดุนาโน เช่น แผ่นนาโน เกล็ดนาโน หรือ ดอกไม้นาโน สามารถใช้ในการสร้าง biosensors เพราะจะให้มีความเสถียรภาพทางเคมีดีกว่าวัสดุอื่น (Kundu et al. 2019)

Neethirajan, Ragavan and Weng (2018) รายงานว่าการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีนาโน กับเทคโนโลยี biosensing สามารถทำให้การวิเคราะห์ด้าน การอารักขาพืชและสัตว์ ดีขึ้นกว่าการวิเคราะห์แบบเดิม ความก้าวหน้าในศาสตร์ทางเคมี วิศวกรรม และ ประดิษฐกรรม ทำให้เกิดงานวิจัยทางด้าน biosensor เพื่อการเกษตรที่มีประสิทธิภาพ วัสดุนาโน สามารถตรวจจับโรค และตรวจสุขภาพพืชและสัตว์ สามารถใช้ตรวจไวรัสไข้หวัดนก เช่น H5N1 H5N6 และ H7N9 ที่ระบาดในคนและสัตว์ได้ สามารถตรวจจับแบคทีเรีย E. coli ในแหล่งน้ำ หรือ ในสภาพแวดล้อมของสัตว์ สามารถใช้ตรวจไวรัส แบคทีเรีย และ เชื้อราในพืช biosensor แบบนาโน มีความไว ให้ผลเร็ว และ ต้นทุนต่ำ

เศรษฐกิจฐานชีวภาพที่ยั่งยืน (Sustainable bioeconomy)

เศรษฐกิจฐานชีวภาพที่ยั่งยืนเป็นการผลิตและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางชีววิทยา บนพื้นฐานขององค์ความรู้และกระบวนการใหม่ๆเพื่อให้มีสินค้าและบริการในระบบเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน มีวัตถุประสงค์ด้านความยั่งยืนเป็นหลัก เพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ของสหประชาชาติ (Bioeconomy Summit, 2015, p. 4) หนึ่งในความสนใจด้านนี้ คือการใช้พลังงานและวัสดุจากชีวภาพ แทนการใช้พลังงานและวัสดุจากพลังงานจากถ่านฟอสซิลซึ่งสร้างก๊าซคาร์บอนในบรรยากาศของโลกและเพิ่มภาวะโลกร้อน ยกตัวอย่างเช่น การใช้น้ำมันไบโอดีเซล ที่ผลิตจากปาล์มน้ำมัน ข้าวโพด หรือถั่วเหลือง มาผสมในน้ำมันปิโตรเลียม หรือ การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล คือ การผสมระหว่างน้ำมันเบนซินกับเอทานอล หรือเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 99.5% ไบโอดีเซล และแก๊สโซฮอลช่วยลดการพึ่งพาการน้ำเข้าปิโตรเลียมได้ ไบโอดีเซลยังไม่มีพิษ ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ และเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม แก๊สโซฮอล์เป็นพลังงานสะอาดเพื่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดควันดำ และช่วยลดปัญหาฝุ่นละอองจากท่อไอเสีย นอกจากนี้เอทานอลยังเป็นพลังงานทดแทนที่ผลิตจากพืชในประเทศ ช่วยประหยัดเงินตราต่างประเทศ ความสนใจเรื่องการลดก๊าชเรือนกระจกที่เป็นอันตรายต่อภูมิอากาศของโลกมีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การใช้พลังงานที่สะอาดและลดก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นกระแสที่จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

อย่างไรก็ตาม การผลิตผลผลิตทางเกษตรเพื่อการผลิตพลังงานนี้ แม้ว่าจะมีข้อดีหลายข้อ แต่ก็ปฏิเสธไม่ได้ว่า เป็นการแข่งขันทั้งเรื่องที่ดิน แรงงาน และทุน กับการผลิตอาหาร ซึ่งโลกก็ต้องการอาหารเพิ่มขึ้นเช่นกัน การคาดการณ์โมเดลในอนาคต พบว่า ถ้ามีการเพิ่มพืชพลังงาน โดยไม่มีมาตรการอื่นๆเสริม ในกรณีที่ไม่มีนวัตกรรมใหม่ด้านการเพิ่มผลิตภาพ และ ลดต้นทุนพลังงาน จะทำให้เกิดความหิวโหยในโลกมากขึ้น และมีผลกระทบต่อคนจนในโลกโดยตรง (Birner and Pray, 2017, Hasegawa et al., 2015) ดังนั้น การส่งเสริมเศรษฐกิจฐานชีวภาพไม่ใช้เพียงเพื่อการทดแทนทรัพยากรถ่านฟอสซิล ด้วยทรัพยากรชีวภาพโดยรวมเท่านั้น แต่เป็นการเลือกว่า ชีวมวลชนิดใดสามารถลดก๊าซเรือนกระจกอย่างมีศักยภาพและประสิทธิภาพกว่ากัน ในขณะเดียวกันอาจต้องหาแหล่งพลังงานอื่นที่ไม่ใช่พลังงานชีวภาพ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ หรือ พลังงานนิวเคลียร์ หรือจากของเสีย หรือ ขยะ เป็นต้น เพราะมีผลกระทบกับปริมาณอาหารในโลกน้อยกว่าผลผลิตทางเกษตร การศึกษาโมเดลผลกระทบของโลกร้อนหลายๆสถานการณ์ จะชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการลดการแข่งขันที่ดินกันระหว่างการผลิตอาหารและการผลิตพืชพลังงาน และความสำคัญของผลกระทบของกลยุทธการลดโลกร้อนต่อรายได้ของคนจน ด้วยเช่นกัน

ในกรณีของประเทศมาเลเซีย มีการวางแผนการผลิตเกษตรที่ต้องกระทำร่วมกับการวางแผนภาคการผลิตอื่นๆด้วย มีการวางกรอบที่เรียกว่า Biomass, energy, food, environment and water (BEFEW) Nexus คือต้องพิจารณาเรื่องชีวมวล พลังงาน อาหาร สิ่งแวดล้อม และ น้ำ ไปพร้อมๆกัน (Wan Ab Karim Ghani, et al ,

2019) ซึ่งต้องทำร่วมกับการวางแผนการเกษตรแบบชาญฉลาด ที่ต้องส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อการผลิตที่มีหลายวัตถุประสงค์

แนวโน้มที่สำคัญในงานด้านเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพคือ การเน้นการผลิตทางการเกษตรที่ยั่งยืน เช่น การติดฉลากความยั่งยืน หรือ การรับประกันสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจต้องมีการประเมินวัฏจักรชีวิต (life cycle assessments) โดยมีการระบุระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ การรับประกันว่า ไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอน หรือ เป็นมิตรด้านคาร์บอน เช่นตัวอย่างในกรณีสหกรณ์ Coopedota ในประเทศคอสตาริก้า ที่มีการรับประกันผลผลิตกาแฟโดยมาตรฐานระดับนานาชาติ กรณีนี้ ยังต้องการงานวิจัยการเกษตรอีกมากที่เกี่ยวกับการดูดซับคาร์บอนในการผลิตทางการเกษตรต่างๆ (Birkenberg, 2017)

นอกจากนั้น งานวิจัยด้านเศรษฐกิจฐานชีวภาพที่ยั่งยืน ยังรวมการวิจัยด้านอาหารทางเลือกหลายด้าน เช่น การผลิตโปรตีนเทียม หรือ เนื้อเทียม ซึ่งมาจากแหล่งอาหารอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น จากสาหร่าย จากแมลง จากพืช จากจุลินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งในทศวรรษหน้า จะมีความสำคัญเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากความสนใจที่เพิ่มขึ้นด้านสุขภาพและโภชนาการของประชากร ยกตัวอย่างเช่น การทำฟาร์มสาหร่าย มีงานวิจัยที่เสนอว่าอาจเป็นอนาคตของการผลผลิตอาหารที่ยั่งยืนและมีคุณภาพเพื่อเลี้ยงประชากรโลก โดยสาหร่ายทะเลมีโปรตีน วิตามิน กรมอะมิโน แร่ธาตุ และกรดไขมันไม่อิ่มตัว มีธาตุเหล็ก แคลเซี่ยม และแมกนีเซี่ยม ที่สมดุล และเหมาะสมที่จะเป็นอาหารของคน นอกจากนี้ สามารถมีการผลิตปริมาณมากตลอดปี โดยไม่มีมลพิษเจือปน ขณะนี้กำลังวิจัยและพัฒนาที่ประเทศอิสราเอล โดยมีการค้นคว้าพันธุ์สาหร่ายใหม่ๆที่เหมาะสม (Tal, 2018) หรือ กรณีงานวิจัยด้านจุลินทรีย์โปรไบโอติก และอาหารที่มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต แหนม จากฟาร์มประมงในประเทศจีน พบว่ามีงานวิจัยที่เข้มข้นและมีศักยภาพมากในการผลิตอาหารในอนาคต (Wang, et al, 2019) งานวิจัยด้านเกษตรในทศวรรษหน้าจึงต้องปรับตัวให้ทันความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการปรับปรุงพันธุ์ และ เทคโนโลยีชีวภาพ (Zilberman, et al, 2013)

เทคโนโลยีด้านการควบคุมชีวภาพ และการใช้สารชีวภัณฑ์ (Biocontrol and biostimulants)

เทคโนโลยีอีกด้านหนึ่งซึ่งมีศักยภาพในการเติบโตมากในทศวรรษหน้า คือ ด้านการใช้สารชีวภัณฑ์ต่างๆ เพื่อวัตถประสงค์การจัดการโรคพืช ศัตรูพืช และ การให้ปุ๋ยแก่พืช หรือ ในดิน เพราะการใช้สารเหล่านี้ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสารชีวภัณฑ์นี้ อาจรวมสาหร่ายทะเล สำหรับยากำจัดแมลง ใส้เดือน สารฆ่าจุลินทรีย์ และสำหรับเป็นปุ๋ยชีวภาพ หรือ สารกระตุ้นชีวภาพ หรือ สารชีวภัณฑ์ที่เหมาะสำหรับการผลิตการเกษตรอินทรีย์ (Hames, et al, 2018) การใช้แบคทีเรีย เชื้อรา หรือ จุลินทรีย์ จากพืชหรือสัตว์เพื่อการเกษตรและอาหารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเกษตรยั่งยืน อาจใช้ในหลากหลายชื่อ เช่น biofertilizers, biostimulants, bioinoculants, biopesticides, bioformulations โดยมีการทำหน้าที่บทบาทที่แตกต่างกัน บางทีเป็นตัวป้องกัน ควบคุม กำจัด (โรค แมลง วัชพืช) บางทีก็เป็นตัวกระตุ้น และตัวเสริม (เช่น ปุ๋ย ฮอร์โมน อาหารเสริม) ปัจจุบันมีการวิจัยที่มี

ศักยภาพมากมายในด้านนี้ (Arora and Mishra, 2016; Arthurs and Dara, 2019; Chowdhary et al. 2018; du Jardin, 2015) Gouda et al. (2018) กล่าวว่าการวิจัยด้าน PGPR (Plant growth promoting rhizobacteria) เป็นวิวัฒนาการระหว่างการทำงานของพืชและจุลินทรีย์ แสดงถึงการปฏิสัมพันธ์กันแบบเสริมกันหรือต้านกัน ระหว่างจุลินทรีย์และดิน การวิจัยด้านนี้ จะมีความก้าวหน้าที่ดีเมื่อใช้ควบคู่กับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น นานาเทคโนโลยี เทคโนโลยีชีวภาพทางเกษตร วิศวกรรมชีวภาพ หรือ วิทยาศาสตร์สาขาวัสดุศาสตร์ Hatting, Moore and Malan (2019) รายงานถึงความสำคัญด้านนี้ในประเทศแอฟริกาใต้ ซึ่งได้วางแผนยุทธศาสตร์เกี่ยวกับเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ และ การตั้งองค์กรชีวภัณฑ์แห่งประเทศแอฟริกาใต้ (South African Bioproducts Organisation (SABO)) มีการวางระเบียบกฏเกณฑ์เกี่ยวกับสารชีวภัณฑ์กำจัดโรคและแมลง

ปัญญาประดิษฐ์ การวิเคราะห์และเก็บรักษาข้อมูลขนาดใหญ่

การมีข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) และเทคโนโลยีการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) มีแนวโน้มที่จะมีบทบาทมากยิ่งขึ้นในการเกษตรในทศวรรษหน้า สืบเนื่องจากการเก็บข้อมูลระยะไกลมากขึ้น และศักยภาพการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพิ่มมากขึ้น ข้อมูลขนาดใหญ่เป็นฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากจนกระทั่งการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเดิมๆ ไม่เพียงพอแล้ว ส่วนปัญญาประดิษฐ์เป็นความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถ “เรียนรู้” ได้จากประสบการณ์การวิเคราะห์ข้อมูล และ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่นั้นได้เอง สามารถให้ผลลัพท์ที่ถูกสั่งการให้ทำได้เอง การใช้ประโยชน์ก็สามารถใช้ได้กับเรื่องง่ายๆในการเกษตร ไปจนถึงเรื่องที่ซับซ้อน ส่วนหนึ่งก็ได้อธิบายไปแล้วในเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเกษตรชาญฉลาด แต่เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ มีศักยภาพที่สามารถใช้ได้ในระดับที่สูงกว่าแปลงเป็นระดับการวางแผนระดับจังหวัด ภูมิภาค หรือ ประเทศ ปัญญาประดิษฐ์จะทำงานตามกฏเกณฑ์ หรือ คำสั่งที่สั่งไว้ก่อนล่วงหน้า สามารถจัดการกับข้อมูลใหญ่มหึมาที่มนุษย์ไม่สามารถจะจัดการหรือเข้าใจได้โดยง่าย เมื่อทำงานก็สามารถให้คำตอบต่างๆ ซึ่งสามารถช่วยในการตัดสินใจของผู้ใช้ที่เหมาะสม ซึ่งในอนาคต การเรียนรู้ศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในวงการศึกษาการเกษตร (GHD and AgThentic, 2018) ในปัจจุบันข้อมูลการผลิต ระบบการตรวจวัดด้านพืชและสัตว์ ข้อมูลการจัดการโรค แมลง และ วัชพืช ข้อมูลภูมิสารสนเทศข้อมูลตลาด ข้อมูลการบริโภคและผู้บริโภค ข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์ ก็มีการจัดเก็บมากมายอยู่แล้ว

สิ่งที่ต้องเติบโตคู่ขนานกันในเรื่องที่เกี่ยวข้องกันคือ เทคโนโลยีการเก็บข้อมูลในอินเตอร์เน็ต (cloud storage) เนื่องจากข้อมูลมีมากขึ้น การเก็บรักษาก็จะยากขึ้น วิธีการเก็บรักษาที่เป็นที่นิยมในขณะนี้และในอนาคตคือ การเก็บรักษาข้อมูลในระบบอินเตอร์เน็ต ข้อมูลจะมีค่ามากยิ่งขึ้น และ การได้ข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ดีและ รวดเร็ว จะเป็นกุญแจสำคัญต่อการประสบความสำเร็จในธุรกิจการเกษตร ในขณะเดียวกัน การออกกฎระเบียบเกี่ยวกับความเป็นส่วนตัว ความลับทางการค้า ความปลอดภัยของการเก็บรักษาข้อมูล และการใช้ประโยชน์ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากยิ่งขึ้น

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงาน LED (light emitting diode)

