

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

วัสดุปลูกและกระบวนการผลิตวัสดุปลูกนั้น

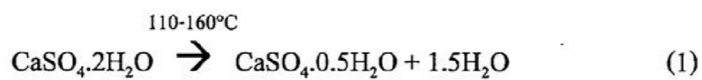
สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

- 5 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสาขาเคมี วัสดุศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุปลูกและกระบวนการผลิต วัสดุปลูกนั้น

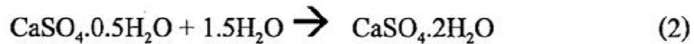
ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

ยิปซัมคือแร่ที่มีแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เป็นองค์ประกอบไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 เป็นแร่เศรษฐกิจของไทยที่มีแหล่งแร่กระจายอยู่ในเกือบทุกภาค แร่ยิปซัมธรรมชาติที่เกิดในประเทศ 10 ไทยส่วนใหญ่เป็นชนิด Alabaster มีลักษณะเนื้อเป็นมวลอัดแน่นคล้ายเกลือดีน้ำตาล ยิปซัมที่ถูกใช้ ภายในประเทศ ส่วนใหญ่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง เช่น ปูนซีเมนต์ ยิปซัมบอร์ด และปูนปลาสเตอร์ ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 4 ของปริมาณการใช้ภายในประเทศ ถูกใช้ เป็นวัตถุดิบในการผลิต กรดกำมะถัน แก้ว สิ่งทอ ยาง หออล์ก ใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับงานเซรามิกและทาง 15 การแพทย์ ส่วนผสมสำหรับปุ๋ยเคมี ฯลฯ

- 15 เมื่อเผายิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ที่อุณหภูมิในช่วง $110-160^\circ\text{C}$ เพื่อไล่น้ำออกจากโมเลกุลยิปซัม จะ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นปูนปลาสเตอร์หรือแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$) ดังสมการที่ (1)



- 20 เมื่อนำปูนปลาสเตอร์ที่ได้ไปผสมน้ำจะเกิดการตกผลึกเป็นยิปซัมอีกครั้งดังสมการที่ (2) และสามารถหล่อ หรือขึ้นรูปยิปซัมเป็นรูปร่างต่างๆ ตามความต้องการได้ในขณะที่ส่วนผสมยังเป็นของเหลว



- การแข็งตัวของยิปซัมเกิดจากการตกผลึกของยิปซัมจำนวนมาก เกิดเป็นโครงข่ายผลึกที่ยึดโยงกันอย่าง 25 ชับซ้อนและแข็งแรงขึ้น ซึ่งสามารถเกิดได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง ข้อดีของยิปซัมได้แก่การเป็นวัสดุ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพราะปฏิกิริยาการเกิดและแข็งตัวของยิปซัมตามสมการที่ (2) นั้นไม่ปลดปล่อย ก๊าซ CO_2 ออกมา อีกทั้งก๊าซ CO_2 ที่เกิดจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานในการผลิตปูน ปลาสเตอร์นั้นต่ำมาก นอกจากการปลดปล่อย CO_2 ในปริมาณต่ำแล้ว ยิปซัวยังมีคุณสมบัติเด่นอีกหลาย ประการ เช่น สามารถพบได้ทั่วไป ราคาถูก และไม่เป็นสารอันตราย เป็นฉนวนความร้อนและกันเสียง ได้ ดี ปฏิกิริยาการแข็งตัวเกิดได้เร็วกว่าและให้ผิวหน้าที่เรียบเนียนกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ อีกทั้งยัง

สามารถระบายความชื้นได้ดี ทนไฟ น้ำหนักเบา และไม่เกิดปัญหาการแตกร้าวจากการหดตัวมากเท่าปูนซีเมนต์ อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของยิปซัมคือความสามารถในการละลายน้ำ แม้จะละลายน้ำเพียงปริมาณเล็กน้อยก็ตาม (ในสภาวะอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 25°C สามารถละลายน้ำได้ 2.4 กรัมต่อสารละลาย 1 ลิตร) ทำให้ชิ้นงานจากยิปซัมไม่เหมาะต่อการใช้งานเป็นวัสดุโครงสร้างเพื่อรับแรงอัดภายนอกอาคาร โดยเฉพาะเมื่อต้องสัมผัสกับน้ำหรือในสภาวะที่มีความชื้นสูง ยิปซัมจึงถูกใช้เป็นตัวเติมในการผลิตยิปซัมบอร์ดสำหรับใช้เป็นฉนวนความร้อนภายในอาคารเป็นส่วนใหญ่

