บทที่ 2
ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์

2.1 การปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical garden)

ความเป็นมาของการปลูกพืชแนวตั้งพบว่ามีรากฐานมาจากประวัติศาสตร์ของ the Hanging Gardens of Babylon เป็นหนึ่งในเจ็ดสิ่งมหัศจรรย์ของโลก เป็นสวนที่ปลูกพืชบนอาคารเป็นชั้น ๆ ขึ้นไปโดยปลูก องุ่น กุหลาบเลื้อยไปตามผนัง เป็นต้น รูปที่ 2.1 แสดงการจำลองภาพของ the Hanging Gardens of Babylon

รูปที่ 2.1 แสดงการจำลองภาพของ the Hanging Gardens of Babylon
ที่มา: www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation/

การปลูกพืชในแนวตั้งถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ในปี ค.ศ. 1920 มีการปลูกพันธุ์ไม้เลื้อยบนผนังบ้านในเมืองของประอังกฤษ และสหรัฐอเมริกา มีการนำสวนในแนวตั้งมาเน้นการใช้ประโยชน์ในงานด้านภูมิสถาปัตยกรรมในการประดับตกแต่งอาคารเช่น ในปี ค.ศ. 1993 มีการจัดสวนแนวตั้ง ใน the Universal City Walk ในเมือง แคลิฟอร์เนีย (รูปที่ 2.2) ในปี ค.ศ. 2002 จัดสวนแนวตั้งใน MFO park เมือง ซูริด ประเทศสวิทเซอแลนด์ (รูปที่ 2.3) ในปี ค.ศ.2005 มีการจัดสวนแนวตั้งที่ออกแบบระบบสวน 30 ระบบที่สามารถเป็นสวนแนวตั้งได้ในงาน Aichi Expo Bio Lung Exhibition ประเทศญี่ปุ่น (รูปที่ 2.4)

รูปที่ 2.2 the Universal City Walk

ที่มา: www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation/

รูปที่ 2.3 the MFO Park in Zurich, Switzerland.

ที่มา: www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation/

รูปที่ 2.4 สวนแนวตั้งได้ในงาน Aichi expo bio Lung exhibition

ที่มา: www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation/

ในงานการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกปี 2012 ที่ประเทศอังกฤษเป็นเจ้าภาพมีการจัดสวนแนวตั้งเลียนแบบภาพเขียนชื่อ‘A Wheatfield, with Cypresses’ ของศิลปินชื่อดัง Van Gogh ในจัตุรัส Trafalgar Square กรุงลอนดอน ในชื่อ Van Gogh Vertical Garden (รูปที่ 2.5) เป็นต้น

รูปที่ 2.5 Van Gogh Vertical Garden ‘A Wheatfield, with Cypresses’. by Van Gogh

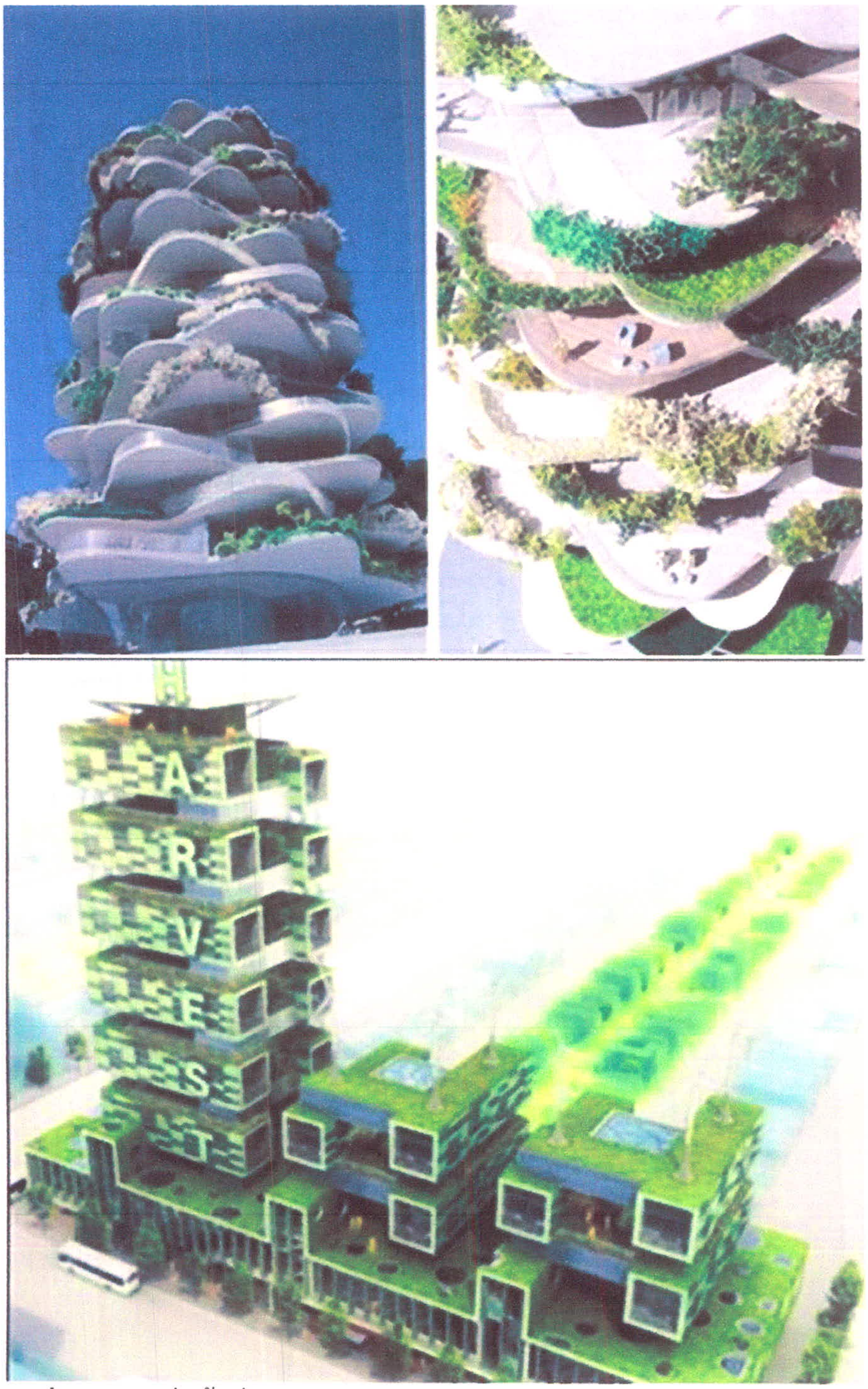
ที่มา: www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation/

การขาดแคลนพื้นที่สีเขียวในเมือง ความหนาแน่นของอาคารในเมืองใหญ่ การสะสมก๊าซพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและการใช้ยานพาหนะในเมืองการใช้เครื่องปรับอากาศ ขยะและสิ่งปฏิกูลที่เกิดในชุมชนเมืองล้วนเป็นสาเหตุของเกาะความร้อนในเมือง (urban heat island) มีสถาปนิกหลายคนมีแนวความคิดที่นำเอาการปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical garden) ใช้เป็นพื้นที่สีเขียวทดแทนพื้นที่ราบแนวนอนซึ่งมีน้อยในเขตเมือง พาสินี สุนากร. (2550)

นอกจากเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับเมืองแล้วยังมีข้อดีอีกหลายประการได้แก่ ช่วยลดความร้อนของผนังอาคารที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร ทำให้ภายในตัวอาคารเย็นลงลดการใช้เครื่องปรับอากาศภายในอาคารทำให้ประหยัดพลังงาน ช่วยเพิ่มออกซิเจนให้อากาศและดูดซับก๊าซที่ก่อมลภาวะ เช่น CO_2 ดักจับฝุ่นละอองในอากาศโดยใบดูดซับสารระเหยที่เป็นพิษ ลดแสงสะท้อนจากผนังอาคารต่าง ๆและลดการแผ่รังสีสู่บรรยากาศเป็นผลให้ลดภาวะเกาะความร้อนในสภาพแวดล้อมเมือง ให้ความรู้สึกที่ผ่อนคลายแก่จิตใจ ลดความเครียดจากการได้ชื่นชมความงามของพันธุ์ไม้ต่างๆ ประโยชน์ของสวนแนวตั้งที่มีต่อเกาะความร้อนในสภาพแวดล้อมเมือง (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2004) ในการจัดสวนแนวตั้งขั้นพื้นฐานใช้หลักการปลูกแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) โดยสารอาหารที่พืชต้องการจะถูกผสมลงในถังน้ำและใช้ปั๊มน้ำสูบน้ำจากถังส่งไปสู่ต้นไม้ที่แขวนห้อยอยู่บนผนังซึ่งมีการออกแบบวัสดุปลูกและภาชนะที่ใช้ปลูกต้นพืชแตกต่างกันออกไป เช่น ใช้ผ้าสักหลาดตัดเย็บให้เป็นถุงกระเป๋าต่อเนื่องกันเป็นผืน (Patrick B., 2009) หรือใช้กล่องพลาสติกยึดติดกับโครงเหล็กวางซ้อนเป็นชั้นต่อเนื่องกันไปในแนวตั้ง เป็นต้น แล้วนำต้นไม้ปลูกลงในกระเป๋าพรมหรือกล่องพลาสติกตามที่ได้ออกแบบไว้ ในกรณีที่เป็นพรมจะให้น้ำที่ใช้รดต้นไม้ไหลซึมผ่านผ้าสักหลาดลงสู่ด้านล่าง ส่วนกรณีใช้กล่องพลาสติกใช้การเจาะรูให้น้ำที่ใช้รดต้นไม้ไหลผ่านรูแล้วหยดลงในกล่องใบที่อยู่ด้านล่างต่อไป

รูปที่ 2.6 การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนตึก

ที่มา: www.green.in.th/blog/design/2035



รูปที่ 2.7 การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนตึก
ที่มา: www.green.in.th/blog/design/2035

จากสภาพปัญหาการขาดแคลนอาหารในช่วงภาวะวิกฤตต่างๆ การเข้าถึงอาหารที่ปลอดภัยของสังคมเมือง การประหยัดค่าครองชีพ โดยการผลิตอาหารบางส่วนได้เองบ้างในบ้าน เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารและการผลิตอาหารที่ปลอดภัยต่อคนในครอบครัว จึงได้มีการนำเอาแนวคิดการจัดสวนในแนวตั้งที่ใช้ในงานด้านภูมิทัศน์ที่ใช้ตกแต่งสถานที่เปลี่ยนมาเป็นการปลูกพืชอาหารโดยใช้ประโยชน์จากพื้นที่แคบต่างๆที่ใน

อาคารบ้านเรือนของคนในชุมชนเมืองเช่นดาดฟ้า ผนังบ้าน ผนังรั้วเนื่องจากชุมชนเมืองไม่มีที่ดินที่สามารถทำการเกษตรในพื้นที่ราบได้ Britta, and Rebecca, (2010) นำเอาการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ที่มีอย่างจำกัดโดยการปลูกพืชอาหารแนวตั้งที่เรียกว่าโครงการ "Window Farms" ใช้หลักการปลูกแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) โดยสารอาหารที่พืชต้องการจะถูกผสมอย่างเจือจางในน้ำซึ่งปั๊มมาจากถังน้ำส่งไปสู่ต้นไม้ที่แขวนห้อยอยู่บนผนัง หลังจากนั้นน้ำจากต้นไม้ต้นบนสุดก็จะไหลหยดลงสู่ต้นที่ต่ำกว่า กระถางที่ใช้ปลูกต้นไม้นั้นอาจทำมาจากขวดน้ำดื่มพลาสติกหรือวัสดุใช้แล้วอื่น ๆ สามารถปลูกพืชได้หลากหลายชนิด เช่น ถั่ว มะเขือเทศ แตงกว่า ผักสลัด ใบโหระพา ผักกาดหอม ไปจนถึงผักคะน้าเป็นต้น

รูปที่ 2.8 Window Farms ปลูกผักยุคไฮเทค.

ที่มา: www.veggiehomeshow.blogspot.com/2012_05_01_archive.html

2.2 การปลูกพืชกับแหล่งธาตุอาหารพืชที่มาจากน้ำเลี้ยงปลา (Aquaponics)

มีแนวคิดมากมายที่พัฒนาขึ้นมาจากการนำเอาการปลูกพืชในสารละลายที่ใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช (การปลูกพืชระบบไฮโดรโพนิกส์) มาพัฒนาร่วมกับการปลูกต้นไม้ในแนวตั้งที่เป็นแนวคิดของการ

แก้ไขปัญหาของเกาะความร้อนในชุมชนเมือง (urban heat island) จากพืชประดับมาเป็นพืชอาหาร และแนวคิดของคนในโลกตะวันออกที่ปลูกพืชในน้ำเช่น ผักบุ้งแก้ว ผักกระเฉด ที่ปลูกในน้ำที่มีการเลี้ยงปลาเป็นองค์ประกอบด้วย

เริ่มจาก ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์(www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=10042.0) ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยให้ความหมายถึง Aquaponics คือ การรวมระบบของการเลี้ยงสัตว์น้ำและการปลูกพืชเข้าด้วยกัน ซึ่งในปัจจุบันทำได้โดยการเลี้ยงปลาแบบน้ำไหลเวียนร่วมกับการปลูกพืชผัก สมุนไพรด้วยระบบ hydroponic ซึ่งเป็นการพัฒนาขั้นสูงของนักวิจัยและผู้ปลูกพืชผัก เพื่อให้เกิดต้นแบบการผลิตอาหารแบบยั่งยืนเพื่อเลี้ยงประชากรโลกในอนาคต ปัจจุบัน Aquaponics เปรียบเหมือนต้นแบบของการผลิตอาหารแบบยั่งยืน โดยยึดถือหลักการที่แน่นอน ดังนี้คือ

1. ผลิตภัณฑ์ของเสียของระบบชีววิทยาชนิดหนึ่ง สามารถผลิตสารอาหารให้ระบบชีววิทยาอีกชนิดหนึ่งได้อย่างเหมาะสม

2. การรวมการผลิตพืชและการเลี้ยงปลาเป็นผลของการผลิตแบบหลากหลาย (Polyculture) ซึ่งจะเพิ่มความหลากหลายและได้ผลผลิตแบบทวีคูณ เป็นระบบนิเวศแบบเกื้อกูลกัน

3. น้ำถูกกรองโดยผ่านการกรองทางชีววิธี และนำกลับมาใช้ซ้ำและ

4. เป็นการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพปราศจากสารเคมีสามารถผลิตได้ทั่วไป ช่วยยกระดับเศรษฐกิจระดับท้องถิ่นได้

ในระบบ Aquaponics น้ำที่ออกจากการเลี้ยงปลาอุดมไปด้วยธาตุอาหารพืช ซึ่งได้จากสิ่งปฏิกูลของปลาถูกนำมาใช้ในการให้ปุ๋ยกับระบบการปลูกพืชแบบ hydroponic ซึ่งการปฏิบัติในลักษณะนี้เป็นสิ่งที่ดีสำหรับปลา เพราะรากพืชและจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณรากพืช จะใช้ธาตุอาหารเหล่านี้จากน้ำในถังเลี้ยงปลา สารอาหารเหล่านี้เป็นสิ่งที่มีการผสมผสานกันหลายชนิดจากสิ่งปฏิกูลของปลา สาหร่ายและการย่อยสลายของอาหารปลา ซึ่งสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้จะทวีความเป็นพิษรุนแรงขึ้นในถังเลี้ยงปลา แต่สิ่งเหล่านี้ก็ทำหน้าที่แทนปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชแบบ hydroponic