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีที่สะอาด การใช้เทคโนโลยีนี้จะช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรอื่นของโลก ช่วยภาวการณ์เปลี่ยนแปลงบรรยากาศของโลก และจะมีความต้องการการใช้เทคโนโลยีนี้เพื่อสร้างพลังงานสะอาดในโลกมากขึ้นเรื่อยๆ และในปัจจุบันมีต้นทุนที่ต่ำลงมาก พลังงานที่ได้สามารถใช้ได้ในทุกอุตสาหกรรมรวมทั้งภาคเกษตรด้วย แต่การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ต้องมีอุปกรณ์สร้าง ที่เรียกว่าระบบ photovoltaic หรือเรียกย่อๆ ว่า PV ในด้านที่เกี่ยวเนื่องกับภาคเกษตร อาจมีการช่วยภาคเกษตรในด้านพลังงาน สามารถใช้ในการให้น้ำชลประทาน หรือ ในห้องเย็นเก็บผลผลิตทางการเกษตร ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้าไม่เสถียร ถ้ามีการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่เกษตรของเกษตรกร เกษตรกรสามารถผลิตพืชที่ 3 ในแปลงปลูกได้ เกษตรกรสามารถใช้ปั้มน้ำพลังแสงอาทิตย์ในการสูบน้ำ สามารถเพิ่มรายได้ และประกันการสูญเสียของพืชจากการขาดน้ำ นอกจากนั้นเกษตรกรสามารถขายพลังงานที่ตนผลิตได้เกินความต้องการ สร้างรายได้ให้ครอบครัวด้วย ซึ่งในประเทศอินเดียและบางประเทศในทวีปแอฟริกา ก็มีการทดลองใช้ระบบเหล่านี้ในภาคเกษตรและได้ผลดี แต่ต้นทุนการติดตั้งระบบในครั้งแรกอาจสูงกว่าที่เกษตรกรสามารถลงทุนได้ ซึ่งอาจต้องการการสนับสนุนจากภาครัฐหรือภาคเอกชนในช่วงแรก บทเรียนต่างๆ ที่จะใช้สำหรับประเทศกำลังพัฒนาสำหรับภาคเกษตร สามารถดูได้จากประสบการณ์ของประเทศเยอรมัน ซึ่งปัจจุบันเป็นผู้นำเกี่ยวกับเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (Ganguly, Gulati and von Braun, 2017)

ในปัจจุบันก็มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่จะเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ได้สะดวกมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น SolarWall® เป็นผลิตภัณฑ์ผนังและหลังคาเพื่อให้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในภาคธุรกิจเกษตร เช่น การตากผลผลิตเกษตร และการแปรรูปผลผลิตเกษตรทางพืชและสัตว์ (Braga, 2016) อย่างไรก็ตาม ในบางประเทศ การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์อาจแข่งขันกับการใช้พื้นที่การเกษตรได้ (Dias et al., 2019) ในอนาคตเมื่อมีการทำการเกษตรชาญฉลาดที่มีการใช้ระบบอินเตอร์เน็ต ระบบคอมพิวเตอร์ ระบบเครื่องยนต์อัตโนมัติ และระบบติดตามระยะไกลต่างๆ ต้องมีการใช้พลังงานมากซึ่งอาจมีพลังงาน ในแหล่งดั้งเดิม เช่น ไฟฟ้า แบตเตอรี หรือน้ำมันดีเซล ไม่เพียงพอ ทำให้มีนักวิจัยกำลังคิดระบบที่ใช้กับพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเป็นส่วนหนึ่งของระบบเกษตรชาญฉลาด ซึ่งเป็นแนวโน้มของงานวิจัยการเกษตรชาญฉลาดในปัจจุบันและอนาคต (Sharma, Haque and Jaffery, 2019)

นอกจากพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว การใช้พลังงาน LED ยังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในอนาคต แสงแบบ LED ได้รับการพัฒนาโดยนักวิจัยชาวอเมริกัน ซึ่งทำงานอยู่ในบริษัท General Electric (GE) ซึ่งเริ่มมีเทคโนโลยีนี้ใช้ในการค้า ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1962 จากนั้นก็ได้รับความแพร่หลายมากทั่วโลก และในการเกษตร การให้แสงแบบ LED จะให้แสงที่เย็นและมีประสิทธิภาพมากกว่าแสงแบบ HPS (high-pressure sodium) ที่ใช้อยู่เดิมในเรือนกระจก จะมีบทบาทอย่างมากในการผลิตพืชในเรือนกระจกในอนาคต Kellner (2014) พบว่าแสงแบบ LED ให้

ประสิทธิภาพสูงกว่าร้อยละ 50 คือ สามารถเปลี่ยนพลังงานร้อยละ 50 เป็นพลังงานที่พืชใช้ได้ เทียบกับระดับร้อยละ 30 ของแสงแบบ HPS ทำให้ลดต้นทุนด้านพลังงานอย่างมาก และปัจจุบันใช้กันมากในประเทศเนเธอแลนด์ โดยสามารถเพิ่มผลผลิต เพิ่มคุณภาพการผลิต และลดต้นทุน และในประเทศญี่ปุ่น การผลิตผักไฮโดรโปรนิค เป็นการผลิตที่ใช้แสงอาทิตย์เทียมอาศัยแสงแบบ LED การผลิตในเรือนกระจกมีผลผลิตและผลิตภาพทีสูงกว่าการผลิตที่ใช้ดินถึง 50 เท่า การผลิตผักสลัดในเรือนกระจกสามารถเติบโตเร็วกว่าการผลิตในสภาพข้างนอก 2-3 เท่า นวัตกรรมด้านนี้มีศักยภาพที่สูงมากในการผลิตการเกษตรที่ยั่งยืนในประเทศที่มีรายได้ไม่สูง โดยผลิตตามประเทศที่พัฒนาแล้วที่ประสบความสำเร็จมาก่อน (Ganguly, Gulati and von Braun, 2017)

เทคโนโลยี 3D printing

เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ เป็นเครื่องพิมพ์ที่เชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์ สามารถพิมพ์สิ่งของใดๆในรูปแบบใดๆก็ได้แบบมีรูปทรง 3 มิติ โดยวัสดุที่นำมาใช้สามารถป็นวัสดุใดๆก็ได้ มีการออกแบบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนั้นวัตถุที่สามารถพิมพ์ออกมาจึงมีรูปทรงที่มีความยืดหยุ่น สามารถสร้างแบบพิมพ์ได้ง่าย โดยมีการพิมพ์เป็นชั้นๆ มีศักยภาพในการสร้างตัวแบบที่รวดเร็ว ราคาถูก และสามารถสร้างเพื่อใช้ได้ในอุตสาหกรรมขนาดย่อม โดยเป็นการสร้างในท้องถิ่นได้ ส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมท้องถิ่น หรือ โปรแกรมการศึกษาในท้องถิ่นได้ ในช่วงแรกใช้ในอุตสาหกรรม แต่ช่วงต่อมา นำมาใช้ได้ในอุตสาหกรรมอาหาร และ การเกษตรได้ โดยอาจใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อาหาร หรือ เครื่องมือเครื่องจักรทางเกษตร หรืออาหลั่ยเครื่องจักรทางการเกษตรได้(GHD and AgThentic, 2018) เทคโนโลยีนี้ในอนาคตจะช่วยการออกแบบผลิตภัณฑ์ในวงการเกษตรให้มีความทันสมัย ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น เชื่อมโยงวงการเกษตร กับสถาปัตยกรรม และวิศวกรรม โดยนำไปสู่การสร้างเครื่องจักรและวัสดุทางการเกษตรที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แล้วสามารถผลิตผลผลิตใหม่ๆออกมาป้อนตลาด ตอนนี้ก็มีการใช้ในวงการอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารมากขึ้นแล้ว

เทคโนโลยี Block Chain

เทคโนโลยีบล็อกเชน เป็นระบบบัญชีแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูล ถูกสร้างขึ้นมาโดย บริษัท Bitcoin ซึ่งเป็นระบบเงินสกุล ที่เรียกว่า cryptocurrency ซึ่งมีสกุลเงินตราแลกเปลี่ยนทางอินเตอร์เน็ท บล็อกเชน ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลที่หลากหลาย เรียกว่า nodes เพื่อเก็บ พิมพ์ แบ่งปัน หรือ ประสานธุรกรรมโดยการเก็บบัญชีทางอิเล็กโทรนิค แทนที่การเก็บบัญชีไว้แบบเดิม เช่น ในธนาคารเป็นต้น ในกรณีนี้เฉพาะบุคคลที่เกี่ยวข้อง (เช่น เกษตรกร ผู้แปรรูป ผู้บริโภค หรือ นักพัฒนา) เป็นเจ้าของข้อมูล และ สามารถเพิ่มรายการและยืนยันข้อมูลในบัญชีได้ ในระบบนี้ ผู้อื่นไม่สามารถแก้ไขบัญชีได้ และ ระบบบัญชีจะเป็นปัจจุบันพร้อมๆกันหมด เป็นการลงข้อมูลในบัญชีระบบใหม่ที่เป็นโมเดลใหม่ ที่มีความโปร่งใส ตรวจสอบได้ และ มีความ

น่าเชื่อถือ พบว่าระบบนี้ สามารถใช้ในการจัดการข้อมูลในระบบเศรษฐกิจได้ โดยเฉพาะในภาคเกษตร ระบบนี้สามารถให้ทางเลือกในการทำบัญชีที่เดิม มีราคาแพง ไม่มีประสิทธิภาพ และรวมศูนย์ ให้ดีขึ้นได้ ในภาคเกษตรเทคโนโลยีนี้สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ Internet of things เช่น ระบบติดตาม (sensors) หรือ เครื่องถ่ายสำเนา (scanners) ซึ่งทำให้ขจัดความผิดพลาดจากการพิมพ์ข้อมูลโดยคนเข้าในระบบบัญชี การใช้หลักของระบบนี้ในการเกษตร เช่น การลดคนกลาง การติดตามผลผลิต (เพื่อรักษาความปลอดภัยของผลผลิต) เทคโนโลยีบล็อกเชนสามารถให้แรงจูงใจในทางการเงิน ให้กับการเขตกรรมการเกษตรที่ปลอดภัยต่อระบบนิเวศ และการปฏิบัติการผลิตที่มีผลดีต่อเศรษฐกิจ ผู้บริโภคในอนาคตมักต้องการรู้ว่าอาหารของเขาถูกส่งมาจากไหน และ มีการผลผลิตและการขนส่งอย่างไร เทคโนโลยีบล็อกเชน สามารถให้ข้อมูลแก่ผู้เกี่ยวข้องเกี่ยวกับห่วงโซ่อุปทาน รายละเอียดเกี่ยวกับธุรกรรม คุณภาพผลผลิต ความปลอดภัยของผลผลิต และ การปฏิบัติตามกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง ให้ความโปร่งใส การรักษามาตรฐานของยี่ห้อผลผลิต ลดการฉ้อฉลในด้านการผลิตอาหาร การเรียกคืนผลผลิต การหาผู้รับผิดชอบเมื่อเกิดความเสียหาย นอกจากนั้น ผู้ผลิตสามารถสร้างกระบวนการผลิตที่แตกต่างและมีราคาต่างจากผู้ผลิตอื่นโดยการใช้เทคโนโลยีนี้ เป็นต้น ในปี ค.ศ. 2017 ตลาดเทคโนโลยีบล็อกเชนมีขนาด $700 ล้านเหรียญสหรัฐแล้ว และคาดว่าจะสูงถึง $60 พันล้านเหรียญสหรัฐภายในปี ค.ศ. 2024 ในปัจจุบันการติดตามผลผลิตเป็นเรื่องแพร่หลายแล้ว ไม่เฉพาะในการเกษตร แต่ในวงการอื่นๆด้วย เช่น อุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ ร้านค้าปลีกส่งต่างๆ (GHD and AgThentic, 2018)

จากการบรรยายความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกษตรต่างๆ ซึ่งมีมากมายดังข้างต้นแล้ว สามารถจะแบ่งหมวดหมู่เทคโนโลยีทางการเกษตรใหม่ได้เป็น 5 หมวด คือหมวดที่เกี่ยวเนื่องกับเครื่องจักรกล หมวดเทคโนโลยีชีวภาพ หมวดนาโนเทคโนโลยี หมวดเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และหมวดเศรษฐกิจฐานชีวภาพ การแบ่งหมวดนี้ก็อาจมีส่วนที่คาบเกี่ยวกันได้ เนื่องจากนวัตกรรมบางด้านจะต้องใช้เทคโนโลยีหลายด้านประกอบกัน ในขณะเดียวกันเทคโนโลยีบางด้านก็อาจไม่ได้อยู่ในหมวดเดียวกันที่ชัดเจนแต่มีความเกี่ยวเนื่องกัน เช่น เทคโนโลยีแสง และแสงอาทิตย์ ที่ได้ถูกจัดไว้ในหมวดเศรษฐกิจฐานชีวภาพ เนื่องจากเกี่ยวเนื่องกันเรื่องประเด็นความยั่งยืน ดังแสดงในตารางที่ 1 และในตารางนี้จะได้ประเมินผลประโยชน์จากเทคโนโลยีต่างๆเหล่านี้ในเบื้องต้น ซึ่งผลประโยชน์อาจแบ่งเป็น การประหยัดแรงงาน การประหยัดจากขนาด การประหยัดเงินทุน การเพิ่มผลผลิต การเพิ่มคุณภาพผลผลิต และ ความยั่งยืน การประเมินผลประโยชน์ก็เป็นการคาดการณ์อย่างคร่าวโดยผู้เขียนเอง เนื่องจากในแต่ละเรื่องก็มีรายละเอียดมากมายและผลประโยชน์อาจเจาะจงเฉพาะเรื่อง โดยทั่วไปแล้ว เทคโนโลยีหมวดเศรษฐกิจฐานชีวภาพ มีผลประโยชน์ด้านความยั่งยืนมากกว่าด้านคุณภาพผลผลิต หรือการเพิ่มผลผลิต ในขณะที่เทคโนโลยีหมวดเครื่องจักรกล มีผลประโยชน์ด้านประหยัดแรงงาน ประหยัดขนาด และเพิ่มผลผลิต หรือคุณภาพผลผลิต มากกว่าการประหยัดทุน หรือ ความยั่งยืน เทคโนโลยีชีวภาพมีผลประโยชน์ด้านประหยัดแรงงาน เพิ่มผลผลิต และคุณภาพผลผลิต มากกว่าด้านประหยัดทุน หรือ ความยั่งยืน เทคโนโลยีหมวดสารสนเทศและการสื่อสารมีผลประโยชนในด้านการประหยัดแรงงาน ประหยัดขนาด และเพิ่มผลผลิต

มากกว่าการประหยัดทุน เพราะมักต้องมีการลงทุนมาก และไม่ได้เน้นผลประโยชน์ด้านความยั่งยืนแม้ว่าบางเทคโนโลยีก็สามารถใช้ประโยชน์ด้านความยั่งยืนได้ก็ตาม ในขณะที่เทคโนโลยีในหมวดนาโนเทคโนโลยีมีผลประโยชน์เกือบทุกด้าน แต่ไม่ได้มีผลประโยชน์ด้านประหยัดขนาดที่ชัดเจน

ตารางที่ 1 สรุปเทคโนโลยีการเกษตรในทศวรรษหน้าและผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