ในทางการเกษตร ยิปซัมมีธาตุอาหารรองที่จำเป็นสำหรับพืชคือแคลเซียม (Ca) และกำมะถัน (S) จึงถูกใช้เป็นส่วนประกอบหนึ่งในการผลิตปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ยิปซัมยังสามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน (Soil amendment) ได้ เช่น การผสมยิปซัมกับดินเหนียวหรือดินที่เกาะตัวแน่นเข้าด้วยกัน จะทำให้ดินมีความร่วนซุย มีช่องว่างให้น้ำและอากาศผ่านลงในดินได้ง่าย และเหมาะสมกับการปลูกพืชมากขึ้น ยิปซัมสามารถใช้แก้ปัญหาดินเค็มที่เกิดจากการมีเกลือโซเดียมปริมาณมากในดิน โดยประจุแคลเซียม (Ca^{2+}) ในยิปซัมสามารถเข้าไปแทนที่ประจุโซเดียม (Na^+) ในดิน ทำให้ประจุโซเดียมซึ่งเป็นต้นเหตุของดินเค็มถูกชะล้างออกไปจากดินได้โดยง่าย นอกจากนี้ยิปซัวยังเป็นแหล่งของกำมะถัน (S) ซึ่งช่วยในการออกดอกของพืชที่ราคาถูกที่สุด และเนื่องจากค่าพีเอชของยิปซัมอยู่ในช่วง 7.0-7.5 จึงมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยเท่านั้นต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดิน ทำให้ยิปซัมสามารถใช้ผสมกับดินได้ทั้งในดินที่เป็นกรดและเป็นด่าง อย่างไรก็ตามในด้านการเกษตรในปัจจุบัน ยิปซัมถูกใช้เป็นส่วนประกอบสำหรับการผลิตปุ๋ยเคมี (Chemical fertilizer) และวัสดุปรับปรุงดิน (Soil amendment) เท่านั้น ยังไม่มีการนำยิปซัมมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดิน (Substrate culture) โดยไม่ใช้ดินเป็นส่วนประกอบ แต่อย่างใด

ประโยชน์ของการใช้วัสดุปลูกพืชทดแทนดินคือ เพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมเลียนแบบสภาวะในธรรมชาติของดินตามที่พืชต้องการ เพราะดินพื้นเมืองในพื้นที่ของผู้ปลูกอาจมีสมบัติไม่เหมาะสมกับพืชที่ต้องการปลูก โดยส่วนใหญ่ ดินพื้นเมืองมักจะอัดแน่นเกินไปสำหรับพืชหลายชนิด เชื้อโรคที่อยู่ในดินพื้นเมืองซึ่งเป็นอันตรายต่อพืชที่ต้องการปลูกก็ยากที่จะกำจัดให้สูญพันธุ์ไปได้ ความแตกต่างของดินจากบริเวณที่แตกต่างกันทำให้การได้มาซึ่งผลผลิตจากพืชที่มีคุณภาพสม่ำเสมอเป็นไปได้ยากมาก ด้วยเหตุนี้การพัฒนาวัสดุปลูกพืชทดแทนดินจึงเป็นที่ต้องการ เพื่อให้สามารถควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อการปลูกให้สม่ำเสมอและอยู่ในสภาวะที่พืชต้องการได้มากที่สุด

ในด้านคุณสมบัติ วัสดุปลูกพืชทดแทนดินที่ดีควรมีความพรุนตัวที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถกักเก็บปริมาณความชื้นและปริมาณอากาศที่รากพืชต้องการได้ นอกจากนี้ควรเป็นวัสดุที่สามารถควบคุมปริมาณความเป็นกรดเป็นด่างตามที่พืชต้องการได้ ควรเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการเคลื่อนตัวที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถเทบรรจุลงในภาชนะสำหรับการปลูกพืชชนิดต่างๆ ได้อย่างง่ายดาย และในขณะเดียวกันควรมีน้ำหนักเบา และมีโครงสร้างที่รากพืชสามารถใช้ยึดเกาะได้ ควรเป็นวัสดุที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคที่เพียงพอเพื่อป้องกันการกระเด็นออกจากภาชนะขณะใช้งาน อย่างไรก็ตาม แรง

ยึดเหนี่ยวดังกล่าวไม่ควรมากเกินไปจนก่อให้เกิดปัญหาด้านความสามารถในการเคลื่อนตัวลงสู่ภาชนะ ดังที่ได้กล่าวถึงแล้ว