ใน ทางกลับกันรางปลูก hydroponic ทำหน้าที่เป็นระบบกรองแบบชีววิธี ซึ่งจะเปลี่ยนสารประกอบพวกแอมโมเนียให้กลายเป็นสารประกอบพวกไนไตรท์และไนเตรทตามลำดับ รวมถึงสารประกอบในกลุ่มพวกฟอสฟอรัส ทำให้น้ำมีความสะอาดเพียงพอซึ่งจะถูกนำกลับมาใช้ในถังเลี้ยงปลา นอกจากนั้นยังพบว่าบักเตรีบางชนิด เช่น Nitrifying bacteria ที่เปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตร์ (Nitrie) และไนเตรท (Nitrate) ที่อาศัยอยู่ในกรวดและอยู่ร่วมกับรากพืช สามารถแสดงบทบาทในวัตรจักรอาหาร ในกลุ่มของไนโตรเจนได้ ซึ่งถ้าปราศจุลินทรีย์เหล่านี้ระบบทั้งหมดจะหยุดทำงานทันที นักปลูกพืชและเกษตรกรได้พูดถึงอควาโปรนิกส์ได้หลายเหตุผล ดังนี้

Aquaponics เป็นต้นแบบที่สามารถทำงานได้จริงในการผลิตอาหารแบบยั่งยืน โดยเป็นการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์รวมเข้าด้วยกัน มีการหมุนเวียนสารอาหารและการกรองน้ำร่วมกัน aquaponics นอกจากเป็นการประยุกต์ใช้เพื่อเชิงการค้า ยังเป็นแนวคิดที่นิยมในการถ่ายทอดในเรื่องของการรวมระบบทาง

ชีววิทยากับการท่องเที่ยวเชิงเกษตร และการเรียนการสอนทางเทคโนโลยีของ aquaponics เป็นเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อน ต้องการการจัดการและการตลาดของผลผลิตที่แตกต่างกันสองผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งปี 1980 ได้มีความพยายามอย่างมากที่จะผสมผสานไฮโดรโปนิกส์และการเลี้ยงปลาหรือสัตว์น้ำ และในที่สุดได้เกิดเป็นเทคโนโลยีที่เรียกว่า aquaponics ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตอาหารที่ปราศจากการปนเปื้อนของสารเคมี และเป็นการผลิตอย่างยั่งยืนไม่เกิดผลกระทบต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม (www.kasetporpeang.com /forums /index.php?topic=10042.0)

จาก http://www.naewna.com/news.asp?ID=58766 กล่าวถึง การพัฒนา ระบบ aquaponics ให้สมบูรณ์ ต้องเข้าใจพื้นฐาน 2 เรื่อง คือ เลี้ยงปลาและปลูกพืช แยกออกจากกัน แล้วค่อยมาผสมผสานให้สอดคล้องกันให้มากที่สุดการเลี้ยงปลา จะเป็นการเลี้ยงในระบบที่ต้องหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่

1. ในบ่อต้องมีออกซิเจนเพียงพอ รากพืชเองก็ต้องการอากาศด้วย จึงควรเติมอากาศทั้งสองส่วน

2. ปลาชอบน้ำความเป็นกรดด่างระหว่าง 6.5 - 8.5 แต่พืชต้องการ 6.0-6.5 ไม่เกิน 7.0 เพราะพืชจะดูดสารอาหารได้น้อยลง สำหรับไฮโดรโปนิส์ จึงต้องปรับให้เหลือใกล้เคียง 7 มากที่สุด

3. พืชต้องการธาตุอาหาร 13 ชนิด แต่บ่อปลาให้ธาตุอาหารพืชได้ไม่เพียงพอ (จากการย่อยสลายของอาหารปลาและขี้ปลา) ขาดไป 2 -3 ชนิด ต้องหาวิธีเติมให้พืชครับ ด้วยทางใดทางหนึ่ง

4. ขี้ปลาและของเสียจากปลาที่สะสมในบ่อปลาจะประกอบด้วย ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (ที่ผสมในอาหาร) เป็นหลัก ซึ่งโดยปกติอาหารจะถูกปลาเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียละลายในน้ำ (ของเสียจากการย่อยของปลา) และแบคทีเรียในถังกรองที่เจริญเติบโตอยู่บนวัสดุกรองที่เราใส่เข้าไป จะเปลี่ยนให้เป็นไนไตรทและอีกทีเป็นไนเตรทในที่สุด ซึ่งแอมโมเนียและไนเตรทพืชสามารถดูดซึมเป็นอาหารได้

5. เศษอาหารที่เหลือและยังไม่ถูกย่อย จะถูกแบคทีเรียอีกตัวหนึ่งในน้ำย่อยสลายให้กลายเป็นแอมโมเนียก่อน แล้วแอมโมเนียที่ละลายในน้ำจึงจะถูกเปลี่ยนไปสู่ไนเตรทอีกครั้งหนึ่ง สรุป คือ มีแบคทีเรีย 3 กลุ่มที่เราต้องเข้าใจ ระบบบำบัดของเราจึงต้องพยายามออกแบบให้สามารถทำให้แยกออกจากกัน คือ 1) กลุ่มย่อยเศษอาหาร 2) กลุ่มเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรท และ 3) กลุ่มเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรท โดยทั่วไป กลุ่ม 2 และ 3 มักอยู่ร่วมกัน หากมีกลุ่ม 1 ในระบบบำบัดจะลดการเจริญของกลุ่ม 2 และ 3 ทำให้ประสิทธิภาพลดลง และอาจล้มเหลวในที่สุด ดังนั้น จึงต้องแยกกรองเอาตะกอนเศษอาหารออกไปก่อน แล้วให้เฉพาะน้ำที่มีของเสียละลายเท่านั้นไหลผ่านกลุ่ม 2 และ 3 ไป ดังนั้น ถ้าเราให้อาหารที่ทำให้เกิดตะกอนน้อยหรือปลาที่เราเลี้ยง กินอาหารได้เป็นคำๆ ก็ดีหน่อย หากเราใช้อาหารที่แตกหักในน้ำง่าย ก็ต้องออกแบบชุดกรองตะกอนให้ดี (http://www.naewna.com/news.asp?ID=58766)

Harry Ako and Adam Baker กล่าวถึงระบบการปลูกพืชร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลาเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชเริ่มมีการพัฒนาระบบนี้ตั้งแต่ปี คศ.1970 ในภาพด้านล่างเป็นระบบการปลูกพืชบนบ่อเลี้ยงปลาที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย James E. Rakocy et.al. (2006) (รูปที่ 2.9) จากการวิจัย ของ Harry Ako and Adam Baker เพื่อศึกษาถึงความต้องการธาตุอาหารที่ได้จากน้ำเลี้ยงปลาที่สามารถทำให้พืชเจริญเติบได้พบว่าการให้อาหารแก่ปลาที่เลี้ยงในระบบในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำเลี้ยงปลาแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการที่เหมาะสม ตารางที่ 2.1

รูปที่ 2.9 การปลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงปลาต้นแบบ
ที่มา: James E. Rakocy et.al. (2006)

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการให้อาหารปลาเพื่อให้ธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการเจริญเติบโตของพืช

Nutrients (mg/L)	Daily requirement from 20 L (mg/L)	Fish water 14 g feed daily	Fish water 20 g feed daily	Fish water 40 g feed daily
Manganese	0.36	0	0.002	0.001
Nitrogen	37.6	30	34	47
Potassium	54.8	101	100	105
Calcium	18.1	22.5	46.2	33.9
Magnesium	12.6	13.5	18.6	21.0
Phosphorus	7.28	4.46	6.36	10.7
Iron	0.49	0.001	0.011	0.038
Zinc	0.036	0.01	0.021	0.095
Copper	0.03	0.04	0.02	0.059
Boron	0.015	0.05	0.09	0.079