Technology	Expected benefit of technology					
	Labor saving	Economy of Scale	Capital saving	Yield improvement	Product quality	Sustainability
I. Machine based technology						
-Unmanned tractors	xx	xx		xx	xx	
-Drones, UAVs	xx	xx		xx	xx	
-Automation	xx			xx	xx	
-Biosensors	xx		xx	xx	xx	xx
-Climate-related sensors	xx	xx	xx	xx		xx
-Precision agriculture (SSWM, automation, animal feeding, disease monitoring)	xx	xx	xx	xx	xx	xx
-3 D printing	xx		xx	xx	xx	
II.Biotechnology						
-Genetic engineering	X	xx	xx	xx	xx	xx
--DNA, RNA	x			xx	xx	
- Novel phenotyping	x			xx	xx	
III.Nanotechnology						
Nanatechnology	Xx		xx	xx	xx	xx
IV. Information and Communication Technology						
-GIS, GPS	Xx	xx		x		xx
-Satellite image, remote sensing	xx	xx		x		xx
-Artificial intelligence	xx	xx	xx	xx		
-Big data	xx	xx	xx	x		x
-Cloud storage			xx	xx		
-Smart phones	x		xx	xx	xx	
-Software applications	x		xx	xx	xx	
-Block chain	xx	xx	xx	x	x	
-Farm planning, e-commerce, e-logistics and supply chain, e-services	x	x	xx	xx	xx	xx
V. Bioeconomy						
-Biofuel			xx	x		xx
-Solar energy	xx	xx	xx	x	xx	xx
-LED			xx	xx		xx
-Biomass related	xx			x		xx
-Climate change-related	xx					xx
-Microbial-related			xx	xx	xx	xx
-Biocontrol and biostimulants	xx		xx	xx	xx	xx

นอกจากนี้ เพื่อเป็นการลำดับเหตุการณ์ที่สำคัญๆในด้านเทคโนโลยีเกษตร ทำให้เห็นภาพของระยะเวลาการเกิดเทคโนโลยีเหล่านี้ให้ชัดขึ้น ตารางที่ 2 จะลำดับเหตุการณ์สำคัญแบ่งตามหมวดเทคโนโลยี 5 ด้าน จะเห็นว่านับจากการปฏิวัติเขียวที่เกิดในช่วงปี ค.ศ. 1965-1990 โดยมีศูนย์วิจัยการเกษตรนานาชาติในกลุ่ม CGIAR เป็นหัวหอกนั้น เทคโนโลยีการเกษตรใหม่ๆ นั้น เกิดขึ้นมากตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา เช่น การเกิดโครงการ UAVs, drones ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2002 การตัดต่อพันธุกรรม ราวต้นปี ค.ศ. 2000 โครงการอินเตอร์เน็ทระดับหมู่บ้านปี ค.ศ. 2000 โครงการพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรราว ปี ค.ศ. 2004-2007 จากนั้น ก็มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทุกๆด้านในช่วงปี ค.ศ. 2015-2020 ทั้งในด้านการใช้หุ่นยนต์เพื่อการเกษตร เทคโนโลยีชีวภาพเพื่ออาหาร โภชนาการ และการเกษตร เทคโนโลยีนาโน ผสมผสานกับ เทคโนโลยีด้าน sensors การใช้ Big data และปัญญาประดิษฐ์ เพื่อยกระดับการเก็บข้อมูล การเก็บรักษา การโอนถ่าย และการวิเคราะห์ข้อมูลการเกษตร และการผลิตทางการเกษตรใหม่ๆ เช่น aeroponics aquaponics การเกษตรแนวตั้ง หรือ การเกษตรในเมือง เป็นต้น สถานการณ์โรคไวรัสโควิด-19 ที่เกิดในปี ค.ศ 2019-2020 เป็นจุดเปลี่ยนจุดหนึ่งที่ทำให้ การใช้อินเตอร์เน็ตขยายตัวแบบก้าวกระโดดในทุกวงการรวมทั้งในการเกษตรด้วย ดังนั้นในทศวรรษหน้า (ค.ศ. 2030) หรือ ก่อนปี ค.ศ. 2040-2050 ที่จะถึงนี้จะต้องเป็นยุคที่เรียกว่า digitization of agriculture คือ ยุคดิจิทัลของการเกษตรอย่างแน่นอน

ตารางที่ 2 เหตุการณ์สำคัญด้านเทคโนโลยีเกษตร

ปี ค.ศ.	คำอธิบาย	อ้างอิง
	Context	
2007	Global food crisis	
2010	World’s population had increased to 6.9 billion persons	Pardey et al. (2014)
2019	Global pandemic COVID-19	
2050	Number of people on the planet is expected to grow to 9.6 billion	Pardey et al. (2014)
	Green revolution	
1960	การสร้างศูนย์วิจัยข้าวนานาชาติในกลุ่มสถาบันวิจัยเกษตรนานาชาติกลุ่ม CGIAR	https://www.cgiar.org/research/center/irri/
1970	Borlaug from CIMMYT received the Nobel Peach Price for his contribution to the Green Revolution	https://www.cimmyt.org/about/our-history/
1965-90	Breeding of high yielding varieties (HYV) of wheat, rice and other staple crops transformed world food security situations	Ganguly, Gulati and von Braun (2017)
	Machine-based	
2002	A joint research project between NASA, the New Mexico State University and AeroVironment, Inc. explored UAV. The image collection platform used was the lightweight, solar-powered, flying wing. Remote pilots based over 25 km away on the real time imaging from on-board cameras to position the UAV	Sylvester, Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union (2018)
2016	World agriculture drone market worth USD 32.4 billion	Sylvester, Food and Agriculture

ตารางที่ 2 เหตุการณ์สำคัญด้านเทคโนโลยีเกษตร

ปี ค.ศ.	คำอธิบาย	อ้างอิง
		Organization of the United Nations and International Telecommunication Union (2018)
2017	UAVs and droned for crop monitoring, mapping, fertilizing and spraying. UAVs could be used in order to detect abnormalities and identify potential problems.	Psirofonia et al (2017) Talaviya et al. (2020)
2018	Telerobotic navigation and target selection for targeted spraying using robots.	Talaviya et al. (2020)
Biotechnology		
1996	Bt cotton and GM soybean commercialized by Monsanto	Roller and Harlander (1998)
1998	Bt maize commercialized by Novartis and Mycogen	Raney and Matuschke (2010)
1998	Development of papaya ringspot virus (PRSV)	Kamthan et al (2016), Langridge, (2019)
2008	C4 pathway with higher-capacity photosynthetic in crops	
2013	CRISPR/Cas technology	
2015	More than half the world's population, about 60 percent or nearly 4 billion people, live in the 28 countries which planted biotech crops in 2015	James (2015).
2016	HarvestPlus estimated that approximately 20 million people in four million farming households in HarvestPlus target countries were growing and consuming biofortified crops	Bouis and Saltzman (2017)
Nanotechnology		
2002	Biodegradable thermoplastic starch (TPS). Good tensile strength and lowered water permeability	Park, et al (2002); Duhan et al. (2017)
2007	Nanobiosensors to control fertilizers, herbicide, pesticide, insecticide, moisture and soil pH. Precision farming, with the aid of smart sensors, could enhance productivity as this technology ensures better fertilization management, reduced input cost and environment safety.	Duhan et al. (2017)
2012-2015	Nano-sized nutrients Enhancement of nutrients absorption by plants and the delivery of nutrients to specific sites Boost in growth and antioxidants in tomatoes, nanocapsules	Raliya, et al (2015), Milani et al (2015), Duhan et al. (2017)
Information and communication		
2000	An ICT project on 6,100 village level internet kiosks in India managed by farmers. allowing the village community to access information related to weather, market prices in their local language, facilitate the sale of farm inputs and purchase farm produce from the farmers' doorsteps. The services reach out to over 4 million farmers in India in over 35,000 villages across 10 states -	Ganguly, Gulati and von Braun (2017)
2007	AI-based equipment and machines has enhanced crop production and improved real-time monitoring, harvesting, processing and marketing	Talaviya et al. (2020) Lezoche et al. (2020)

ตารางที่ 2 เหตุการณ์สำคัญด้านเทคโนโลยีเกษตร

ปี ค.ศ.	คำอธิบาย	อ้างอิง
2012	International Rice Research Institute (IRRI) together with a private partner, sarmap, initiated a project titled “Remote Sensing Based Information and Insurance for Crops in Emerging Economies (RIICE)”.	Sylvester, Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union (2018)
2014	In Europe, much work to realize an open infrastructure for data exchange and collaboration was done within IoT services, security and Big Data Analysis called FIWARE. The SmartAgriFood proposed a conceptual architecture for Future Internet applications for the agri-food domain based on these FIWARE GEs to ensure Security, Privacy and Trust in business collaboration and an Operating Environment and Software Development	Wolfert et al. (2014); Wolfert, et al. (2017)
2014	Big data application (Data capture, storage, transfer, transformation, analytics, and marketing	Wolfert et al. (2017)
2015	Remote sensing-based assessment was done to quantify the impact of the 2015 and 2016 El-Niño rice production in the Philippines, Viet Nam, Cambodia, drought in India linking it to insurance claims.	European Space Agency (2017)
	Bioeconomy	
1962	บริษัท GE พัฒนาหลอดไฟ LED	Ganguly, Gulati and von Braun (2017)
2004	Experiments are on in Gujarat, India where solar panels are arranged like a chess board with gaps and at about 15 feet above the field to allow sufficient sunlight for crops. This design known as solar sharing was first adopted in Japan, introduced by Akira Nagashima	Ganguly, Gulati and von Braun (2017)
2007	Solar rural electrification in Ghana	Obeng et al (2008)
2010	Innovative urban agriculture (IUA).	Armanda, Guinée and Tukker (2019)
2011	An estimated 133 million tonnes of maize was used in biofuels production	Pardey et al. (2014)
2015	Plant biostimulants	du Jardin (2015)
2017	Aquaponic, aeroponic technology, vertical farming	Armanda, Guinée and Tukker (2019)

ในด้านความพร้อมของผู้ใช้นั้น Maciejczak and Faltmann (2018) ได้ประเมินความพร้อมของเทคโนโลยีใหม่ทั้งทางพืชและสัตว์ทางเกษตรชาญฉลาด สำหรับปี ค.ศ. 2025 ในประเทศเยอรมันและโปแลนด์ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญทางเกษตรและวิธี Real-Time Delphi ได้ระบุ ความพร้อมของเทคโนโลยี เกษตรชาญฉลาด 10 เรื่อง ในด้านเทคนิค และ ความพร้อมของตลาด พบว่าในนวัตกรรม 10 เรื่องนี้ มีความพร้อมที่ไม่เท่ากัน โดยความพร้อมทางเทคนิค และ ความพร้อมทางการตลาดมักไปด้วยกัน นวัตกรรมที่มีความพร้อมทั้งทางเทคนิค และ การ

ยอมรับของตลาดมากที่สุด 5 เรื่อง คือ 1. การใช้แทรกเตอร์ติดระบบติดตามระยะไกล (sensors) เพื่อเก็บข้อมูลระดับไนโตรเจนในดินเพื่อการควบคุมการใช้ปุ๋ย 2. การใช้ drones วิเคราะห์ระดับคลอรอฟิลในพืชเพื่อการใช้ปุ๋ยและยากำจัดโรคพืชที่แม่นยำ 3. การใช้ระบบนำทางอัตโนมัติ (guidance system) เพื่อเก็บข้อมูลในพื้นที่เพื่อให้เห็นภาพรวมการทำงานทั้งในด้านปัจจัยการผลิตและผลผลิต 4. การใช้เครื่องมือทันสมัยต่างๆ เช่น เครื่องติดตัวสัตว์แบบอิเล็คโทรนิคที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่และสุขภาพสัตว์ และ 5. การใช้ซอฟท์แวร์ตามเวลาจริง (real time) ที่จะเก็บข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับสัตว์ เช่น พฤติกรรมการบริโภคอาหารของสัตว์ ส่วนนวัตกรรมอีก 5 เรื่องนั้นยังไม่พร้อมในด้านเทคนิค และ การยอมรับของตลาดนัก แม้ว่าจะมีศักยภาพที่ดี คือเรื่อง 1. การมีระบบติดตามระยะไกลในด้านการปลูกพืช ที่มีราคาถูกกว่าการใช้ SIM Cards ของโทรศัพท์ 2. การใช้เทคโนโลยีนาโนเพื่อการควบคุมโรคในการปลูกพืช 3. การใช้นาโนเทคโนโลยีในการวิเคราะห์และรักษาโรคในสัตว์ 4. การใช้ระบบติดตามระยะไกลที่จะติดตามและควบคุมตัวแปรเกี่ยวกับการย่อยอาหารและความเป็นอยู่ของสัตว์ 5. การใช้แทรกเตอร์แบบอัตโนมัติเพื่อการลดต้นทุนด้านแรงงาน และ การทำงานที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามโดยรวมพบว่า ในขณะที่ฟาร์มขนาดใหญ่สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีใหม่ แต่ฟาร์มขนาดเล็กยังไม่ได้รับประโยชน์และต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีให้เหมาะสมมากขึ้นต่อไป เช่นเดียวกัน Takács-György, Lencsés and Takács (2013) ซึ่งพบว่า แม้ว่าการเกษตรแม่นยำในด้านการควบคุมวัชพืชมีศักยภาพเพิ่มผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่เห็นชัดในประเทศฮังการี แต่เป็นฟาร์มขนาดใหญ่ที่ยอมรับเทคโนโลยีนี้ ดังนั้นยังมีข้อจำกัดอยู่ในการใช้เทคโนโลยีนี้สำหรับฟาร์มขนาดเล็ก

Tikas and Akhilesh (2020) กล่าวว่า การใช้เทคโนโลยีใหม่ในการเกษตร ที่มีฐานจากการใช้อินเตอร์เน็ต แม้ว่าจะมีศักยภาพมากและมีข้อดีมาก แต่ข้อจำกัดคือ การพึ่งพาเครื่องจักร การทำงานแบบอัตโนมัติ การลดความสำคัญของการตัดสินใจของเกษตรกรลง และ ความกลัวที่เกษตรกรจะถูกแย่งงานโดยเครื่องจักร การยอมรับเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่เหล่านี้คงไม่สามารถสำเร็จได้ ถ้าไม่มีการปรับเข้ากับการเกษตรแบบเดิมด้วย และต้องมีส่วนร่วมโดยทุกฝ่าย ความสำเร็จของการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ ขึ้นอยู่ว่าจะเดินไปควบคู่กับเทคโนโลยีดั้งเดิมได้อย่างไร โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา เปรียบเสมือนการเต้นแท็งโก ถ้าจะเต้นรำสำเร็จได้ ต้องมีส่วนร่วมของ 2 ฝ่าย แม้จะมีผู้นำและผู้ตาม โดยอาจให้เทคโนโลยีใหม่เป็นผู้นำ แล้วให้เทคโนโลยีดั้งเดิมเป็นผู้ตาม

4. แนวโน้มของการผลิต การตลาดสินค้าเกษตรระดับนานาชาติ

FAO รายงานว่า การขับเคลื่อนในการเกษตรที่สำคัญในอนาคตจะขึ้นอยู่กับตัวแปรด้านประชากรและรายได้เป็นหลัก แม้ว่าในหลายๆประเทศจะมีความยากจนและความหิวโหยน้อยลง แต่หลายประเทศยังจะมีปัญหาเหล่านี้ เนื่องจากยังมีการเพิ่มของประชากรมากอยู่ในขณะที่รายได้ ไม่เพิ่มมากเท่าไร ซึ่งจะมีปัญหาความยากจนและความหิวโหยอยู่ในแถบทวีปแอฟริกากลาง แถบทะลทรายซาฮารา ในขณะที่การค้าจะมีมากขึ้น ก็จะมีการเคลื่อนย้ายของโรคพืช และสัตว์ข้ามประเทศมากขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นเพราะมีการติดต่อข้ามประเทศมากยิ่งขึ้น