ในด้านกระบวนการผลิต ส่วนผสมที่ใช้ผลิตวัสดุปลูกควรปราศจากเชื้อโรคหรือสารที่เป็นพิษ ส่วนผสมเหล่านั้นควรมีราคาถูก ใช้กระบวนการที่สามารถผสมเข้ากันได้โดยง่ายขาย และสามารถปล่อย 5 สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้อย่างเหมาะสม ควรมีความทนทาน ยังคงมีโครงสร้างและคุณสมบัติ เช่นเดิมได้เป็นเวลานาน

จะเห็นได้ว่า การผลิตวัสดุปลูกพืชทดแทนดินที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการในอุดมคติดังที่ได้กล่าว 10 ไว้ข้างต้นนั้นเป็นไปได้ยากมาก โดยปกติแล้ว คุณสมบัติเพียงจำนวนน้อยบางประการจะถูกพัฒนาเป็น พิเศษ เพื่อแลกกับการสละคุณสมบัติบางประการไป เช่น การใช้ส่วนประกอบที่มีความพรุนตัวสูงเพื่อเพิ่ม ความสามารถในการดูดซับน้ำ ในขณะที่การใช้ส่วนประกอบเหล่านี้ นำมาซึ่งความไม่แข็งแรงของ โครงสร้างที่รากพืชใช้ยึดเกาะ แม้ได้มีการคิดค้นวัสดุปลูกพืชทดแทนดินอีกหลายชนิดนับจากอดีตจนถึง 15 ปัจจุบัน แต่วัสดุปลูกพืชทดแทนดินที่ได้ถูกนำมาใช้จริงมีน้อยมาก ตัวอย่างวัสดุปลูกพืชทดแทนดินที่ใช้ ในปัจจุบัน ได้แก่ กรวด ทรายหยาบ แกลบ ใต้อ้วมวอล กาบมะพร้าว ถ่าน เปลือกไม้ ขี้เลื่อย หินภูเขาไฟ พี ทมอส (Peat moss) หินเพอร์ไลต์ (Perlite) และหินเวอร์มิคูไลต์ (Vermiculite) ฉนวนใยหิน (Rockwool) เม็ดดินเผา ฟองน้ำสังเคราะห์ เป็นต้น

สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาเลขที่ 3467609 ได้เปิดเผยการใช้เส้นใยเซลลูโลสจากเนื้อไม้ โดยเฉพาะ ไม้เนื้ออ่อนซึ่งจะให้เส้นใยที่มีความยาวมากกว่าไม้เนื้อแข็ง โดยใช้วิธีการสกัดเส้นใยเช่นเดียวกับการสกัด 20 เส้นใยเพื่อใช้ในการผลิตเส้นใยเยื่อกระดาษ นอกจากนี้ เส้นใยฝ้าย หรือเส้นใยเซลลูโลสจากพืชที่มีลิกโน เซลลูโลส (Lignocellulosic plant) เช่น ฟาง ก็สามารถใช้เป็นวัตถุดิบได้เช่นกัน กลุ่มวัสดุโพลิเมอร์จากการ สังเคราะห์โอเลฟินไม่อิ่มตัว (Olefinically unsaturated polymerizable materials) เช่น อะคริ โลไนไตรล (Acrylonitrile), สไตรีน (Styrene), อะคริลิก แอซิด (Acrylic acid), เมทิล อะคริเลต (Methyl acrylate), อะคริ ลามิด (Acrylamide), เมทาอะคริลามิด (Methacrylamide), ไวนิล อะซิเตต (Vinyl acetate) เป็นต้น ไม่ 25 ว่าจะเป็นการใช้วัสดุเหล่านี้เพียงลำพังหรือใช้ร่วมกัน เมื่อผ่านกระบวนการทางเคมีในการสังเคราะห์โพลิ เมอร์ในของผสม (In-situ polymerization) ที่มีสารละลายชั้นและเส้นใยเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ โดย ใช้เทคนิคเฉพาะคือเทคนิคการยึดติดตัวเร่งปฏิกิริยา “Anchored catalyst” technique จะสามารถสร้างวัสดุ ชนิดโพลิโอเลฟิน (Polyolefin) เพื่อเคลือบอยู่บนเส้นใยและภายในเส้นใย ทำให้เส้นใยสามารถจับตัว 30 รวมกันและผ่านการขึ้นรูปเป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดินชนิดแผ่น ก้อน หรือรูปร่างอื่นๆ ที่ต้องการได้ จะ เห็นได้ว่าการผลิตวัสดุปลูกชนิดนี้ต้องใช้สารเคมีและกระบวนการที่ยู่ยากมาก ทั้งกระบวนการในการ สกัดเส้นใยจากเนื้อไม้ และกระบวนการหลอมรวมเส้นใยเข้าด้วยกันก่อนการขึ้นรูป ราคาจึงค่อนข้างแพง และไม่มีการผลิตเพื่อนำมาใช้จริงในปัจจุบัน

สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาเลขที่ 2891355 ได้เปิดเผยการผลิตวัสดุปลูกพืชทดแทนดินจาก สไต 35 โรโฟม (Styrofoam) ที่ถูกตัดเป็นริ้วๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ผงซักฟอกผสมเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับ

น้ำของ Styrofoam ความชื้นที่ได้ถึงจะเพียงพอในการปลูกพืช อย่างไรก็ตาม Styrofoam ที่ถูกตัดเป็นริ้วๆ เหล่านั้นไม่สามารถให้โครงสร้างที่จำเป็นสำหรับการยึดเกาะของรากพืชได้ ทำให้ต้นพืชโน้มเอียงและล้มลงอย่างง่ายดาย อีกทั้งสารอาหารของพืชที่บรรจุไว้ใน Styrofoam ยังถูกชะล้างออกไปจากภาชนะได้อย่างง่ายดายหลังการรดน้ำ

- 5 **สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาเลขที่ 4174957** ได้เปิดเผยการผลิตวัสดุปลูกพืชทดแทนดินจากส่วนผสมของเม็ด โปมยูเรีย ฟอรัมาลดีไฮด์ (Urea-formaldehyde) ผงพีท (Powdered peat) หรือปุ๋ยอินทรีย์ (Humus) และสารลดแรงตึงผิวเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำ อย่างไรก็ตาม โครงสร้างของวัสดุปลูกพืชทดแทนดินที่ได้ ยังขาดความแข็งแรงที่เพียงพอต่อการยึดเกาะของรากพืช อีกทั้งการใช้ผงพีทหรือปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งเป็นอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวได้เองตามธรรมชาติ จะทำให้ส่วนผสมเพียงอย่างเดียวที่ยังเหลืออยู่ในวัสดุปลูกพืชทดแทนดินชนิดนี้คือเม็ด โปม Urea-formaldehyde เมื่อผ่านการใช้ไประยะหนึ่ง นอกจากนี้การใช้ผงพีทหรือปุ๋ยอินทรีย์เป็นส่วนผสมสามารถนำเชื้อโรคเข้าสู่วัสดุปลูกได้อย่างง่ายดายอีกด้วย

15 จึงได้มีการพัฒนาวัสดุปลูกและกระบวนการผลิตวัสดุปลูกเพื่อให้วัสดุปลูกพืชทดแทนดินที่ทำมาจากวัสดุที่มีราคาถูก มีปริมาณและการเชื่อมต่อของรูพรุนส่งผลให้รากพืชใช้ยึดเกาะได้ดี สามารถดูดซับน้ำได้ ไม่มีเชื้อโรคทางชีวภาพมาเกี่ยวข้อง มีค่าพีเอชที่อยู่ในช่วงความเป็นกลางทำให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนความเป็นกรดหรือด่างที่เหมาะสมต่อตามความต้องการของพืชได้ อีกทั้งกระบวนการการขึ้นรูปไม่ต้องใช้พลังงานและการลงทุนสูง สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ (recycle) และหากต้องการกำจัดสามารถทำได้โดยการนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

20 วัสดุปลูก ประกอบด้วย น้ำ ปูนปลาสเตอร์ และสารเพิ่มฟองอากาศ ในอัตราส่วน 0.6-1 : 1 : 0.001-0.01 โดยน้ำหนัก โดยอาจมีส่วนประกอบของสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปเพิ่มเติมเพื่อให้โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และลดการยุบตัวของวัสดุปลูกเพื่อยึดอายุการใช้งาน

 กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ประกอบด้วยขั้นตอนหลักคือ การเตรียม น้ำ ปูนปลาสเตอร์ และสารเพิ่มฟองอากาศ ในอัตราส่วน 0.6-1 : 1 : 0.001-0.01 โดยน้ำหนัก จากนั้นผสมสารเพิ่มฟองอากาศ และน้ำให้เข้ากันจนเป็นส่วนผสมของเหลว (wet mixture) แล้วจึงเติมปูนปลาสเตอร์ลงในส่วนผสมของเหลวเพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน และนำส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนไปขึ้นรูปเพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุปลูกที่มีรูปร่างตามต้องการ

 วัสดุปลูกและกระบวนการผลิตวัสดุปลูกตามการประดิษฐ์นี้ สามารถลดค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) จาก 1.66 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) เป็น 0.16-0.68 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับยิปซัมปกติก่อนการสร้างรูพรุนซึ่งปริมาณรูพรุนดังกล่าวนำมาซึ่งโครงสร้างที่รากพืชใช้ยึดเกาะได้ อีกทั้งหากมีการใช้สารเพิ่มความสามารถในการคงรูปแก่ยิปซัมร่วมด้วย จะทำให้โครงสร้าง