การปลูกพืชโดยไม่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่ใช่ดินและการใช้สูตรสารละลายธาตุอาหารสารละลายที่ใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงต้องศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช การปลูกพืชแนวตั้งจึงใช้หลักการ

แตกต่างกันในเรื่องระบบการให้น้ำและการเติมออกซิเจน แต่ไม่แตกต่างมากนักในเรื่องธาตุอาหารการหาแหล่งธาตุอาหารที่ราคาถูกกว่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง แนวคิดการพัฒนาโดยนำ Aquaponics มาใช้ร่วมกับการปลูกพืชแนวตั้งแสดงในรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 การนำ Aquaponics มาใช้ร่วมกับการปลูกพืชแนวตั้ง
ที่มา: Aquaponics UK www.aquaponics.org.uk

พบว่าน้ำเลี้ยงปลามีธาตุอาหารมากเพียงพอต่อการนำมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช หากมีการจัดการระบบการเลี้ยงปลาที่ดี อาหารปลา ของเสียจากมูลปลาที่ตกค้างอยู่ในระน้ำเลี้ยงปลาจะสามารถนำไปใช้เป็นน้ำเลี้ยงต้นพืชที่ปลูกในการปลูกพืชระบบไฮโดรโพนิกส์ และการปลูกพืชแนวตั้งได้ กษิดิศ หนูทอง (2551) ชี้ให้เห็นว่าในการเลี้ยงปลาในระบบปิดน้ำเลี้ยงปลาจะมีปริมาณไนโตรเจนสูงมาก โดยพบว่าอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีแนวโน้มเปลี่ยนจากการเลี้ยงในระดับความหนาแน่นต่ำซึ่งนิยมทำในระบบเปิดโดยใช้ น้ำจากธรรมชาติเข้าสู่การเลี้ยงแบบพัฒนา (ระดับความหนาแน่นสูง) และในระบบปิดซึ่งมีการบำบัดและ

หมุนเวียนน้ำอยู่ภายในฟาร์ม การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิดมีข้อดีคือสามารถเพิ่มผลผลิต ป้องกันการติดโรคและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงแต่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปแบบนี้มักประสบปัญหาแอมโมเนียสะสมในระดับความเข้มข้นสูงซึ่ง มีสาเหตุจากการให้อาหารในปริมาณมากการขับถ่ายของสัตว์น้ำและจากการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารที่เหลือจากการ บริโภคโดยแบคทีเรียภายในบ่อเลี้ยง โดยต้องมีการบำบัดไนโตรเจน ในระบบ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในระบบการปลูกพืชแนวตั้ง

ดำรงห์ โลหะลักษณาเดช และคณะ(2555) การเลี้ยงปลาทับทิม (*Oreochromis niloticus*) ร่วมกับการปลูกผักโดยไม่ใช้ดินแบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ในระบบการปลูก 2 ระบบคือ DRFT-Fish ทำการปล่อยปลา 50 ตัวต่อตารางเมตรและระบบ DRFT-Hydroponics โดยใช้ปุ๋ยสูตร KMITL 2 ลงในถังขนาด 50 ลิตร ทดลองกับ ผัก 5 ชนิดคือ ผักคะน้า ผักกาดกวางตุ้ง ผักบุ้ง ผักกาดขาว และผักกาด ฮองเต้ ทำการทดลอง 42 วัน ผลจากการศึกษาการเจริญเติบโตของผักเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำหนักผักมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คุณภาพน้ำของระบบการปลูกพืชระบบ DRFT-Fish และระบบ DRFT- Hydroponics พบค่าเฉลี่ยของการนำไฟฟ้า 1.74 และ 3.02 ms/cm ความเป็นกรด เป็นด่าง 7.33 และ 6.62 ไนโตรเจน 28.15 และ 103.69 mg/l ฟอสฟอรัส 2.57 และ 8.25 mg/l และโปตัสเซียม 17.0 และ 24.37 mg/l ตามลำดับเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ผลในด้านอัตรา การเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงในระบบ DRFT-Fish มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 30.46 กรัม (ร้อยละ23.12) และความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.85 cm (ร้อยละ 4.37)

นำถม ตั้งคำ และ สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ (2553) ศึกษาเรื่องคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกที่มีการเจริญเติบโตอย่างหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปัจจัยคุณภาพน้ำในบ่อปลาดุกซึ่งมีการบลูมของแพลงก์ตอนพืชเป็นเวลา 32 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 1.39 - 23.27 mg/l ปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.006 - 0.661 mg/l ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.13 - 5.55 mg/l และปริมาณออร์โธฟอสเฟตมีค่าอยู่ในช่วง 0.02 - 2.4 mg/l ซึ่งจากปัจจัยคุณภาพน้ำดังกล่าว ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูงเกินเกณฑ์ความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำตั้งแต่สัปดาห์แรก โดยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนต้องไม่เกิน 0.2 mg/l ปัจจัยคุณภาพน้ำอื่น คือ อุณหภูมิ, pH, DO, คลอโรฟิลล์ เอ, ค่าความโปร่งแสง, ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ, ค่าความเป็นด่างและค่าความกระด้างของน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสม ยกเว้น ค่าความนำไฟฟ้าและค่า BOD โดยค่าความนำไฟฟ้า คือ 0.97 – 4.60 mS/cm ซึ่งสูงกว่าค่าปกติของแหล่งน้ำคือ 0.01 - 1 mS/cm และค่า BOD ในสัปดาห์ที่ 20 คือ 1.46 mg/l/hr สูงกว่าค่าความเหมาะสมที่ 0.5 mg/l/hr

2.3 การควบคุมความเป็นกรดด่าง (pH)

การรักษาหรือควบคุมความเป็นกรดด่าง และค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายธาตุอาหาร (นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2550) เพื่อให้พืชสามารถดูดใช้ปุ๋ยหรือสารอาหารพืชได้ดี และเพื่อให้ปริมาณสารอาหารแก่พืชตามต้องการ เนื่องจากค่าความเป็นกรดด่างในสารละลายจะเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ ปกติควรรักษาค่าความเป็นกรดด่างที่ 5.8 – 7.0 เพราะ

เป็นค่าหรือช่วงที่ธาตุอาหารพืชต่างๆ สามารถคงรูปในสารละลายที่พืชนำไปใช้ได้ดี ค่าความเป็นกรดด่างในสารละลายพืชเปลี่ยนแปลงได้หลายสาเหตุ เช่น การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการที่รากพืชดูดธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหาร แล้วปลดปล่อยไฮโดรเจน (H) และ ไฮดรอกไซด์ (OH) จากรากสู่สารละลายธาตุอาหารพืชทำให้ pH เปลี่ยนแปลงไป เช่น

1) ประจุไฟฟ้าลบ หรือแอนไอออน (anions) เช่น ไนเตรต (NO_3), ซัลเฟต (SO_4), ฟอสเฟต (PO_4) แล้วปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ (OH) สู่สารละลายธาตุอาหาร

2) ประจุไฟฟ้าบวก หรือแคตไอออน (cations) เช่น แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), โพแตสเซียม (K) แอมโมเนียม (NH_4) แล้วจะปลดปล่อยไฮโดรเจน (H) สู่สารละลายธาตุอาหาร

ปกติแล้วธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืช มีประจุไฟฟ้าบวกหรือแคตไอออนมากกว่าค่าของประจุไฟฟ้าลบหรือแอนไอออน ค่าความเป็นกรดด่างจะลดลง ในขณะที่การดูดกินแอนไอออนมากกว่าแคตไอออนจะเพิ่มความเป็นกรดด่างในสารละลายธาตุอาหารพืช การให้ธาตุอาหารบางชนิดที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก คือ ธาตุไนโตรเจน (N) ซึ่งมีการให้ทั้ง 2 รูปแบบ คือ ในรูปแบบของประจุลบในสารอาหารในรูปของไนเตรต (NO_3) และในรูปของประจุบวกในสารอาหารในรูปของแอมโมเนียม (NH_4) ต้องพิจารณาถึงอัตราส่วนของสารให้ดี เพราะจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างและการใช้ประโยชน์ของพืชมาก การปรับเพื่อลดหรือเพิ่มค่าความเป็นกรดนั้น สามารถทำได้โดยเติมสารลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืช เช่น