(Alexandratos, 2012; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017) Fischer and Connor (2018) กล่าวว่า อีก 20 ปีข้างหน้า โลกจะมีการผลิตการเกษตรที่เข้มข้นขึ้น แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าจะไม่สามารถผลิตแบบเกษตรยั่งยืนได้เช่นกัน โลกจำเป็นต้องผลิตทั้งสองแบบควบคู่กัน หรือ ต้องไปด้วยกัน

การเกษตรอินทรีย์จะได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในอนาคต โดย Knudsen et al. (2006) กล่าวว่า ในประเทศที่พัฒนาแล้ว และ บางประเทศของประเทศกำลังพัฒนา เช่นประเทศจีน ประเทศทางลาตินอเมริกา มีความก้าวหน้าในด้านเทคโนโลยีเกษตรมาก บางประเทศใช้พันธุ์ที่ตัดต่อทางพันธุกรรม (GMO) การเลี้ยงปศุสัตว์เพื่อส่งออก สามารถเพิ่มผลผลิตทางเกษตรได้อย่างรวดเร็ว แต่ในขณะเดียวกันก็มี ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมหลายอย่าง เช่น ด้านการใช้สารเคมี การใช้ปุ๋ย เกิดมลพิษทางน้ำ ทางอากาศ การทำลายป่า ทำให้เกิดโลกร้อน การทำให้ดินเสื่อมโทรม ขาดแร่ธาตุที่จำเป็นในดิน ในขณะเดียวกัน ประเทศทางแอฟริกา มีการผลิตแบบดั้งเดิมยังตามไม่ทัน จึงไม่สามารถผลิตแบบเข้มข้น ใส่ปัจจัยการผลิต หรือใช้เทคโนโลยีมาก ทำให้โลกแบ่งขั้ว มีความแตกต่างกันมากในโลกที่ก้าวหน้า และ โลกดั้งเดิม Knudson et al (2006) จึงเสนอให้มีการผลิตแบบอินทรีย์มากขึ้น ทั้งในประเทศที่มีเทคโนโลยีก้าวหน้า หรือในประเทศที่อาจตามความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไม่ทัน เพราะการผลิตแบบอินทรีย์มีความยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อมโลกดีกว่า

ในปี ค.ศ. 2008 มีประเทศต่างๆ 154 กว่าประเทศที่ผลิตผลผลิตอินทรีย์ ครอบคลุม 35 ล้านแฮกแตร์ และเกษตรกร 1.4 ล้านราย พื้นที่ผลิตที่มากที่สุดอยู่ในประเทศออสเตรเลีย ตามมาด้วยประเทศอาร์เจนตินา และสาธารณรัฐประชาชนจีน แต่โดยรวมแล้ว แหล่งผลิตทวีป Oceania ยุโรป และ อเมริกาใต้ มีพื้นที่ปลูกแบบอินทรีย์มากที่สุด แต่ประเทศที่มีเกษตรกรผลิตเกษตรอินทรีย์มากที่สุดในประเทศอินเดีย (340,000 ราย) รองลงมาเป็นประเทศยูกันดา (180,000 ราย) และ ประเทศเม็กซิโก (130,000 ราย) แม้ว่าอุปสงค์ตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์อยู่ในทวีปอเมริกาเหนือ และ ยุโรป ตามมาด้วยประเทศญี่ปุ่น และ ออสเตรเลีย (Willer and Kilcher , 2010)

ในด้านการผลิต เทคโนโลยีการผลิตแบบอินทรีย์ในอนาคตก็ไม่ใช่แบบดั้งเดิมเท่านั้น สามารถมีการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น เทคโนโลยี sensors เทคโนโลยีหุ่นยนต์ การใช้อินเตอร์เน็ต การใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศ การถ่ายภาพผ่านโทรศัพท์แบบ smart phone ติดตามผึ้งในฟาร์มผึ้งออแกนิคแบบตามเวลาจริง เป็นต้น (nova-Institute GmbH, 2018, Lagermann, 2018) เทคโนโลยีที่น่าจะช่วยเกษตรอินทรีย์ได้ดีคือ เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำเพื่อการควบคุมวัชพืช ผ่านการใช้ sensor และหุ่นยนต์กำจัดวัชพืช แต่เทคโนโลยีที่มีให้พืชอื่นๆ ก็สามารถใช้กับการเกษตรอินทรีย์ได้เช่นกัน เช่น การใช้ถ่ายภาพดาวเทียม โดรน และ sensors เพื่อเก็บข้อมูลในแปลงอินทรีย์ ตรวจสภาพดิน ความชื้น และสุขภาพพืช (Oakes, 2018, Ammann, 2009) นอกจากนั้น งานวิจัยใหม่ๆ เกี่ยวกับ biodynamic farming หรือ biopesticide หรือ สารชีวภัณฑ์ธรรมชาติ สามารถนำมาช่วยการผลิตการเกษตรอินทรีย์ได้เช่นกัน (Bera, 2019)

อย่างไรก็ตาม การผลิตแบบอินทรีย์แม้จะมีศักยภาพสูงทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้ว และในประเทศกำลังพัฒนา แต่ในประเทศกำลังพัฒนามีข้อจำกัดหลายประการสำหรับการขยายการผลิตเกษตรอินทรีย์ ได้แก่ การ

เชื่อมโยงกับตลาดส่งออกไปต่างประเทศ การใช้มาตรฐานที่เข้มงวดของต่างประเทศ การลงทุนที่สูง ดังนั้น การปรับรูปแบบการตลาดของผลผลิตเกษตรอินทรีย์ให้เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อย การผลิตเกษตรอินทรีย์ให้มีความเชื่อมโยงกับตลาดในประเทศ การมีความใกล้ชิดระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค การกระจายอำนาจสู่กลุ่มเกษตรกร การค้าที่ยุติธรรม การสนับสนุนด้านเทคนิคและการเรียนรู้จากกรณีความสำเร็จ สามารถเป็นทางเลือกให้เกษตรกรรายย่อยได้ (Knudsen et al., 2006)

การผลิตทางการเกษตรในอนาคตต้องมีประเด็นความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติ ความเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม ความเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศ ความหลากหลายทางชีวภาพ คุณภาพทางโภชนาการ และการให้บริการด้านระบบนิเวศ เป็นตัวกำกับตลอด นอกจากนั้นประเด็นเรื่องความเท่าเทียม การเข้าถึงอาหาร ความเจริญเติบโต และ ความมั่นคง และปลอดภัยทางอาหารสำหรับทุกคน และการบรรลุถึงเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนแห่งสหัสวรรษ (SDGs) ก็ยังคงมีอยู่ในทศวรรษหน้า (Gordon and Waage, 2010)

Grundy et al. (2016) ได้ทำโมเดลการผลิตการเกษตรในเชิงพื้นที่ในประเทศออสเตรเลียถึงปี ค.ศ. 2050 โดยรวมเอาเรื่อง ประชากร การค้าโลก การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ สิ่งแวดล้อม คาร์บอน น้ำฝน ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการผลิตไฟฟ้า พลังงาน ต้นทุนการผลิต และราคาต่างๆ พบว่า ผลผลิตทางการเกษตร และศักยภาพในการผลิตอาหารเพื่อความมั่นคงทางอาหาร ของประเทศออสเตรเลีย ในปี ค.ศ. 2050 ขึ้นอยู่กับผลิตภาพของพืชผลทางการเกษตรและ ระดับการผลิตการเกษตรที่ไม่ใช้เพื่อเป็นอาหาร เช่น การผลิตพืชเพื่อลดคาร์บอน การผลิตพลังงานชีวภาพ ระดับชีวมวล ว่ามีมากแค่ไหน ซึ่งการใช้ที่ดินเพื่อวัตถุประสงค์เหล่านี้แย่งที่ดินและทรัพยากรที่จะสามารถนำมาใช้เพื่อการผลิตอาหาร และขึ้นอยู่กับสภาพความเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และ ระดับของการรับมือด้านความเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลกของประเทศออสเตรเลียเอง แต่สภาพการณ์เรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่สำคัญมากในอนาคต และจะทวีความสำคัญขึ้นเรื่อยๆ ผลการคาดการณ์เรื่องการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ขึ้นอยู่ระดับการจ่ายเพื่อสิ่งแวดล้อมด้วย เช่น ราคาจ่ายเพื่อลดคาร์บอน ณ ระดับ AUD$ 50 ต่อตันคาร์บอนเทียบเท่า จะมีผลน้อยมากในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน Grundy et al. (2016) สรุปว่า นโยบายของภาครัฐ และ การวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีจะมีผลมากในอนาคต และ จะต้องเริ่มทำตั้งแต่เดี๋ยวนี้ เพราะทุกอย่างใช้เวลาที่จะต้องปรับตัว

Hernández-Morcillo et al. (2018) กล่าวว่า เมื่อโลกกำลังเผชิญสภาวการณ์เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทางออกทางหนึ่งในอนาคต สำหรับการเกษตรคือ ต้องผลิตการเกษตรแบบวนเกษตร ซึ่งเป็นการผลิตที่นำเอาไม้ยืนต้นมาเป็นส่วนหนึ่งของฟาร์มเกษตร การผลิตวนเกษตรจะดีสำหรับสิ่งแวดล้อม สามารถลดการปล่อยคาร์บอน เพิ่มการดูดซับคาร์บอน สามารถปรับปรุงดิน ลดการชะล้างพังทลายของดิน สามารถให้ผลผลิตสำหรับตลาดได้ สามารถป้องกันลม น้ำท่วม หรือภัยธรรมชาติได้ ซึ่งปัจจุบัน ทางทวีปยุโรป มีความสนใจการแก้ไขโลกร้อนด้วยการผลิตแบบวนเกษตรมากขึ้น แม้ว่าปัจจุบัน ยังต้องปรับปรุงการจัดการหลายด้าน เช่น ด้านเศรษฐกิจ (กำไร-ขาดทุน) การตลาด การส่งเสริมของภาครัฐทั้งทางนโยบายการสนับสนุนโดยการช่วยจ่ายเพื่อระบบสิ่งแวดล้อม (payment for environmental services, PES) และ การสนับสนุนองค์ความรู้ทางเทคนิคโดยผู้เชี่ยวชาญ Hernández-

Morcillo et al. (2018) กล่าวว่า ระบบวนเกษตรที่มีเกษตรกรในยุโรปสนใจมากเป็นพิเศษคือ การปลูกต้นไม้เป็นแถวเพื่อกันลม (hedgerows and windbreaks) แต่ระบบวนเกษตรอื่นๆ ก็มีคนสนใจยอมรับเช่นกัน และในอนาคตก็จะได้รับความนิยมมากขึ้น

Kristinsson and Jörundsdóttir (2019) ยืนยันว่าคลื่นลูกใหม่ในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีจะเป็นเรื่องเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพเป็นทางออกของการผลิตอาหารในอนาคตของโลก เทคโนโลยีชีวภาพที่เกิดขึ้น ก็ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย และ ความมั่นคงทางอาหารด้วย เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพจะเป็นสมดุลระหว่างการใช้ทรัพยากรชีวภาพจากที่ดินและทะเลแบบมีการใช้กลับใหม่ได้และมีการสนองตอบต่อความต้องการของธุรกิจ สังคม และ ธรรมชาติ การลงทุนในเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพเป็นการลงทุนเพื่ออนาคต ผู้บริโภคในอนาคตเป็นคนรุ่นใหม่ที่เป็นผู้บริโภคที่มีการศึกษา มีความตระหนักถึงสังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเชื่อมโยงกันสูง ต้องการทราบแหล่งที่มาของอาหาร และมีความต้องการบริโภคสินค้าเกษตรอินทรีย์และสินค้าที่ผลิตในท้องถิ่นชุมชนมากขึ้น แต่การผลิตใหม่ๆ ต้องมีนวัตกรรมเป็นตัวนำ โดยนวัตกรรมและเศรษฐกิจฐานชีวภาพเพื่อความยั่งยืนจะต้องไปด้วยกัน แม้ว่าจะเกิดการเกษตรแม่นยำ หรือ เกษตรอัตโนมัติ หรือหุ่นยนต์ หรือ UAVs มากขึ้นในอนาคตก็ตาม โมเดลธุรกิจของบริษัททั้งใหญ่และเล็กทางการเกษตรจะต้องเปลี่ยนไป ผู้ที่คิดนวัตกรรมใหม่ๆ เพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีจึงจะสามารถอยู่ได้

การตลาดแบบอีคอมเมิรซ และการตลาดเชื่อมโยงผู้ผลิตและผู้บริโภคในโมเดลธุรกิจเกษตรใหม่ๆ ซึ่งเชื่อมโยงกับระบบอินเตอร์เน็ตที่จะมีมากขึ้น การผลิตการเกษตรแบบใหม่ๆ จะมีมากขึ้น เช่น การทำเกษตรแนวตั้ง การเกษตรไฮโดรโปรนิค (ปลูกพืชไร้ดิน แต่ในน้ำ) และอควาโปรนิค (การปลูกแบบไฮโดรโปรนิคและมีการเลี้ยงสัตว์น้ำด้วย) การเกษตรแอโรโปรนิค (ปลูกพืชไร้ดิน ไร้น้ำ แต่ในหมอก) (Ganguly, Gulati and von Braun 2017)

ในอนาคต บริการที่พึ่งการติดต่อออนไลน์ เช่น บริการที่พักของ Airbnb บริการขนส่งโดยสาร หรือ ขนส่งสินค้าของ Uber หรือ Grab หรือ บริการซักผ้าของ Yoza ที่ประเทศอูกันดา จะแพร่หลายไปทั่วโลก และเป็นแหล่งรายได้ของบุคคลหลายฝ่าย เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ บริการดาวเทียม บริการอินเตอร์เน็ตยังเป็นกระบอกเสียงให้แก่ผู้คน แม้แต่คนชายขอบ ทำให้มีข้อมูลมากมาย และ สามารถมีส่วนร่วมในการออกความเห็นต่างๆได้ง่าย (UNDP, 2010).

5. แนวโน้มของการจัดการงานวิจัยและการศึกษาเกษตรระดับนานาชาติ

เทคโนโลยีใหม่จะทำให้เกิดผลกระทบอย่างมากต่อการศึกษา ซึ่งจะต้องมีวิธีการเรียน การสอน การสื่อสาร และการทำงานแบบใหม่ การเรียนแบบออนไลน์จะมีมากขึ้น และ มีกระบวนวิชาที่สอนทาง world-wide web และ การประชุมทางไกล ทำให้ไม่ต้องพึ่งสถานที่เดิม เวลาเดิม และไม่ต้องมีต้นทุนสูง มีศักยภาพการเข้าถึงผู้ที่อยู่ไกล ผู้หญิง และ กลุ่มที่ด้อยทางสังคมได้ การเรียนผ่านโทรศัพท์มือถือ อาจเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมที่สุดในการศึกษา ทดแทนการเรียนในห้องเรียน และในอดีต และ ปัจจุบันการใช้โทรศัพท์มือถือก็แซงหน้าการใช้

คอมพิวเตอร์ไปแล้ว การเรียนตลอดชีวิตก็อาจได้รับความนิยม ในสังคมปัจจุบันและอนาคตที่มีความต้องการการพัฒนาอาชีพ ซึ่งสภาพเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี มีความเปลี่ยนแปลงเร็วมาก สถาบันการศึกษาทั่วโลกกำลังปรับเปลี่ยนการเรียนการสอน ให้มีการเรียนการสอนออนไลน์มากขึ้น มีการพัฒนาเครื่องมือการเรียน อีเลินนิ่ง เพื่อให้ตอบสนองสไตล์การเรียนที่หลากหลาย และต้องคิดถึงกลุ่มที่ต้องการความสนใจพิเศษอีกด้วย และ ในสภาพปัจจุบันที่มีการแพร่ระบาดของไวรัส Covid-19 ได้ทำให้ การเรียนการสอนออนไลน์ มาเร็วกว่าที่คาด

Robinson, et al (2018) เสนอว่า การศึกษาเกษตรในมหาวิทยาลัยควรนำเอาการศึกษาแบบ STEM มาใช้ โดย STEM ย่อมาจาก Science, Technology, Engineering and Mathematics มีคุณลักษณะ 5 ประการ คือ 1. มีการเรียนที่มีการบูรณาการสองหรือมากกว่าสองสาขาวิชาด้วยกันในบริบทใดบริบทหนึ่ง โดยให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชา และ บริบทจะทำให้การเรียนเข้าใจได้ดีขึ้น ให้ความหมาย ทำให้ทฤษฏีและแนวความคิดต่างๆเป็นประโยชน์ และสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น 2. ชิ้นงานของนักศึกษาต้องมีการปฏิบัติได้และ/หรือทำงานในสถานการณ์จริง นักศึกษาเรียนโดยการปฏิบัติ จะทำให้นักศึกษาสนใจ เห็นความหมายของงานมากขึ้นและเห็นได้ว่าสถานการณ์จริงมีปัจจัยหลายอย่างเกี่ยวข้องด้วย การทำงานไม่ได้เป็นไปตามทฤษฏีล้วนๆ 3. ตั้งใจวางเป้าหมายให้นักศึกษาพัฒนาการคิดแบบวิเคราะห์ และ การทักษะแก้ปัญหา การหาคำตอบต่างๆ ต้องมีการตั้งคำถามและค้นคว้า เรียนรู้บริบทที่เกิดขึ้น และฝึกทักษะนี้ที่สามารถนำไปใช้ได้ตลอดชีวิต เกิดความคิดสร้างสรรค์ คำตอบต่อปัญหาต่างๆ ไม่สำคัญเท่ากับการฝึกทักษะการคิด 4. การเรียนแบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยส่งเสริมการเรียนรู้เองของผู้เรียนโดยผู้สอนเป็นผู้อำนวยการและช่วยเหลือ และ 5. มีการใช้เทคโนโลยีเป็นประจำในการเรียนการสอน การใช้เทคโนโลยีเริ่มตั้งแต่เทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และ เครื่องอิเล็คโทรนิคต่างๆ นอกจากนั้น ควรนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆในการเกษตรมาใช้ตามสาขาวิชาให้ทันกับความเปลี่ยนแปลงในโลกแห่งความเป็นจริง

โลกได้เปลี่ยนไปมากและองค์ความรู้ก็เพิ่มอย่างรวดเร็ว มีคำถามว่า หลักสูตรเกษตรได้เปลี่ยนไปเพื่อก้าวทันต่อความเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มากน้อยเพียงใด ในขณะที่หลักสูตรทางวิศวกรรม และ การแพทย์ ก็ได้เปลี่ยนไปมากโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มากแล้ว Kanwar, Balasubramanian and Balaji (2015) เสนอว่า ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงในวงการเกษตรที่เกิดขึ้นนั้นมีมากมาย สิ่งที่ควรเกิดขึ้น และสามารถเป็นไปได้ดีในวงการศึกษาเกษตรคือ การเรียนการสอนแบบออนไลน์ที่สามารถนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆเข้ามาในการเรียนการสอนอย่างสะดวกขึ้น ในขณะเดียวกันที่เข้ากับลักษณะเศรษฐกิจ สังคมในโลกยุคปัจจุบัน ในปี ค.ศ. 2013 ในประเทศสหรัฐอเมริกา หลักสูตรเกษตรในการศึกษาอุดมศึกษาเกือบทั้งหมด มีการศึกษาออนไลน์เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรแล้ว โดยร้อยละ 80 ของนักศึกษาที่เรียนแบบออนไลน์ พบว่าคุณภาพการเรียนแบบนี้ ดีเท่ากับการเรียนแบบเดิม และในหลายๆกรณี ดีกว่าการเรียนแบบเดิม การเรียนออนไลน์ทำให้ต้นทุนการศึกษาต่ำลง ความต้องการในการพัฒนาเนื้อหาการสอนแบบออนไลน์ในการเกษตร และส่งเสริมศักยภาพของอาจารย์ในมหาวิทยาลัยในการสอนออนไลน์ และ ตีพิมพ์ในวารสาร แบบ open access นอกจากนั้น การเรียนการสอนออนไลน์แบบที่รองรับผู้เรียนจำนวนมาก ไม่จำกัดเพศ วัย การศึกษา โดยให้บริการฟรี และเป็นการเรียนรู้แบบ Anywhere

Anytime นั่นคือ เรียนได้ทุกที่ ทุกเวลา ผ่านสมาร์ตโฟน คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต โดยเรียนผ่านวิดีโอ บรรยายโดยอาจารย์เจ้าของวิชา มีแบบฝึกหัดหลังบทเรียน บางแพลตฟอร์มยังมีกระดานสนทนา หรือฟอรั่ม (Forum) ให้ผู้เรียนได้เข้าไปสนทนา แลกเปลี่ยนความรู้กับผู้สอน หรือผู้เรียนด้วยกันเองอีกด้วย เรียกว่าMOOCs (the Massive Open Online Courses) กำลังเป็นที่นิยมใช้กันในสถานศึกษาทั่วโลก มหาวิทยาลัยทางเกษตร สามารถรับเอาการเรียนการสอนแบบ ODL (online, distance learning) หรือ MOOCs นี้ ไปควบคู่กับการเรียนการสอนแบบเดิม เพื่อสร้างทางเลือกให้ผู้เรียน สามารถเรียนได้ตามอัตราความเร็ว สถานที่ หรือ เวลาที่เหมาะสมได้ ในการเปลี่ยนหลักสูตร ผู้บริหารควรใช้แนวการทำงานอย่างเป็นระบบ ไม่ใช่การให้การเรียนการสอนออนไลน์เป็นการเสริมแบบฝากเอาไว้ แต่เป็นการประเมินระบบเดิม เพื่อดูว่าจะมีการผสมผสานกันอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลได้อย่างไร และบุคลากรทั้งหมดมีความเป็นเจ้าของระบบการเรียนแบบนี้ และช่วยกันทำให้ประสบผลสำเร็จได้ดี

ส่วน Weeks (2019) เสนอว่า หลักสูตรการศึกษาเกษตร สำหรับทศวรรษที่ 21 นั้น ควรมีทักษะ 4 ด้าน คือ 1. องค์ความรู้เกษตร ซึ่ง มีความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาต่างประเทศ และประวัติศาสตร์ เป็นต้น 2. ทักษะการเรียนและการสร้างนวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแบบวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และ ความร่วมมือกัน 3. ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ สื่อ และการสื่อสาร และ 4. ทักษะสำหรับทศวรรษที่ 21 ในการดำเนินชีวิตและประกอบอาชีพ เช่น การปรับตัว การคิดริเริ่ม ทักษะทางสังคมและการมีวัฒนธรรมที่แตกต่าง ประสิทธิภาพ ความเป็นผู้นำ และ หน้าที่และความรับผิดชอบ

เรื่องการศึกษาเกษตรเมื่อเกี่ยวเนื่องกับเกษตรยั่งยืน เช่น ความยั่งยืน ความยืดหยุ่น การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เกษตรอินทรีย์ ธนาคารเมล็ดพันธุ์ชุมชน Chandra et al. (2017) เสนอว่า ต้องมีการเรียนที่เจาะจงพื้นที่ และ ต้องเชื่อมโยงกับชุมชนท้องถิ่น ควรมีการเรียนรู้ประสบการณ์ในพื้นที่ของเกษตรกร นักพัฒนาเอกชน หรือ ผู้บริหารระดับท้องถิ่น โดยการมีการเรียนรู้ในพื้นที่ เป็นลักษณะโรงเรียนเกษตรกร ควรต้องมีการศึกษาการสร้างเครือข่ายองค์กรท้องถิ่น และสหกรณ์ด้วย

ในด้านการศึกษาเกษตรแม่นยำนั้น มีการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัยในประเทศพัฒนาแล้ว เช่น เมื่อสำรวจดูการเรียนในหลักสูตรเกษตรในประเทศสหรัฐอเมริกาใน world wide web พบว่า ในด้านการเกษตรแม่นยำ ได้มีการทำในหลายลักษณะ เป็นหลักสูตรระยะสั้นออนไลน์ หรือ เป็นกลุ่มวิชาที่ให้เลือกในหลักสูตรเกษตร หรือ บางกรณีเป็นหลักสูตรเลยก็มี

ในกรณีของ Oregon State University ประเทศสหรัฐอเมริกา ให้เกษตรแม่นยำเป็นวิชาเลือกหนึ่งวิชาในกลุ่มเทคโนโลยีในหลักสูตรเกษตร สาขาพืชและปฐพีศาสตร์ โดยให้นักศึกษาเลือกระหว่าง เกษตรแม่นยำ หรือ เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ หรือ การวิเคราะห์ดินและภูมิทัศน์ (https://catalog.oregonstate.edu/college-departments/agricultural-sciences/crop-soil-science/crop-soil-science-bs-hbs/agronomy-option/#requirementstext)

University of Missouri ประเทศสหรัฐอเมริกา ให้ความรู้เกี่ยวกับเกษตรแม่นยำเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรการจัดการระบบเกษตร (agricultural systems management) หนึ่ง ซึ่งมีเรียนเกี่ยวกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ GIS GPS และการผลิตและจัดการฟาร์ม เช่น การใส่ยา ปุ๋ย แบบเจาะจงพื้นที่ สำรวจหาโรคพืช การทำแผนที่ผลผลิต หรือ การให้น้ำในอัตราไม่เท่ากัน การวิเคราะห์แผนที่ หรือ ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น (https://majors.missouri.edu/agricultural-systems-management-bs/)

ในกรณี University of North Dakota State ประเทศสหรัฐอเมริกา ให้การเรียนวิชาเกษตรแม่นยำ เป็นหลักสูตรหนึ่ง ในวิทยาศาสตร์บัณฑิต มีการเรียน 120 หน่วยวิชา ซึ่งมีบางวิชาต้องไปเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องเครื่องบินเบื้องต้น นอกจากนั้นก็ต้องเรียนวิชาภูมิสารสนเทศ ภาพถ่ายดาวเทียม วิชาเกี่ยวกับแผนที่ big data และdata mining วิชาทางพืช วัชพืช ปฐพีศาสตร์ (https://bulletin.ndsu.edu/undergraduate/program-curriculum/precision-agriculture/)

Purdue University ประเทศสหรัฐอเมริกา ให้การเรียนวิชาเกษตรแม่นยำเป็น กระบวนวิชาออนไลน์ ใช้เวลา 12 อาทิตย์ อาทิตย์หนึ่งก็จะมีเวลาเรียน 1-2 ชั่วโมง เนื้อหาจะมีเกี่ยวกับ GPS (global positioning systems) GIS sensors, ความแปรปรวนทางด้านพืช ดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช การใช้เครื่องยนต์อัตโนมัติ การวิเคราะห์ข้อมูล และ การยอมรับเทคโนโลยี พอเรียนจบ มหาวิทยาลัยก็จะให้ประกาศนียบัตร ส่วนนักศึกษาที่ต้องการหน่วยกิต ก็จะได้หน่วยกิตแบบ CEUs (Continuing education units) 18 หน่วย ซึ่งวิชานี้ได้รับรางวัลความเป็นเลิศในการเรียนทางไกลเพื่อการพัฒนาอาชีพ ในปี ค.ศ. 2017 (https://ag.purdue.edu/agry/ADE/Pages/Precision-Agriculture.aspx)

Spiertz and Kropff (2011) รายงานถึงพัฒนาการการศึกษาเกษตรที่มหาวิทยาลัย Wageningen Agricultural University (WUR) ซึ่งในปี ค.ศ. 1997 ได้มีการรวม Wageningen Agricultural University (WUR) เข้ากับ สถาบันการวิจัยเกษตร Institutes of the Dutch Organization for Agricultural Research และต่อมาก็มีการรวมสถาบันการวิจัยและการศึกษาเพิ่มเติม คือ Organization for Applied Agricultural Research, the Polytechnic School Van Hall Larenstein และ ศูนย์ฝึกอบรมของสถาบันวิจัยนานาชาติบางศูนย์ เมื่อรวมแล้ว มหาวิทยาลัยเกษตร WUR นี้ จะมีบุคลากร 6,500 คน มีนักศึกษากว่า 10,000 คน จากประเทศต่างๆ กว่า 100 ประเทศ ทำให้เป็นสถาบันการศึกษาเกี่ยวกับเกษตรและอาหารที่ใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่งในโลก WUR ได้วางวิสัยทัศน์เพื่อ หาศักยภาพของธรรมชาติเพื่อปรับปรุงคุณภาพชีวิต มีการวางแนวการทำงานคือเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ การผลิตอาหารอย่างยั่งยืน คุณภาพและความปลอดภัยอาหาร สุขภาพสัตว์ สุขภาพและโภชนาการของคน การดำรงชีพและความเป็นอยู่ที่ดี การจัดการน้ำ และ ความเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศ และความหลากหลายทางชีวภาพ ทั้งหมดนี้อยู่บนแนวคิดเชิงระบบและบนฐานของการวิจัยและการศึกษาระดับนานาชาติ ครอบคลุมตั้งแต่วิชาด้านพันธุกรรม การปรับปรุงพันธุ์ ไปจนถึงการแปรรูป การค้า และ การใช้ประโยชน์ผลผลิต การวางแผนและการอนุรักษ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ส่วน Smith et al (2019) เสนอว่า ควรให้มีการนำเอาการเป็นผู้ประกอบการสอดแทรกในหลักสูตรการศึกษาเกษตร