1) การปรับเพื่อลดค่าความเป็นกรดด่าง โดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร เช่น Sulfuric acid (H_2SO_4) หรือ Nitric acid (HNO_3) หรือ Hydrochloric acid (HCl) หรือ Acetic acid

2) การปรับเพื่อเพิ่มความเป็นกรดด่าง ให้สูงขึ้น โดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืช เช่น Potassium hydroxide (KOH) หรือ Sodium hydroxide (NaOH) หรือ Sodium bicarbonate หรือ Bicarbonate of soda ($NaHCO_3$)

2.4 การควบคุมการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

การวัดค่าการนำไฟฟ้าจะทำให้ทราบเพียงค่ารวมของการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืชเท่านั้น แต่ไม่ทราบค่าของสัดส่วนของธาตุอาหารใดธาตุอาหารหนึ่งที่อยู่ในถังที่อาจเปลี่ยนไปตามเวลาเนื่องจากพืชนำไปใช้หรือตกตะกอน ดังนั้นหลังจากมีการปรับค่าการนำไฟฟ้าไปได้ระยะหนึ่ง ควรเปลี่ยนสารละลายใหม่เป็นระยะๆ โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศร้อนอย่างเช่นประเทศไทย ควรเปลี่ยนสารละลายใหม่เป็นระยะๆ ปกติค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารระว่าง 2.0 – 4.0 มิลลิโมห์/เซนติเมตร (milliMhos/cm)

การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย ควรรักษาค่าการนำไฟฟ้าของสารอาหารระหว่าง 2.0 – 4.0 มิลลิโมห์/เซนติเมตร 1 (mMho/cm) = 1 Millisiemen/cm (mS/cm), 1 Millisiemen/cm (mS/cm) = 650 ppm ของความเข้มข้นของสารละลาย (salt) ปกติความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารควรอยู่ในช่วง 1,000 – 1,500 ppm เพื่อให้แรงดันออสโมติกของกระบวนการดูดซึมธาตุอาหารของรากพืชได้

สะดวก ค่าการนำไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ระยะการเจริญเติบโต และความเข้มของแสง เช่น ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำคือ (1.5 – 2.0 mMho/cm) เหมาะสมต่อการปลูกแตงกวา ค่าการนำไฟฟ้าที่สูงคือ (2.5 – 3.5 mMho/cm) เหมาะสมต่อการปลูกมะเขือเทศ ค่าการนำไฟฟ้า (1.8 – 2.0 mMho/cm) เหมาะสำหรับการปลูกผักและไม้ดอกไม้ประดับทั่วไป ค่าการนำไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามระยะการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของต้นพืช เพราะค่าการนำไฟฟ้าที่สูงจะยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำจะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นก่อนการให้ผล (Vegetative growth) และสูงขึ้นเมื่อพืชให้ผลผลิต (Reproductive growth) นอกจากค่าการนำไฟฟ้า จะแตกต่างกันไปตามความเข้มข้นของแสง เช่น ถ้าแสงมีความเข้มข้นมาก พืชต้องการสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยลง คือ พืชจะดูดน้ำมากกว่าธาตุอาหาร(นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2550)

2.5 น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ หรือน้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นสารละลายเข้มข้นที่ได้จากเศษซากพืชหรือเศษสัตว์ในภาวะไร้ออกซิเจนซึ่งจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์โดยใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งย่อยของจุลินทรีย์ (จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ. 2546) โดยน้ำที่ได้จะประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ ธาตุอาหาร และสารอินทรีย์หลายชนิด ทั้งนี้จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเป็นพวกยีสต์ แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก และแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์แสงก็สามารถพบได้ในน้ำหมักชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีความสะอาดปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย โดยที่ปัจจุบันเกษตรกรได้มีการนำน้ำหมักชีวภาพไปใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยวิธีการรดหรือพ่นให้กับพืชผักและผลไม้ในอัตราส่วนต่างๆ (วิชัย สุทธิธรรม. และคณะ. 2547) น้ำหมักชีวภาพเมื่อผ่านการหมักไประยะเวลาหนึ่งแล้วนั้น ก็จะได้สารละลายเข้มข้นอาจมีสีน้ำตาลเข้มหากใช้กากน้ำตาลในการหมัก หรือสีน้ำตาลอ่อนเมื่อใช้น้ำตาลชนิดอื่นในการหมัก ซึ่งเมื่อผ่านการหมักที่สมบูรณ์แล้วจะพบสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักน้ำหมักชีวภาพ (วิทยรัตน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2544) ประเภทของน้ำหมักชีวภาพ สามารถแบ่งออกได้ตามวัตถุดิบที่ได้นำมาใช้ในการผลิตได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้จากพืช โดยผลิตจากเศษผักและเศษพืช และผลิตจากขยะเปียกที่เป็นเศษผักและผลไม้ การทำน้ำหมักชีวภาพจากพืชนั้นทำได้โดยสับผักหรือผลไม้ที่มีชิ้นใหญ่ให้มีขนาดเล็กๆ จัดเรียงผักเป็นชั้นๆ โรยกากน้ำตาลสลับกับชั้นผัก อัตราส่วนของกากน้ำตาลต่อเศษผักคือ 1:3 แล้วทำการหมักในสภาพที่ไม่มีอากาศ โดยอัดผักหรือผลไม้ใส่ภาชนะให้แน่น ปิดฝาภาชนะไม่ให้อากาศเข้าได้แล้วนำเข้าไปไว้ในที่ร่ม (วิทยรัตน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2544)

2. น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากสัตว์ ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปลา หรือหอยเชอรี่ (เฉพาะไข่ หรือเปลือกพร้อมตัว หรือรวมกับพืชสดก็ได้) ซึ่งอัตราส่วนกากน้ำตาลต่อวัตถุดิบจากสัตว์เท่ากับ 1:1 (อรรถ บุญนิธี. 2544) หรืออัตราส่วนของกากน้ำตาลต่อวัตถุดิบต่อน้ำหมักหัวเชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติ เท่ากับ 3:1:1 การหมักทำเช่นเดียวกันกับการหมักน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากพืชแต่อาจต้องใช้เวลาในการหมักนานประมาณ 1 เดือนขึ้นไป (วิทยรัตน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2544)

การใช้ประโยชน์จากน้ำหมักชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพนั้นสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง เนื่องจากประกอบด้วยสารต่างๆ ธาตุอาหาร และจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการนำไปใช้เป็นปุ๋ยนั้น จึงต้องมีการนำไปเจือจางมากๆ ในอัตราส่วนน้ำหมักชีวภาพต่อน้ำ เช่น 1:500 หรือ 1:1000 หากมีการนำไปใช้ในความเข้มข้นที่มากกว่านั้น พืชจะชะงักการเจริญเติบโต ใบของพืชจะมีสีเหลือง แต่ถ้าใช้ในอัตราที่เหมาะสม พืชจะมีใบสีเขียวสด เป็นมัน ต้นที่มีการชะงักการเจริญเติบโต ตาที่พักอยู่จะแตกตาเป็นใบใหม่ภายในหนึ่งสัปดาห์ จากการที่ให้น้ำหมักชีวภาพในความเข้มข้นที่เจือจางจึงสามารถใส่ให้พืชได้ 3-7 วันต่อครั้ง และเมื่อพืชเจริญเติบโตดีอาจให้เป็นเดือนละ 1 ครั้ง นอกจากนี้น้ำหมักชีวภาพบางชนิดยังสามารถใช้ป้องกันโรคและแมลง เช่น เพลี้ยแป้ง โดยมีการผสมน้ำหมักชีวภาพในอัตราการเจือจางแล้วทำการฉีดพ่น หรือใช้ในการกำจัดน้ำเสียและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยน้ำหมักชีวภาพจะย่อยสลายอินทรียวัตถุจากแหล่งน้ำต่างๆ เช่น บ่อน้ำ สระน้ำที่มีอินทรีย์วัตถุย่อยสลายบูดเน่า หรือมีการนำไปใช้กับการเลี้ยงสัตว์ โดยมีการใช้น้ำหมักชีวภาพอัตรา 1:80 นำไปเลี้ยงสุกรหรือไก่เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคจะทำให้สัตว์แข็งแรงมีภูมิคุ้มกันโรคและแมลง (วิทยรัตน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2544)