เมื่อพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์และจัดการดินในการเกษตร ที่มีประเด็นสำคัญมากมาย เช่น ความอุดมสมบูรณ์/ความเสื่อมโทรมของดิน การชะล้างพังทลายของดิน การเปลี่ยนแปลงด้านภูมิอากาศ ความหลากหลายทางชีวภาพ แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ คุณภาพสิ่งแวดล้อม การดูดซับคาร์บอน มลพิษ ความเค็มของดิน ความเป็นกรดของดิน ฯลฯ ซึ่งต่างก็สำคัญต่อการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนแห่งสหสวรรษ Hou et al (2020) เสนอว่า ในการวิจัยเรื่องความยั่งยืนทางเกษตร นักปฐพีวิทยา ควรต้องตระหนักความสำคัญของงานเกี่ยวกับดินในประเด็นต่างๆ แต่ต้องมีการทำงานสหสาขาวิชา โดยมีการร่วมมือกับนักวิทยาศาสตร์ในสายเกษตรอื่น นิเวศวิทยา อุตุนิยมวิทยา สิ่งแวดล้อม วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ และ นักสังคมศาสตร์ เนื่องจากต้องมีความร่วมมือกับเกษตรกร และชุมชน แม้ว่าจะมีความก้าวหน้าในเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือ คอมพิวเตอร์ ก็ไม่ได้ทำให้ความจำเป็นที่ต้องทำงานสหสาขาวิชาน้อยลง เพราะในยุคที่ภาครัฐลงทุนในการเก็บข้อมูลดินน้อยลง การเก็บข้อมูลโดยเทคโนโลยีสารสนเทศ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ท หรือ ดาวเทียม หรือโทรศัพท์มือถือ โดยความร่วมมือกับชุมชนและเกษตรกรก็ยิ่งสำคัญมากขึ้น การศึกษาวิจัย สหสาขาวิชาจะทำให้เกิดยุทธศาสตร์การใช้ประโยชน์และจัดการดินแบบใหม่ๆมากขึ้น

เช่นเดียวกัน Peterson, Eviner and Gaudin (2018) เห็นด้วยกับการวิจัยระบบนิเวศวิทยาเกษตรที่มีความครอบคลุมสหสาขาวิชา ที่มีหลายลำดับชั้น และ มีหลายสาขาวิชา ทั้งทางวิทยาศาสตร์ และสังคมศาสตร์ด้วย แต่มีความต้องการเป็นพิเศษในการวิจัย ด้าน ความยืดหยุ่นของระบบเกษตร (agricultural resilience)

6. ความท้าทายของวงการเกษตรระดับนานาชาติในทศวรรษหน้า

การผลิตทางการเกษตรเพื่อรับมือกับความต้องการและความเปลี่ยนแปลงในทศวรรษหน้ามีสิ่งท้าทายหลายด้าน เริ่มจากด้าน การขจัดความยากจน หิวโหย และทุโภชนาการที่ยังมีอยู่ ภายใน 10 ปีข้างหน้า จะมีประชากรโลกเพิ่มขึ้นอีกนับพันล้านคน ซึ่งต้องการทั้งปริมาณอาหารและคุณภาพอาหาร ทำอย่างไรให้ระบบเกษตรและอาหารของโลกมีประสิทธิภาพและเข้าถึงคนอย่างเท่าเทียมกัน โดยเฉพาะคนที่มีความจำเป็น ในขณะเดียวกัน โลกก็ต้องการการผลิตการเกษตรที่ยั่งยืน การอนุรักษ์ฐานทรัพยากรธรรมชาติ การรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ และ ภัยพิบัติ จะมีสภาวการณ์คุกคามข้ามพรมแดนของโรคและแมลงมากขึ้น ทำอย่างไรโลกจะเพิ่มความยืดหยุ่นและคงทนของระบบเกษตรและอาหาร ในด้านการเมือง การปกครอง ทำอย่างไรที่จะมีการตอบสนองต่อความต้องการที่จะมีระบบการจัดการปกครองในระดับชาติและนานาชาติที่มีประสิทธิภาพและเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

แนวโน้มการเกิดเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพในอนาคตทำให้มีผลกระทบต่อการวิจัยทางการเกษตรทั้งในระดับนานาชาติ และระดับประเทศ มีความต้องการการวิจัยที่ลดการแข่งขันกันระหว่างการใช้ชีวมวลเพื่อเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ กับความมั่นคงทางอาหาร โลกต้องการนวัตกรรมใหม่ที่จะใช้ทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ที่ไม่ได้พึ่งเฉพาะทรัพยากรชีวภาพ สถาบันวิจัยนานาชาติเช่น CGIAR (Consultative Group of

International Agricultural Research Centers) ก็ต้องวิจัยเกี่ยวกับข้าวโพด ข้าวฟ่าง และมันสำปะหลัง ไม่ใช่เพื่อการใช้พลังงานอย่างเดียว แต่เพื่อการบริโภคอาหารของมนุษย์โลกด้วย อาจมีการเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุน วัตถุประสงค์การหาแหล่งพลังงานสะอาดและราคาถูก จะต้องดูไปควบคู่กับ วัตถุประสงค์ความมั่นคงทางอาหารด้วย

Haddad (2020) กล่าวว่าศูนย์วิจัยนานาชาติจะมีความยืดหยุ่นมากกว่ามหาวิทยาลัยที่จะมีการวิจัยแบบผสมผสาน แต่ศูนย์วิจัยนานาชาติต้องมีการปรับตัวหลายประการในทศวรรษหน้าเพื่อรองรับกับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยงานวิจัยเกษตรควรมีการวิจัยสหสาขาวิชามากขึ้น ซึ่งในมหาวิทยาลัยอาจวิจัยสหสาขาทำได้ลำบากบ้างเนื่องจากอาจมีแรงต้าน หรือ ความไม่อยากเปลี่ยน หรือ เห็นต่างว่าความเป็นเลิศทางวิชาการควรเป็นเช่นไร งานวิจัยเกษตรจะต้องมีความเข้าใจผู้บริโภค และ ตลาดมากขึ้น งานวิจัยเกษตรต้องเข้าใจ/วิจัยผู้ประกอบการภาคเอกชนในห่วงโซ่อุปทานมากขึ้น เช่น บริษัท/พ่อค้า เอกชน เป็นใครบ้าง มีความสัมพันธ์กันอย่างไร อะไรเป็นตัวประกอบความสัมพันธ์เหล่านี้ นโยบายใดที่สามารถมีอิทธิพลต่อกลุ่มนี้ได้ นอกจากนั้นงานวิจัยควรต้องมีความสมดุลระหว่างการวิจัยธัญพืชหลักและการวิจัยพืชและสัตว์อื่น เช่นเรื่องผัก ผลไม้ พืชหัว พืชประเภทถั่ว ปลา โคนม ไข่ และ เนื้อ มากขึ้น เพราะในอนาคต ความสนใจเรื่องโภชนาการที่ดีจะสูงขึ้น

นอกจากนั้น แม้ว่าการปฏิวัติด้านดิจิทัลจะมีผลดีมาก แต่ผลดีเหล่านี้ก็ไม่ได้ถูกแบ่งปันอย่างกว้างขวาง ทำให้เกิดความไม่เท่าเทียมกันและทำให้คนหลายส่วนเข้าไม่ถึงผลประโยชน์เหล่านี้ ยกตัวอย่างเช่นในปี ค.ศ. 2015 มีประชากร 3.2 พันล้านคนที่เข้าถึงอินเตอร์เน็ต แต่ร้อยละ 81 ของครัวเรือนในประเทศพัฒนาแล้วมีการเข้าถึงอินเตอร์เน็ต ในขณะที่ครัวเรือนในประเทศกำลังพัฒนาและด้อยพัฒนาเข้าถึงอินเตอร์เน็ตเพียงร้อยละ 34 และร้อยละ 7 ตามลำดับเท่านั้น (ITU, 2015) ร้อยละ 89 ของประชากรในเมือง สามารถเข้าถึงบริการโทรศัพท์ 3G หรือมากกว่า ในขณะที่ประชากรในชนบทมีการเข้าถึงบริการนี้ ร้อยละ 29 เท่านั้น นอกจากนั้นเทคโนโลยีใหม่อาจทำให้คนตกงานเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นการลงทุนเพื่อให้ลดช่องว่างทางดิจิทัลจึงเป็นนโยบายที่สำคัญมากในทศวรรษหน้า (Broadband Commission, 2015)

การลงทุนทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยนั้น ต้องขยายวงกว้างไปสู่ประชากรในวงกว้าง รวมถึงคนยากจนในประเทศกำลังพัฒนา เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนแห่งสหวรรษ นอกจากนั้นทำอย่างไรที่เทคโนโลยีใหม่จะต้องคำนึงถึงองค์ความรู้และภูมิปัญญาชาวบ้านด้วย จะต้องคำนึงถึงผู้ผลิตรายย่อยด้วย ว่าสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้หรือไม่ มีต้นทุนการผลิต และ ต้นทุนการทำธุรกรรมสูงเกินไปหรือไม่ เพราะอาจเป็นตัวจำกัดการผลิต การเข้าถึงตลาด และการค้า สำหรับผู้ผลิตเหล่านี้

ในทศวรรษหน้า จะพบว่าภาคเอกชนจะเป็นตัวนำในการพัฒนาและส่งทอดเทคโนโลยีใหม่นี้ บทบาทของภาครัฐต้องมีในแง่การออกระเบียบควบคุม เอื้ออำนวย หรือ การลงทุนเพื่อให้เกิดการใช้เทคโนโลยีนี้ในวงกว้าง และต้องมีการพิจารณาถึงผลกระทบในด้านลบด้วย ภาครัฐจะต้องเป็นตัวนำในด้านการศึกษาที่จะทำให้ทุกฝ่ายสามารถเข้าถึงทักษะทางดิจิทัล และ สร้างและวางนโยบายเกี่ยวกับโครงสร้างเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อการใช้ประโยชน์และการเรียนรู้ในวงกว้าง (Dugarova and Gulasan, 2017)

Spiertz and Kropff (2011) กล่าวว่าความท้าทายในวงการเกษตรในอนาคต มีมากเป็นพิเศษสำหรับประเทศกำลังพัฒนา ที่จะต้องเผชิญความเปลี่ยนแปลงหลายอย่างในสังคม ทั้งทัศนคติในด้านคุณภาพอาหาร สุขอนามัย สุขภาพสัตว์ การลดลงของป่าไม้ และ ความหลากหลายทางชีวภาพ ความเปลี่ยนแปลงด้านภูมิอากาศของโลก การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก มลพิษทางน้ำ ทางอากาศ การรักษาสภาพนิเวศ แม้แต่ในประเทศที่พัฒนาแล้ว การรักษาสมดุลระหว่างการผลิตอาหารสำหรับประชากร การผลิตอาหารสำหรับสัตว์ และ การผลิตพลังงาน เป็นสิ่งที่ต้องเกิดขึ้น ความสำคัญของภาคเกษตรอาจลดลงในหลายประเทศ ยกตัวอย่างในประเทศเนเธอร์แลนด์ ที่กระทรวงเกษตรซึ่งเคยอยู่มา 70 ปี ต้องถูกควบรวมไว้ในกระทรวงเศรษฐกิจ เกษตรและ นวัตกรรม ความต้องการด้านการศึกษาเกษตรแบบเดิม อาจไม่มีแล้ว ซึ่งทำให้วงการศึกษาเกษตร ก็ต้องมีการปรับเปลี่ยนด้วย ในด้านงานวิจัย จะมีการแข่งขันกันมากขึ้นทั้งในประเทศ และ ต่างประเทศ งานวิจัยที่เน้นความเป็นเลิศทางสาขาวิชาอาจต้องหลีกให้งานวิจัยที่สามารถทำให้เห็นภาพที่ใหญ่ขึ้นในสังคมที่มีความซับซ้อน ทั้งในมนุษย์ หรือ สังคม หรือ ระบบนิเวศ หรือ ภูมิอากาศที่ซับซ้อนมากขึ้น งานวิจัยอาจต้องใหญ่ขึ้น มีความบูรณาการมากขึ้น เชื่อมโยงกันระหว่างประเทศ และระหว่างนักวิจัยต่างสถาบันมากขึ้น งานวิจัยที่มีการแข่งขันจากประเทศในเอเชีย เช่น ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จะมีมากขึ้น ความร่วมมือระหว่างสถาบันวิจัยนานาชาติ และ สถาบันวิจัยระดับประเทศ และ มหาวิทยาลัยต่างๆ เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ และสิ่งที่ตามมาคือ ศักยภาพในการจัดการงานวิจัย การศึกษา และนวัตกรรม ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น จะต้องดีขึ้นเพื่อรับมือกับสิ่งที่จะเกิดขึ้น การจัดการทางการเงิน การจัดการโครงการ ทำอย่างไรที่จะส่งเสริมคุณภาพงานทางวิทยาศาสตร์ และความเข้มแข็งของเครือข่าย การเปิดกว้างทางทัศนคติ การจัดการ และการวางแผนการเปลี่ยนแปลงเชิงยุทธศาสตร์เท่านั้นจึงจะสามารถทำให้ระบบการวิจัยและการศึกษามีศักยภาพในการปรับตัวกับความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น

Pivoto et al (2018) ได้รวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านเทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ในประเทศบราซิล และรวบรวมเอกสารทางวิชาการ 179 เรื่อง ในปี ค.ศ. 2018 ได้ข้อสรุปว่า ข้อจำกัดหนึ่งของเทคโนโลยีสมัยใหม่ในวงการเกษตรที่เกิดขึ้นคือ ระบบที่บริษัทเอกชนต่างๆ จะได้ผลิตขึ้นมาใช้เพื่อการเกษตรชาญฉลาดนั้น อาจจะไม่สามารถใช้ด้วยกันได้ ข้อจำกัดประการต่อมาคือเรื่องการศึกษา ความสามารถ และ ทักษะของเกษตรกรที่จะเข้าใจ และ จัดการกับเครื่องมือต่างๆสมัยใหม่เหล่านี้ นอกจากนั้น ก็มีข้อจำกัดเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศ และความยากลำบากที่จะจัดการกับข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือและเครื่องจักรสมัยใหม่ ช่องว่างระหว่างวิทยาศาสตร์การเกษตร กับ วิทยาศาสตร์สารสนเทศ การทำงานที่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างนักวิจัยหลายสาขาวิชาเหล่านี้เป็นช่องว่างที่อาจต้องมีผู้ประกอบการเอกชน หรือวงการวิทยาศาสตร์ที่จะต้องสำรวจและแก้ปัญหาเหล่านี้ ประเทศที่เป็นผู้นำในเทคโนโลยีชาญฉลาด และมีผลงานมากในด้านนี้ ประกอบด้วยประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน สหรัฐอเมริกา เกาหลีใต้ เยอรมัน และ ญี่ปุ่น ซึ่งประเทศบราซิลต้องเรียนรู้ที่จะใช้งานจากงานพัฒนาในประเทศเหล่านี้ แต่ก็มีปัญหาหลายด้านซึ่งต้องใช้เวลาก่อนที่ประเทศบราซิลจะใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการเกษตรชายฉลาดเหล่านี้อย่างเต็มที่ ในทำนองเดียวกัน ด้านเทคโนโลยี biosensors เพื่อการตรวจโรคของสัตว์ Neethirajan, Ragavan and Weng (2018) กล่าวว่า เครื่องมือเหล่านั้น มีเงื่อนไขหลายอย่างที่จะทำ

ให้สามารถใช้ได้ดี คือ ต้องสามารถเล็กพอจะถือไปในฟาร์มสัตว์ได้ ต้องตรวจและได้ข้อมูลอย่างรวดเร็ว มีราคาไม่แพง สามารถใช้ได้โดยบุคลากรที่ไม่มีทักษะมากนัก ไม่ต้องใช้ตัวอย่างมาก มีความอัตโนมัติ แต่ข้อจำกัดคือ ขาดเครื่องตรวจแบบนี้ที่สามารถผลิตและขายได้เชิงการค้า ที่สัตว์แพทย์สามารถใช้ได้