น้ำหมักชีวภาพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อการปลูกพืชที่เป็นการไม่ต้องลงทุนสูงมากนัก อย่างไรก็ตามการใช้น้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมนั้นจะต้องเข้าใจในการจัดการพื้นฐานคือ มีการจัดการใส่ธาตุอาหารหลัก N-P-K ธาตุอาหารรองและจุลธาตุต่างๆ รวมทั้งสมดุลของดินที่เหมาะสมทั้งกายภาพและเคมีอย่างเหมาะสม ดังนั้นการใช้น้ำหมักชีวภาพ เพื่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชนั้นจะได้ผลหรือไม่ก็ต่อเมื่อพืชได้รับธาตุอาหารเพียงพอ (กองเกษตรเคมี. 2545) จึงควรมีการผสมผสานการใช้น้ำหมักชีวภาพกับวิธีอื่นๆ ด้วย เช่น การใช้ร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือนำมาใช้ร่วมกับสารละลายธาตุอาหารพืชในการปลูกพืชระบบไฮโดรโพนิกส์ (จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ. 2546)

2.6 น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost)

หมายถึง เศษซากอินทรียวัตถุต่างๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปแล้วผ่านกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุเหล่านั้นภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน แล้วจึงขับถ่ายเป็นมูลออกมาทางรูทวาร ซึ่งมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดสีดำ มีธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในปริมาณที่สูงและมีจุลินทรีย์จำนวนมาก ซึ่งในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดินขยะอินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไป และผ่านการย่อยสลายในลำไส้แล้วขับถ่ายออกมา ลักษณะทั่วไปของไส้เดือน ไส้เดือนดินมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด มีโครงลักษณะเหมือนกัน คือ ลักษณะภายนอกที่เด่นชัดของไส้เดือนคือการมีลำต้นเป็นปล้องตั้งแต่ส่วนหัวจนถึงส่วนท้าย มีรูปร่างทรงกระบอก มีความยาวในแต่ละชนิดไม่เท่ากันเมื่อโตเต็มที่จะมีข้องปล้องประมาณ 120 ปล้อง แต่ละปล้องจะมีเดือยเล็กๆ เรียงอยู่โดยรอบปล้อง ไม่มีส่วนหัวที่ชัดเจน ไม่มีตา มีไคลเทลลัม จะเห็นได้ชัดในระยะสืบพันธุ์ (ศุภวรรณ์ ใจแสน. 2553) ประโยชน์และความสำคัญของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุแก่ดิน เพิ่มช่องว่างในดินให้การระบายน้ำและอากาศดียิ่งขึ้น ส่งเสริมความพรุนของผิวหน้าดิน ลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน ช่วยให้ระบบรากพืชสามารถแพร่กระจายตัวในดินได้กว้าง เพิ่มขีดความสามารถในการดูดซับน้ำในดิน ทำให้ดินชุ่มขึ้น เพิ่มธาตุอาหารพืช

ให้แก่ดินโดยตรงและเป็นแหล่งอาหารของสัตว์และจุลินทรีย์ดิน เพิ่มศักยภาพการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ช่วยลดความเป็นพิษของธาตุอาหารพืชบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินไป เช่น อลูมินัม และแมงกานีส ช่วยเพิ่มความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-เบส (Buffer capacity) ทำให้การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นไม่เร็วเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช ช่วยควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยในดิน เนื่องจากการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถขับสารพวกอับคาลอยด์และกรดไขมันที่เป็นพิษต่อไส้เดือนฝอยได้เพิ่มขึ้น

ไส้เดือนดินที่เหมาะสำหรับการทำปุ๋ยหมัก (ศุภวรรณ์ ใจแสน. 2553) ไส้เดือนดินที่เหมาะสำหรับการทำปุ๋ยหมักจะเป็นกลุ่มไส้เดือนดินแดง ซึ่งสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มข้นของอินทรียวัตถุสูง และสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว โดยทั่วไปไส้เดือนดินกลุ่มสีเทาจะไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการผลิตปุ๋ย เนื่องจากมีอัตราการขยายพันธุ์ต่ำ ไม่สามารถผลิตอินทรียวัตถุในปริมาณมากได้ การย่อยสลายอินทรียวัตถุที่เป็นของเสีย ไส้เดือนดินจะกินจุลินทรีย์ที่เติบโตบนของเสียเป็นอาหาร ในขณะเดียวกันยังช่วยเร่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนั้นมูลไส้เดือนดินจึงร่วนไม่เกาะตัว และมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นกว่าที่กินเข้าไป ขบวนการย่อยอาหารของไส้เดือนดินจึงเป็นพื้นฐานของกระบวนการทำปุ๋ยหมัก ชนิดของไส้เดือนดินที่นำมาใช้ คือ *Eisenia foetida* (The Tiger worm), *Eisenia andrei* (red tiger worm), *Eudrilus eugeniae* (African Night Crawler),*Dendrobaena veneta*, *Perionyx excavates*, *Polypheretima elongate*, *Lumbricus terrestris*

2.7 วัสดุปลูกที่ใช้ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโพนิกส์

การที่พืชส่วนใหญ่ดำรงชีวิตอยู่ได้หรือให้ผลผลิตอยู่ได้สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งคือ รากของพืชจะต้องอยู่รอบๆ หรือแผ่ขยายไปในวัสดุปลูกนั้นได้ โดยทั่วไปวัสดุปลูกมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช 4 ประการได้แก่ ค้ำจุนส่วนของพืชที่อยู่เหนือวัสดุปลูกให้ตั้งอยู่ได้ เก็บสำรองธาตุอาหาร กักเก็บน้ำเพื่อดำรงประโยชน์ต่อพืช แลกเปลี่ยนอาหารระหว่างรากพืชกับบรรยากาศเหนือวัสดุปลูก ลักษณะของวัสดุปลูกที่ดี ภาพรวมในการใช้วัสดุปลูก โดยทั่วไปต้องคำนึงถึงคือ มีหน้าที่ คุณสมบัติ และสถานะที่ดี คุณสมบัติของวัสดุปลูก ที่สำคัญมี 3 อย่าง คือ

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของส่วนที่เป็นของแข็ง น้ำ และอากาศในวัสดุปลูก ซึ่งใช้กำหนดการจัดการน้ำให้แก่พืช เช่น ความพรุน ความสามารถในการอุ้มน้ำและอากาศ

คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูก เช่น ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถของวัสดุปลูกที่จะดูดซับแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับพืช ความสามารถในการตรึงฟอสฟอรัสและศักยภาพของแร่ธาตุอาหารพืช

คุณสมบัติทางชีวภาพของวัสดุปลูก เช่น อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของอินทรียวัตถุในอัตราที่การสลายตัวไม่มีผลต่อการขาดไนโตรเจนในวัสดุปลูกและสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเป็นประโยชน์หรือโทษต่อพืชที่ปลูก

ประเภทหรือชนิดของวัสดุปลูก ประเภทของวัสดุปลูกจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. วัสดุปลูกที่เป็นของเหลว หรือไม่มีวัสดุที่เป็นของแข็ง ได้แก่ การปล่อยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากโดยตรง เช่น การปลูกด้วยระบบ NFT