Klerkx, Jakku and Labarthe (2019) ได้รวบรวมบทความเกี่ยวกับงานวิจัยด้านสังคมศาสตร์เกี่ยวข้องกับการเกษตรสมัยใหม่ การเกษตรแบบดิจิทัล เกษตรแม่นยำ หรือ การเกษตรชาญฉลาด ว่ามีประเด็นทางสังคมศาสตร์มากมายเกี่ยวกับการเปลี่ยนการเกษตรเป็นการเกษตรแบบดิจิทัลซึ่งต้องมีการวิจัยค้นคว้า เพราะการเกษตรแบบดิจิทัลที่กำลังเกิดขึ้น เป็นการพลังของการเปลี่ยนในระบบการผลิตการเกษตร ซึ่งต้องการการวิจัยด้านสังคมศาสตร์มากมาย เช่น การยอมรับ การใช้ การปรับเทคโนโลยีในฟาร์ม ผลกระทบของการเกษตรแบบใหม่นี้ต่ออัตลักษณ์ของเกษตรกร ทักษะ และ งานของเกษตรกร ประเด็นด้านอำนาจ ความเป็นเจ้าของ ความเป็นส่วนตัว จริยธรรม ระบบการเรียน องค์ความรู้ และ การจัดการของระบบการผลิตและห่วงโซ่อุปทานแบบดิจิทัลนี้ ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีมีข้อมูลในฟาร์มซึ่งเครื่องมือสมัยใหม่ให้มา อาจทำให้เกษตรกรมีความไม่เชื่อใจในผู้ที่เข้ามาเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล หรือ นำข้อมูลไปใช้ ทำให้เกษตรกรไม่ได้ให้ความร่วมมือเป็นต้น

ในด้านผลกระทบต่อภาคเกษตรในระยะยาว เมื่อเทียบกับนอกภาคเกษตร ผ่านทางอัตราการค้าสินค้าเกษตร (terms of trade of primary commodities) ที่ถ้ามีแนวโน้มที่แย่ลง อาจนำมาซึ่งความยากจน และสวัสดิการที่แย่ลงในระยะยาวในประเทศที่ส่งออกสินค้าเกษตรนั้น Geronimi and Taranco (2018) ได้ทดสอบข้อสมมุติฐานของ Prebisch-Singer (Presbisch, 1950 และ Singer, 1950) ที่ว่ามีการลดลงของอัตราการค้าของสินค้าเกษตรระยะยาว โดยใช้ข้อมูลการค้าของโลกระหว่างปี ค.ศ. 1900-2016 โดยใช้ วิธี Mixing Distribution และ Markov regime-switching พบว่า รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงอัตราการค้าสินค้าเกษตรอาจแบ่งเป็น 3 ยุค คือ ยุคแรกในช่วง ค.ศ. 1900-1920 อัตราการค้าสินค้าเกษตร อยู่ในระดับสูง มีค่าเฉลี่ยดัชนีอยู่ที่ 151.71 จากปีฐาน (ค.ศ. 1977-1978 เท่ากับ 100) ในยุคสอง ปี ค.ศ. 1921-1985 และช่วงปี ค.ศ. 2006-2016 มีระดับที่ลดลงแต่ใกล้เคียงกับปีฐานคือเท่ากับ 104.85 มีเพียงยุคสามช่วงปี ค.ศ. 1986-2005 เท่านั้นที่อัตราการค้าสินค้าเกษตรลดลงมีค่าเฉลี่ยดัชนีอยู่ที่ 66.71 เท่านั้น ซึ่งช่วงที่ลดลง มีสาเหตุจาก 1) การเข้าสู่ตลาดโลกของเศรษฐกิจของประเทศที่รวมศูนย์อำนาจ ทำให้มีสินค้าเกษตรเข้าสู่ตลาดโลกมาก และ 2) ประเทศกำลังพัฒนาเกือบทั่วโลกอยู่ในช่วงการดำเนินงานปรับโครงสร้างการผลิต นำโดยกองทุนการเงินระหว่างประเทศ (International Monetary Fund) ซึ่งมีหลักการเปิดประเทศ และส่งเสริมการส่งออก ทำให้มีสินค้าเกษตรในตลาดโลกมาก ดังนั้นการลดลงของอัตราการค้าในช่วงนี้ เป็นช่วงเดียวเท่านั้น ข้อสมมุติฐานของ Prebisch-Singer จึงไม่ได้รับการยืนยัน อย่างไรก็ตาม ในแง่ของความแตกต่างระหว่างประเทศพัฒนาแล้ว ที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมาก มีผลิตภาพที่ดีขึ้น และประเทศกำลังพัฒนาที่ล้าหลัง ช่องว่างของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อัตราการค้า และดุลการชำระเงินที่เลวลงอาจเป็นสาเหตุของการพัฒนาที่ไม่เท่าเทียม ยังเป็นประเด็นถกเถียง และ เป็นโมเดล และสมมุติฐานทางทฤษฎีที่รอการวิจัยและพิสูจน์อยู่ (Spinola, 2020)

7. บทสรุป

บทความนี้ได้ชี้ให้เห็นความเปลี่ยนแปลงในด้านเศรษฐกิจ สังคม การผลิต และ การตลาดของระบบเศรษฐกิจในโลกนี้ที่จะเกิดขึ้นในทศวรรษหน้า โดยเศรษฐกิจ สังคมของโลกจะมีความเชื่อมโยงกันทางโลกไซเบอร์และอินเตอร์เน็ตมากขึ้น ประชากรจะมีสัดส่วนความเป็นประชากรในเมืองมากขึ้น มีการศึกษาและมีรายได้ดีขึ้น มีความตื่นตัวเรื่องโภชนาการมากขึ้น บทความได้สรุปความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทางการเกษตรที่กำลังเกิดขึ้น และ จะเกิดขึ้นในโลกในทศวรรษหน้า ที่เด่นๆคือ มี 5 ด้าน คือ หมวดเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร ที่เด่นคือ การเกษตรแม่นยำ การใช้ drones และ Unmanned Arial Vehicles (UAVs) การใช้หุ่นยนต์ หมวดเทคโนโลยีชีวภาพ ทั้งการตกแต่งยีน หรือ การวิเคราะห์ระดับโมเลกุล หมวดเทคโนโลยีนาโน ที่เด่นคือ biosensors หมวดเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่เด่นคือ การใช้ภาพถ่ายดาวเทียม การใช้อินเตอร์เน็ท ปัญญาประดิษฐ์ การวิเคราะห์และเก็บรักษาข้อมูลขนาดใหญ่ และท้ายสุดหมวดเทคโนโลยีเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ ที่เด่น คือ เทคโนโลยีด้านการควบคุมชีวภาพ และการใช้สารชีวภัณฑ์ เทคโนโลยีแสงอาทิตย์ โดยผลประโยชน์ที่ได้จะมีทั้งการประหยัดแรงงาน ประหยัดขนาด ประหยัดทุน การเพิ่มผลผลิต การเพิ่มคุณภาพผลผลิต และ ความยั่งยืน แตกต่างกันไปตามลักษณะของเทคโนโลยี

การผลิตทางการเกษตรในทศวรรษหน้า จะเป็นการผลิตที่ต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก เกษตรยั่งยืน เกษตรอินทรีย์ และ เศรษฐกิจจากฐานชีวภาพจะมีมากขึ้น การเกษตรในทศวรรษหน้า จะเป็นการเกษตรดิจิทัลมากขึ้น ประเด็นที่ท้าทายคือ ทำอย่างไร ที่จะให้ความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีเกษตร และ ความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจสังคมแวดล้อมภาคเกษตร ส่งผลต่อความมั่นคงและปลอดภัยทางอาหารของประชากรโลก และต่อความกินดีอยู่ดีของเกษตรกรโดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อย กระบวนการศึกษาและวิจัยในประเทศต่างๆ โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาจะต้องปรับตัวอย่างไร จะทำอย่างไรที่จะลดช่องว่างของภาคการผลิตเกษตรในโลกที่ทันสมัย กับภาคการผลิตเกษตรภาคดั้งเดิม และช่องว่างนี้ส่งผลต่อภาคเกษตรและเกษตรกรในประเทศที่ยังไม่สามารถปรับตัวได้อย่างไร เหล่านี้เป็นประเด็นที่ท้าทายที่ต้องการคำตอบภายในทศวรรษหน้า

8. กิติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนโดยแผนงานคนไทย 4.0 ผู้เขียนขอขอบคุณ ศ.ดร. มิ่งสรรพ์ ขาวสะอาด และผู้ทรงคุณวุฒิของแผนงาน 4.0 ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับบทความนี้

9. เอกสารอ้างอิง

Alexandratos, N. 2012. "World Agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision." :154.

Ammann, K. 2009. "Why farming with high tech methods should integrate elements of organic agriculture." Available at: https://www.researchgate.net/publication/26323350_Why_farming_with_high_tech_methods_should_integrate_elements_of_organic_agriculture. Accessed on June 15, 2020

Armanda, D.T., J.B. Guinée, and A. Tukker. 2019. "The second green revolution: Innovative urban agriculture's contribution to food security and sustainability – A review." *Global Food Security* 22:13–24.

Arora, N.K., and J. Mishra. 2016. "Prospecting the roles of metabolites and additives in future bioformulations for sustainable agriculture." *Applied Soil Ecology* 107:405–407.

Arthurs, S., and S.K. Dara. 2019. "Microbial biopesticides for invertebrate pests and their markets in the United States." *Journal of Invertebrate Pathology* 165:13–21.

Bera, R. 2019. "Status, Potential and New Technologies in Organic Farming." *Kurukshetra* 67(7):16-19.

Bioeconomy Summit. 2015. *Communiqué of the Global Bioeconomy Summit 2015:Making bioeconomy work for sustainable development*. Berlin.

Birkenberg, A. 2017. *Using certification for climate change mitigation in the agri-food sector: A case study of carbon neutral certified coffee from Costa Rica*. Ph.D. thesis, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.

Birner, R. and C. Pray. 2017. "Bioeconomy" In Serraj, R., and P.L. Pingali eds. 2019. *Agriculture & food systems to 2050: global trends, challenges and opportunities*. New Jersey: World Scientific, pp.503-544.

Bouis, H. E. and A. Saltzman. 2017. "Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. " Global Food Security 12 (2017) 49–58. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.009

Braga, F. 2016. "Leadership in Sustainable Agribusiness, Innovation, and Solar Thermal Renewable Energy: Opportunities for Sustainable Agribusiness." *International Journal on Food System Dynamics* Vol 7:143-182.

Broadband Commission for Digital Development. 2015. *The State of Broadband 2015: Broadband as a Foundation for Sustainable Development*. Geneva: International Telecommunication Union and United Nations Educational, Scientific and Cultural

Organization. Consequence of climate mitigation on the risk of hunger. *Environ. Sci. Technol.*, 49(12), pp. 7245–7253. https://doi.org/10.1021/es5051748.

Bünemann, E.K., G. Bongiorno, Z. Bai, R.E. Creamer, G. De Deyn, R. de Goede, L. Fleskens, V. Geissen, T.W. Kuyper, P. Mäder, M. Pulleman, W. Sukkel, J.W. van Groenigen, and L. Brussaard. 2018. "Soil quality – A critical review." *Soil Biology and Biochemistry* 120:105–125.

Carletto, C., Jolliffe, D., and Banerjee, R. (2015). From tragedy to renaissance: Improving agricultural data for better policies. *Journal of Development Studies* 51, pp. 133–148.

Chandra, A., P. Dargusch, K.E. McNamara, A.M. Caspe, and D. Dalabajan. 2017. "A Study of Climate-Smart Farming Practices and Climate-resiliency Field Schools in Mindanao, the Philippines." *World Development* 98:214–230.

Chowdhary, K., A. Kumar, S. Sharma, R. Pathak, and M. Jangir. 2018. "Ocimum sp.: Source of biorational pesticides." *Industrial Crops and Products* 122:686–701.

Conway, G. and J. Waage. 2010. *Science and innovation for development*. London: UK Collaborative on Development Sciences.

Dias, L., J.P. Gouveia, P. Lourenço, and J. Seixas. 2019. "Interplay between the potential of photovoltaic systems and agricultural land use." *Land Use Policy* 81:725–735.

du Jardin, P. 2015. "Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation." *Scientia Horticulturae* 196:3–14.

Dugarova, E. and N. Gulasan. 2017. *Global Trends: Challenges and Opportunities in the Implimentation of the Sustainable Development Goals*. United Nations Development Program and United Nations Research Institute for Development

Duhan, J.S., R. Kumar, N. Kumar, P. Kaur, K. Nehra, and S. Duhan. 2017. "Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture." *Biotechnology Reports* 15:11–23.

Elzakker, B. van, and F. Eyhorn. 2010. *Developing sustainable value chains with smallholders*. Bonn: Internat. Fed. of Organic Agriculture Movements (IFOAM) [u.a.].

Fischer, R.A., and D.J. Connor. 2018. "Issues for cropping and agricultural science in the next 20 years." *Field Crops Research* 222:121–142.

Food and Agriculture Organization of the United Nations ed. 2017. *The future of food and agriculture: trends and challenges*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ganguly, K., A. Gulati, and J. von Braun. 2017. "Innovations Spearheading the next Transformations in India's Agriculture." *SSRN Electronic Journal*. Available at: https://www.ssrn.com/abstract=3000345 [Accessed April 28, 2020].

Geronimi, V., and A. Taranco. 2018. "Revisiting the Prebisch-Singer hypothesis of a secular decline in the terms of trade of primary commodities (1900–2016). A dynamic regime approach." *Resources Policy* 59:329–339.

GHD and AgThentic. 2018. *Emerging technologies in agriculture: Consumer perceptions around emerging Agtech*. Sydney: AgriFutures Australia.

Gouda, S., R.G. Kerry, G. Das, S. Paramithiotis, H.-S. Shin, and J.K. Patra. 2018. "Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture." *Microbiological Research* 206:131–140.

Grundy, M.J., B.A. Bryan, M. Nolan, M. Battaglia, S. Hatfield-Dodds, J.D. Connor, and B.A. Keating. 2016. "Scenarios for Australian agricultural production and land use to 2050." *Agricultural Systems* 142:70–83.

GSMA. 2017. *The mobile economy 2017*. London.

Haddad, L. 2020. "Viewpoint: A view on the key research issues that the CGIAR should lead on 2020–2030." *Food Policy* 91:101824.

Hamed, S.M., A.A. Abd El-Rhman, N. Abdel-Raouf, and I.B.M. Ibraheem. 2018. "Role of marine macroalgae in plant protection & improvement for sustainable agriculture technology." *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences* 7(1):104–110.

Hasegawa, T., S. Fujimori, Y. Shin, A. Tanaka, K. Takahashi, and T. Masui. 2015. "Consequence of Climate Mitigation on the Risk of Hunger." *Environmental Science & Technology* 49(12):7245–7253.

Hatting, J.L., S.D. Moore, and A.P. Malan. 2019. "Microbial control of phytophagous invertebrate pests in South Africa: Current status and future prospects." *Journal of Invertebrate Pathology* 165:54–66.