2. วัสดุปลูกที่เป็นของแข็ง เป็นวัสดุที่ได้มาจากอนินทรียสารและอินทรีสาร หรือวัสดุสังเคราะห์ วัสดุที่เป็นของแข็งเรียกเป็นคำรวมว่า ซับสเตรท (Substrate) เช่น ร็อควูล มีลักษณะเป็นแท่งขนาดต่างๆ ที่สามารถใช้ปลูกได้โดยตรงโดยไม่ต้องวางบนรางปลูก หรือจะนำไปวางบนรางปลูกก็ได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุปลูกอีกหลายอย่าง เช่น ทราย กรวด หินเกร็ด ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว โฟม

ซีโอไลต์ (Zeolite) ซีโอไลต์เป็นสารประเภทอลูมิโนซิลิเกตจากหินภูเขาไฟ ประกอบด้วยแร่มอร์ดีไนต์และไคลนอพทิโลไลท์ มีคุณสมบัติในการดูดซึมสารพิษและการแลกเปลี่ยนอิออน โดยเป็นหินเดือดที่ผ่านความร้อนจากภูเขาไฟ ทำให้มีโครงสร้างเป็นรูพรุน มีความสามารถในการจับ ดูดซึม และปลดปล่อยแร่ธาตุที่สำคัญสำหรับพืช จึงนำมาประยุกต์ใช้ เป็นสารเพิ่มผลผลิต และปรับปรุงคุณภาพดิน ได้อย่างดี โดยซีโอไลต์ ชนิดเม็ดเหมาะสำหรับใช้ปรับปรุงดินก่อนปลูก โรยหน้าดิน ไถกลบ ใส่ก้นหลุม ใส่โคนต้นหลังปลูก แนวร่องสวนหรือนา เมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มผลผลิตของไม้ผลให้ได้คุณภาพดี ดอก ผลดก รสหวาน กรอบ แข็งแรง พืชผัก มีภูมิต้านทาน ใบแข็งแรง ไม่ช้ำง่าย แมลงไม่เจาะ ลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลง เหมาะสำหรับนาข้าว ผลไม้ อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดและไม้ประดับทุกชนิด นอกจากนี้มีการนำแร่ภูเขาไฟหรือซีโอไลต์ไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยคุณสมบัติเด่นๆของแร่ภูเขาไฟหรือซีโอไลต์ คือ ความสามารถในการดูดซับแก๊สพิษ แก๊สแอมโมเนีย แก๊สไข่เน่า รวมทั้งสารพิษอื่นๆ (หจก.โชติรังสี. 2004)

ขุยมะพร้าว มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 6 – 7 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดีมาก จนอาจมากเกินไปจนมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ การแลกเปลี่ยนประจุมีค่าสูง เมื่อขุยมะพร้าวผ่านขบวนการสลายตัว ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำ ความพรุนสูง ความคงทนของโครงสร้าง สามารถสลายตัวได้ ใช้ทำปุ๋ยหมักและใช้เป็นวัสดุ อายุการใช้งาน 2-3 ครั้ง ราคาถูก น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้ ความสามารถในการอุ้มน้ำดีมาก ราคาถูก อาจมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศที่รากพืช มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้และเกิดการอัดตัวแน่น ยากในการกำจัดโรคและแมลง ปัจจุบันประเทศศรีลังกาได้มีการผลิต ขุยมะพร้าวอัดเป็นแท่งวัสดุปลูก ออกขายไปต่างประเทศ เพื่อใช้ปลูกมะเขือเทศ แตงกวา ฯลฯ แต่การนำขุยมะพร้าวมาใช้ต้องระวังปริมาณเกลือที่อาจสะสมอยู่ โดยเฉพาะขุยมะพร้าวที่ได้จากแหล่งปลูกมะพร้าวใกล้ทะเล

แกลบเผา มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 7-8.5 มีความแปรปรวนมาก ขึ้นอยู่กับอายุของกองขี้เถ้าแกลบ ถ้ามีอายุมากจะมีการชะล้างโดยฝนมาก pH จะลดลง คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดี ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำความพรุนสูง ความคงทนของโครงสร้างดี มีการสลายตัวน้อย แต่จะมีการอัดตัวบ้างหลังปลูก ใช้เป็นวัสดุปลูกที่ดีมากชนิดหนึ่ง อายุการใช้งาน 2-4 ครั้ง น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้ ความสามารถในการอุ้มน้ำดี มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้น้อยและเกิดการอัดตัวไม่มากนัก ราคาถูก ยากในการกำจัดโรคและแมลง ก่อนนำมาใช้ต้องแช่ด้วยกรดอ่อนก่อนเพื่อลดค่า pH ให้อยู่พอประมาณ

ทรายหยาบ มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์มีการอุ้มน้ำได้ค่อนข้างดี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้ 0.5-2 มิลลิเมตร มีความพรุนต่ำ นิยมนำไปเป็นวัสดุเพาะชำ วัสดุปลูก ปรับปรุงดิน ทรายหยาบมีความสามารถอุ้ม

น้ำได้ดีกว่ากรวด เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี ทรายหยาบจะมีการอัดตัวอาจมีปัญหาในการระบายน้ำ และอากาศ มีน้ำหนักมาก ความพรุนต่ำ

เม็ดดินเผา มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ มีค่า pH 5-7 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 14.7-16.5% โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้ 8-16 มิลลิเมตร ความพรุนดี ความคงทนของโครงสร้างดีมาก มักจะใช้เป็นวัสดุปลูก เม็ดดินเผามีการระบายอากาศที่ดีมาก ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหาร ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง

ใยหิน (Rock wool) เป็นวัสดุปลูกที่ผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โดยการหลอมหินภูเขาไฟและทำให้เป็นเส้นใยและผสมด้วยเรซิน 4-5% โดยน้ำหนัก เพื่อทำให้อ่อนตัวและผสมด้วยน้ำมันชนิดพิเศษเพื่อให้มีคุณสมบัติเกาะน้ำได้ ใยหินขณะใช้เป็นวัสดุปลูกจะปล่อย Ca ออกมาในสารละลายได้เล็กน้อย คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 7-9.5 มีความพรุน 95% ใยหินเป็นวัสดุปลูกที่มีการระบายน้ำและอากาศดีที่สุด การใช้งานง่าย น้ำหนักเบา

เพอร์ไลท์ (Perlite) เป็นวัสดุที่ผ่านขบวนการในโรงงานอุตสาหกรรม โดยการเผาเพอร์ไลท์ที่มีต้นกำเนิดจากภูเขาไฟที่อุณหภูมิ 1,200°C คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 7-7.2 มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 250-300 ลิตรน้ำต่อเพอร์ไลท์ 1 ลูกบาศก์เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-6 มิลลิเมตร ความพรุน 97% มักจะใช้เป็นวัสดุเพาะชำและวัสดุปลูก น้ำหนักเบา ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง สามารถอุ้มน้ำได้ดี

เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) เกิดจากการเผาแร่ไมก้า ที่อุณหภูมิประมาณ 850°C คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 7-7.2 มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 350-375 ลิตร/ลูกบาศก์เมตร คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุ 65-140 me/100 gm ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้ 95% ใหญ่กว่า 3 มิลลิเมตร ความพรุน 96% ความคงทนของโครงสร้างไม่ดี มักใช้เป็นวัสดุเพาะชำและวัสดุปลูก น้ำหนักเบา ไม่เป็นแหล่งสะสมโรคและแมลง มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี

เศษอิฐมอญหัก เกิดจากการนำอิฐมอญทุบให้ได้ขนาดตามต้องการ มักนำไปใช้เป็นวัสดุปลูก

ฟองน้ำอัดแท่งผลิตจาการนำเศษฟองน้ำหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และนำกลับมาอัดเป็นแผ่นโดยไอน้ำ และตัดเป็นแท่งตามขนาดที่ต้องการ เป็นวัสดุปลูกที่มีการผลิตเป็นการค้าอย่างแพร่หลายในประเทศเบลเยี่ยม สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้งนำมานึ่งฆ่าเชื้อโรคด้วยไอน้ำ

พีท (Peat) เกิดจากการสะสมของซากพืชเป็นจำนวนมากตามธรรมชาติในแหล่งที่มีน้ำขังองค์ประกอบของพีทในแหล่งต่างๆ จะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ขึ้นในบริเวณนั้นๆ คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 2.5-7 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 4-15 เท่าของน้ำหนัก ความพรุน 85-95% ใช้ทำเป็นแท่งเพาะชำ ใช้เป็นวัสดุปลูก เป็นสารปรับปรุงดิน ถ้าพีทมีฤทธิ์ความเป็นกรดจะต้องมีการทำให้เป็นกลางก่อน และเมื่อต้องการจะนำไปใช้ในการปลูกครั้งที่สองต้องไม่ปล่อยให้แห้ง พีทมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีมาก แต่ต้องมีการปรับค่า pH เสมอ

ขี้เลื่อยคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 4.2-6 มีความแปรปรวนมากขึ้นอยู่กับชนิดของไม้และอายุของขี้เลื่อย คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดีมาก จนอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ ความพรุนสูง มักใช้ทำเป็น

ปุ๋ยหมักและใช้เป็นวัสดุปลุก โดยปกติก่อนการนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกจะปลูกให้ขี้เลื่อยสลายตัวก่อนประมาณ 6 เดือน น้ำหนักเบา ความสามารถในการอุ้มน้ำดีมาก

แกลบสด มีคุมสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 6-7 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำน้อย ความพรุนสูง มักใช้เป็นวัสดุปลูก น้ำหนักเบาง่ายการนำไปใช้ มีการระบายน้ำดีเกินไป ยากในการกำจัดโรคและแมลง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุปลูก จากการทดลองเปรียบเทียบนำวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ได้แก่ แท่งฟองน้ำจากประเทศเบลเยี่ยม แท่งใยหิน จากเนเธอร์แลนด์ และเพอร์ไลท์ ซึ่งวัสดุทั้ง 3 ชนิด มีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศมาเปรียบเทียบกับวัสดุที่หาได้ในประเทศไทยได้แก่ แกลบสด ขี้เถ้าแกลบ ขุยมะพร้าว และทราย และวัสดุผสมระหว่างแกลบสด + ทราย 1:1 ขี้เถาแกลบ + ทราย 1:1 ขุยมะพร้าว + ทราย 1:1 ผลการทดลองสรุปได้ว่า วัสดุผสมและวัสดุปลูกเดี่ยวมีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของพืชใกล้เคียงกัน ยกเว้นการนำขุยมะพร้าวเดี่ยวๆ มาปลูกรากพืชจะแฉะ การเจริญเติบโตไม่ค่อยดี ต้องระวังในการให้น้ำ และเมื่อทดลองปลูกเป็นระยะเวลานาน 1 ปี ผลปรากฏว่าแท่งใยหิน จะมีการสลายตัวอย่างมากเหลือวัสดุปลูกอยู่ในถุงประมาณ 60% ส่วนวัสดุผสมต่างๆ ที่ผสมกับทรายจะมีการหดตัวไม่มากนักและยังสามารถใช้เป็นวัสดุปลูกพืชต่อไปได้ ส่วนฟองน้ำจะไม่มีการสลายตัวเลยและสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกได้อีก ส่วนวัสดุเดี่ยว ได้แก่ แกลบสด ในช่วงการปลูกช่วงแรกๆ จะมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายน้ำที่ดีเกินไป การแพร่กระจายน้ำน้อย การเจริญเติบโตของพืชไม่ดี แต่หลังจากที่ผ่านการสลายตัวแล้วความในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น ขุยมะพร้าวความสามารถในการอุ้มน้ำดีเกินไปและมีการสลายตัวมากหลังจากปลูกต้องระวังในการให้น้ำและการระบายน้ำ ขี้เถ้าแกลบเป็นวัสดุปลูกที่ดีมากชนิดหนึ่งสามารถใช้เป็นวัสดุปลูกเดี่ยวๆ หรือใช้ผสมทราย การสลายตัวน้อยก่อนใช้ต้องแช่ด้วยกรดอ่อนก่อน เพื่อลด pH ให้เท่ากับ 6 วัสดุปลูกทั้ง 3 ชนิด เมื่อนำมาผสมทรายอัตราส่วน 1:1 จะทำให้วัสดุปลูกดีขึ้นมาก ดังนั้น ถ้าพิจารณาวัสดุปลูกที่เหมาะสมกับประเทศไทยควรเป็นวัสดุปลูกอินทรีย์ต่างๆที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น เช่น แกลบสด ขี้เถาแกลบ ขุยมะพร้าว และทราย หรือจะใช้ผสมระหว่าง แกลบสด + ทราย 1:1 ขี้เถ้าแกลบ + ทราย 1:1 ขุยมะพร้าว + ทราย 1:1

ในการศึกษาวัสดุปลูกเพาะต้นกล้าและอายุต้นกล้าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดหอม พบว่าชนิดของวัสดุเพาะมีผลต่อจำนวนต้นและความกว้างของใบ วัสดุที่ใช้ในการเพาะคือ วัสดุผสมระหว่างแกลบเผากับขุยมะพร้าวที่อัตราส่วน 2:1 ในขณะที่การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของสารละลายและชนิดของวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักปวยเล้งที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน วัสดุปลูกเพอร์ไลท์ผสมกับเวอร์มิคูไลท์ ทำให้ต้นขาวมีความโปร่งสูง มีช่องว่างอากาศมาก

อัตราส่วนของ K, Ca ที่ต่างกันจะมีผลต่อคุณภาพการให้ผลผลิตของมะเขือเทศที่ปลูกแบบไร้ดิน (Fanasca, et al. 2005) แต่การใช้สารสกัดชีวภาพชนิดต่างๆ ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของงา (วุฒิชัย นันตะก้านตง และ อิสรา สุขสถาน 2550) น้ำสกัดชีวภาพจากคะน้าและผักกาดกวางตุ้งจะให้ผลผลิต ด้านความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง สูงที่สุด (เฉลิมวุฒิ น้อยโสภา และคณะ. 2553) อัตราส่วนการใช้น้ำสกัดชีวภาพจากปลาป่น อัตราส่วน 1:250 ปริมาตรต่อปริมาตร มีผลช่วยเร่งในการเจริญเติบโตของพืช การวัสดุที่ใช้เป็นทรายหยาบผสมถ่านแกลบ และทรายหยาบผสมขุยมะพร้าว มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้ามาก และจากการผสมแกลบและขุยมะพร้าวในอัตรา 1:1, 0:1, 1:1, 1:2,

2:1 เมื่อพืชมีอายุครบ 7 วัน จะมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูง ความยาวราก วัสดุเพาะมีผลต่อจำนวนและความกว้างของใบในทุกอายุต้นกล้า วัสดุที่ใช้จำนวนมากคือ วัสดุผสมระหว่างแกลบเผาและขุยมะพร้าว อัตราส่วน 2:1 คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่แตกต่างกันจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน การทดลองปลูกต้นไม้ในแนวดิ่งโดยนำต้นไม้หลากชนิดมาแขวนไว้บนผนังในห้องนอน แล้วนำรากของต้นไม้ไปใส่ไว้ในตู้ปลา ผลปรากฏว่าต้นไม้เหล่านั้นเจริญงอกงามเพราะได้รับปุ๋ยจากน้ำเลี้ยงปลา ในขณะที่น้ำในบ่อปลาก็ใสสะอาด เพราะมีต้นไม้ช่วยดูดซับของเสีย