Hibberd, J. M., J.E. Sheehy, J.A. Langdale. 2008. "Using C4 photosynthesis to increase the yield of rice-rationale and feasibility." *Current Opinion Plant Biology* 11:228–231

Hibberd, J. M., J.E. Sheehy, J.A. Langdale. 2008. "Using C4 photosynthesis to increase the yield of rice-rationale and feasibility." *Current Opinion Plant Biology* 11:228–231

Hernández-Morcillo, M., P. Burgess, J. Mirck, A. Pantera, and T. Plieninger. 2018. "Scanning agroforestry-based solutions for climate change mitigation and adaptation in Europe." *Environmental Science & Policy* 80:44–52.

https://ag.purdue.edu/agry/ADE/Pages/Precision-Agriculture.aspx

https://bulletin.ndsu.edu/undergraduate/program-curriculum/precision-agriculture/

https://catalog.oregonstate.edu/college-departments/agricultural-sciences/crop-soil-science/crop-soil-science-bs-hbs/agronomy-option/#requirementstext)

https://majors.missouri.edu/agricultural-systems-management-bs/

Hou, D., N.S. Bolan, D.C.W. Tsang, M.B. Kirkham, and D. O'Connor. 2020. "Sustainable soil use and management: An interdisciplinary and systematic approach." *Science of The Total Environment* 729:138961.

International Telecommunication Union (ITU). 2015. *ICT Facts and Figures: The World in 2015*. Geneva. IoT Blooms in Malaysian Agro-Sector. 2018. Accessed: 2 Jun 2020. [Online]. Available: https://www.tmone.com.my/insights/think-tank/articles/iot-blooms-in-malaysian-agro-sector

IOT Policy Document in India. Accessed: 2 June 2020. [Online]. Available: https://meity.gov.in/sites/upload _ _ les/dit/ _ les/Draft-IoT-Policy(1).pdf .

ISAAA. 2018. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2018. ISAAA *Brief* No. 54. ISAAA: Ithaca, NY.

James, Clive. 2015. 20th Anniversary (1996 to 2015) of the Global Commercialization of Biotech Crops and Biotech Crop Highlights in 2015. *ISAAA Brief* No. 51. ISAAA: Ithaca, NY.

Kamthan, A., A. Chaudhuri, M. Kamthan, and A. Datta. 2016. "Genetically modified GM crops milestones and new advances" *Theoretical and applied genetics* 129(9).

Kanwar, A, K. Balasubramanian and V. Balaji 2015. "Agricultural_Higher_Education--Non_Traditional_Models_Transcript.pdf." In *Agricultural Higher Education in the 21st Century: A global challenge in knowledge transfer to meet world demands for food security and sustainability. Zaragoza, Spain June 2015*. Spain.

Kellner, Tomas. 2014. The Future of Agriculture? Indoor Farms Powered by LEDs. Available at https://www.ge.com/reports/post/105532612260/the-future-of-agriculture-indoor-farms-powered-by/ Accessed 12 June 2020.

Klerkx, L., E. Jakku, and P. Labarthe. 2019. "A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda." *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 90–91:100315.

Koch, A. 2017. IoT in Agriculture. How is it Evolving and Which Policy Areas Need Addressing to Facilitate Its Uptake. Accessed: 2 June 2020. [Online]. Available: http://www.farminstitute.org.au/LiteratureRetrieve.aspx?ID=157672 .

Knudsen, M.T., N. Halberg, J.E. Olesen, J. Byrne, V. Iyer, and N. Toly. 2006. "Global trends in agriculture and food systems." In N. Halberg, H. F. Alrøe, M. T. Knudsen, and E. S. Kristensen, eds. *Global development of organic agriculture: challenges and prospects*. Wallingford: CABI, pp. 1–48. Available at: http://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20063090469 [Accessed April 21, 2020].

Kristinsson, H.G., and H.Ó. Jörundsdóttir. 2019. “Food in the bioeconomy.” *Trends in Food Science & Technology* 84:4–6.

Kundu, M., P. Krishnan, R.K. Kotnala, and G. Sumana. 2019. “Recent developments in biosensors to combat agricultural challenges and their future prospects.” *Trends in Food Science & Technology* 88:157–178.

Lagermann, B. 2018. “BeeScanning-detect danger in time.” Paper presented in “Revolution in Food and Biomass Production (REFAB)” conference in Cologne on October 1st and 2nd, 2018 Available online at http://refab.info/programme/ accessed on 13 June 2020.

Langdale, J.A. 2011 “C4 cycles: past, present, and future research on C4 photosynthesis.” *Plant Cell* 23:3879–3892

Langridge, P. 2019. “Innovation in Breeding and Biotechnology. ” In Serraj, R., and P.L. Pingali eds. 2019. *Agriculture & food systems to 2050: global trends, challenges and opportunities*. New Jersey: World Scientific, pp.245-284.

Lezoche, M., J.E. Hernandez, M. del M.E. Alemany Díaz, H. Panetto, and J. Kacprzyk. 2020. “Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture.” *Computers in Industry* 117:103187.

Maciejczak, M., and J. Faltmann. 2018. “Assessing Readiness Levels of Production Technologies for Sustainable Intensification of Agriculture.” *Applied Studies in Agribusiness and Commerce* 12(1–2):47–52.

Maggio, A.; F. Scapolo, T. van Criekinge and R. Serraj. 2019. “Global Drivers and Megatrends in Agri-Food Systems.” In Serraj, R., and P.L. Pingali eds. 2019. *Agriculture & food systems to 2050: global trends, challenges and opportunities*. New Jersey: World Scientific, pp. 47-83

Mahbub, M. 2020. “A smart farming concept based on smart embedded electronics, internet of things and wireless sensor network.” *Internet of Things* 9:100161.

Manning, J., G. Cronin, L. Gonzalez, E. Hall, A. Merchant and L. Ingram. 2017. “The behavioural responses of beef cattle (*Bos taurus*) to declining pasture availability and the use of GNSS technology to determine grazing preference.” *Agriculture,* 7(45), pp. 1–12.

Matloob, A., M. Ehsan Safdar, T. Abbas, F. Aslam, A. Khaliq, A. Tanveer, A. Rehman, and A. Raza Chadhar. 2020. “Challenges and prospects for weed management in Pakistan: A review.” *Crop Protection* 134:104724.

Milani, N., G.M. Hettiarachchi, J.K. Kirby, D.G. Beak, S.P. Stacey, M.J. McLaughlin, Fate of zinc oxide nanoparticles coated onto macronutrient fertilizers in an alkaline calcareous soil, PLoS One 10 (2015), http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0126275.

Neethirajan, S., K.V. Ragavan, and X. Weng. 2018. “Agro-defense: Biosensors for food from healthy crops and animals.” *Trends in Food Science & Technology* 73:25–44.

NIFA (National Institute of Food and Agriculture). 2017. Precision agriculture in animal production. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. Accessed July 16, 2020 https://nifa.usda.gov/precision-agriculture-animal-production

nova-Institute GmbH. 2018. “High-tech strategies for small farmers and organic farming.” Available at: http://news.bio-based.eu/high-tech-strategies-for-small-farmers-and-organic-farming/.

Numata, I., D. A. Roberts, O.A. Chadwick, J. Schimel, F.R. Sampaio, F.C. Leonida and J.V. Soares. 2007. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. *Remote Sensing Environment* 109, pp. 314–327.

Oakes, K. 2018. “Bringing Tech to the farm. Technology is helping farmers feed the world. It can also make agriculture more environmentally friendly – for conventional and organic farmers alike.” *Technologist* (10 December). Available at: http://www.technologist.eu/bringing-tech-to-the-farm. Accesses on 15 June 2020.

Obeng, G.Y., H-D. Evers, F.O. Akuffo, I. Braimah, and A. Brew-Hammond. 2008. "Solar Photovoltaic Electrification and Rural Energy-poverty in Ghana." *Energy for Sustainable Development* XII: 43-54.

Park, H.M., X. Li, C.Z. Jin, C.Y. Park, W.J. Cho, C.S. Ha. 2002. Preparation and properties of biodegradable thermoplastic starch/clay hybrids, Macromolecular Materials and Engineering 287:553–558.

Peterson, C.A., V.T. Eviner, and A.C.M. Gaudin. 2018. “Ways forward for resilience research in agroecosystems.” *Agricultural Systems* 162:19–27.

Pew Research Center. 2016. *Global attitudes and trends*. Survey Reports. Washington, DC.

Pivoto, D., P.D. Waquil, E. Talamini, C.P.S. Finocchio, V.F. Dalla Corte, and G. de Vargas Mores. 2018. “Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil.” *Information Processing in Agriculture* 5(1):21–32.

Prebisch, R., 1950. The Economic Development of Latin America and its Principal Problems. New York.

Psirofonia, P., Samaritakis, V., Eliopoulos, P., Potamitis, I., 2017. Use of Unmanned Aerial Vehicles for Agricultural Applications with Emphasis on Crop Protection: Three Novel Case-studies. International Journal of Agricultural Science and Technology. 5(1), 30–39.

Raliya, R., R. Nair, S. Chavalmane, W.N. Wang, P. Biswas, Mechanistic evaluation of translocation and physiological impact of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles on the tomato (Solanum lycopersicum L.) plant, Metallomics 12(2015) 1584–1594.

Raney, T., and I. Matuschke. 2010. "Genetically modified crops in developing countries: Back to the future." Paper prepared for presentation at the 14th ICABR Conference "Bioeconomy Governance: Policy, Environmental and Health Regulation, and Public Investments in Research" Ravello, Italy, June 16-18, 2010:1-32.

Robinson, K., D. Westfall-Rudd, T. Drape, and H. Scherer. 2018. "Conceptualizing Integrative Agricultural Education: Introductory Framework for Integrating Mathematics in Agricultural Curriculum." *Journal of Agricultural Education* 59(4):253–269.

Roller, S. and S. Harlander. 1998. "Modern Food Biotechnology: Overview of Key Issues". In Roller, Sibel; Susan Harlander (eds.). *Genetic Modification in the Food Industry: A Strategy for Food Quality Improvement*. London: Blackie. pp. 5–26

Sabarina, K. and N. Priya. 2015. Lowering data dimensionality in big data for the benefit of precision agriculture. *Procedia Computer Science* 48, pp. 548–554.

Serraj, R., L. Krishnan and P. Pingali. 2019. "Agriculture and Food Systems to 2050: A Synthesis." In Serraj, R., and P.L. Pingali eds. 2019. *Agriculture & food systems to 2050: global trends, challenges and opportunities*. New Jersey: World Scientific, pp.3-45.

Serraj, R., and P.L. Pingali eds. 2019. *Agriculture & food systems to 2050: global trends, challenges and opportunities*. New Jersey: World Scientific.

Sharma, H., A. Haque, and Z.A. Jaffery. 2019. "Maximization of wireless sensor network lifetime using solar energy harvesting for smart agriculture monitoring." *Ad Hoc Networks* 94:101966.

Singer, H.W., 1950. The distribution of gains between Investing and Borrowing countries. *American Economic Review*. 40, 473–485. https://doi.org/10.2307/1818065.

Smith, R., L. Manning, and G. Conley. 2019. "Integrating Entrepreneurship into the curriculum in UK presentation final.pptx." Available at: https://www.researchgate.net/publication/337448344_Integrating_Entrepreneurship_into_the_curriculum_in_UK_Agricultural_Universities.

SPARC. 2016. Farming with robots. Accessed July 16, 2020 http://robohub.org/farming-with-robots/

Spiertz, J.H.J., and M.J. Kropff. 2011. "Adaptation of knowledge systems to changes in agriculture and society: The case of the Netherlands." *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 58(1–2):1–10.

Spinola, D. 2020. "Uneven development and the balance of payments constrained model: Terms of trade, economic cycles, and productivity catching-up." *Structural Change and Economic Dynamics* 54:220–232.

Sylvester, G., Food and Agriculture Organization of the United Nations, and International Telecommunication Union. 2018. *E-agriculture in action: drones for agriculture*. Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union.

Takács-György, K., E. Lencsés, and I. Takács. 2013. "Economic benefits of precision weed control and why its uptake is so slow." *Studies in Agricultural Economics* 115(1):40–46.

Tal, Y. 2018. "Mass Cultivation and Processing of Marine Seaweeds under 'Clean Sea' Production Technology." Available at: http://refab.info/programme/#S09.

Talaviya, T., D. Shah, N. Patel, H. Yagnik, and M. Shah. 2020. "Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides." *Artificial Intelligence in Agriculture* 4:58–73.

Telekom Malaysia Group. 2018. "IoT Blooms in Malaysian Agro-sector". Accessed July 16, 2020 https://www.tmone.com.my/insights/think-tank/articles/iot-blooms-in-malaysian-agro-sector

Tikas, G.D., and K.B. Akhilesh. 2020. "Smart Agriculture: A Tango Between Modern IoT-Based Technologies and Traditional Agriculture Techniques." In K. B. Akhilesh and D. P. F. Möller, eds. *Smart Technologies*. Singapore: Springer Singapore, pp. 387–394. Available at: http://link.springer.com/10.1007/978-981-13-7139-4_29 [Accessed April 27, 2020].

Wan Ab Karim Ghani, W.A., M.A.M. Salleh, S.N. Adam, H.Z.M. Shafri, S.N. Shaharum, K.L. Lim, N.J. Rubinsin, H.L. Lam, A. Hasan, S. Samsatli, J.F. Tapia, R. Khezri, I.F.M. Jaye, and E. Martinez-Hernandez. 2019. "Sustainable bio-economy that delivers the environment–food–energy–water nexus objectives: The current status in Malaysia." *Food and Bioproducts Processing* 118:167–186.

Wang, A., C. Ran, Y. Wang, Z. Zhang, Q. Ding, Y. Yang, R.E. Olsen, E. Ringø, J. Bindelle, and Z. Zhou. 2019. "Use of probiotics in aquaculture of China—a review of the past decade." *Fish & Shellfish Immunology* 86:734–755.

Willer, H. and L. Kilcher (eds.). 2010. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2010. IFOAM, Bonn and FiBL, Frick

Weeks, K.J. 2019. Twenty-first century skills: A needs assessment of school-based agricultural education teachers. Master of Science in Ag extension and eduation. Utah, U.S.A: Utah State University.

Wolfert, J., Sørensen, C.G., Goense, D., 2014. A Future Internet Collaboration Platform for Safe and Healthy Food from Farm to Fork, Global Conference (SRII), 2014 Annual SRII. IEEE, San Jose, CA, USA, pp. 266–273. Wolfert, J., Sørensen, C.G., Goense, D., 2014. A Future Internet Collaboration Platform for Safe and Healthy Food from Farm to Fork, Global Conference (SRII), 2014 Annual SRII. IEEE, San Jose, CA, USA, pp. 266–273.

Wolfert, S., L. Ge, C. Verdouw, and M.-J. Bogaardt. 2017. "Big Data in Smart Farming – A review." *Agricultural Systems* 153:69–80.

WPG (WP Group). 2019. Is artificial intelligence the future of farming? Accessed July 16, 2020. https://www.thewp-group.co.uk/blog/is-artificial-intelligence-the-future-of-farming/

United Nations Development Programme. 2010. *Human Development Report 2010: 20th Anniversary Edition*: *The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development.* Basingstoke, United Kingdom: Palgrave Macmillan.

Yanbo Huang and M. E. Brown*. 2019.* "Advancing to the Next Generation of Precision Agriculture." In Serraj, R., and P.L. Pingali eds. 2019. *Agriculture & food systems to 2050: global trends, challenges and opportunities*. New Jersey: World Scientific, pp.285-314.

Yanes, A.R., P. Martinez, and R. Ahmad. 2020. "Towards automated aquaponics: A review on monitoring, IoT, and smart systems." *Journal of Cleaner Production* 263.

Zilberman, D., E. Kim, S. Kirschner, S. Kaplan, and J. Reeves. 2013. "Technology and the future bioeconomy: D. Zilberman et al." *Agricultural Economics* 44(s1):95–102.