30

ที่รากพืชใช้ยึดเกาะนั้นมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และลดการยุบตัวของวัสดุปลูกเพื่อยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ วัสดุปลูกตามการประดิษฐ์นี้มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

- 5 รูปที่ 1 แสดงการแยกชั้นของชั้นงานยิปซัมหลังการแข็งตัว ตามสูตรผสม A
- รูปที่ 2 แสดงชั้นงานยิปซัมที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน ตามสูตรผสม B
- รูปที่ 3 แสดงชั้นงานยิปซัมที่ใช้สารเพิ่มฟองอากาศ ตามสูตรผสม D
- รูปที่ 4 แสดงชั้นงานยิปซัมที่ใช้สารเพิ่มฟองอากาศ ตามสูตรผสม E
- รูปที่ 5 แสดงชั้นงานยิปซัมที่ใช้สารเพิ่มฟองอากาศ ตามสูตรผสม F
- 10 รูปที่ 6 แสดงชั้นงานยิปซัมที่ใช้สารเพิ่มฟองอากาศและสารเพิ่มความสามารถในการคงรูป ตามสูตรผสม I

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

วัสดุปลูกและกระบวนการผลิตวัสดุปลูกตามการประดิษฐ์นี้มีความพรุนตัวเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดิน

- 15 วัสดุปลูกที่มีความพรุนตัวดังกล่าวประกอบด้วย น้ำ ผงปูนปลาสเตอร์ ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$) สารเพิ่มฟองอากาศ (Foaming agent) และ สารเพิ่มความสามารถในการคงรูปแก๊ปซั่มที่มีความพรุนตัวสูง โดยมีอัตราส่วนของ น้ำ ปูนปลาสเตอร์ และสารเพิ่มฟองอากาศ เท่ากับ 0.6-1 : 1 : 0.001-0.01 โดยน้ำหนัก

โดยวัสดุปลูกดังกล่าวอาจประกอบเพิ่มเติมด้วยสารเพิ่มความสามารถในการคงรูป โดยมีอัตราส่วนของสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปแก๊ปซั่ม: ผงปูนปลาสเตอร์ เท่ากับ 0.025-0.5 : 1 โดยน้ำหนัก

- 20 กระบวนการผลิตวัสดุปลูกจากยิปซัมสำหรับการใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดิน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่หนึ่ง คือ การเตรียม น้ำ ปูนปลาสเตอร์ และสารเพิ่มฟองอากาศ ในอัตราส่วน อัตราส่วน 0.6-1 : 1 : 0.001-0.01 โดยน้ำหนัก

- 25 สารเพิ่มฟองอากาศที่ใช้ในการประดิษฐ์นี้ มีค่าความหนานแน่นรวม 6.84 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นสารเคมีที่ลดแรงตึงผิวของน้ำเพื่อให้สร้างฟองอากาศได้จากการตีหรือกวนของผสมอย่างรวดเร็ว และยังสามารถกักฟองอากาศเหล่านั้นให้เสถียรในโครงสร้างเนื้อยิปซัมได้ มีส่วนประกอบหลักที่ส่งผลต่อการกักฟองอากาศในยิปซัม คือ

- 30 - โซเดียม ลอเรท ซัลเฟต (Sodium laureth sulfate) ซึ่งเป็นสารประจุลบที่ลดแรงตึงผิวของน้ำได้ดีทั้งในน้ำอ่อนและน้ำกระด้าง ทำให้สามารถสร้างฟองอากาศได้จากการตีหรือกวนส่วนผสมที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบอย่างรวดเร็ว แม้ฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณมากแต่จะคงรูปอยู่ได้ในระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น

- โคคาไมด์ ไดเอทานอลเอมีน (Cocamide diethanolamine), โคคามิโด โพรพิล บีเทน (Cocamido propyl betaine), โคคาไมด์ โมโนเอทานอลเอมีน (Cocamide monoethanolamine) เป็นสารลดแรงตึงผิวของน้ำที่สามารถสร้างฟองอากาศที่มีขนาดเล็กและมีความเสถียรในการคงรูปมากกว่าโซเดียม ลอเรท ซัลเฟต (Sodium laureth sulfate)
- 5 - กลีเซอริน (Glycerin) มีสถานะเป็นกลาง เป็นตัวทำละลายที่ดีกว่าน้ำและแอลกอฮอล์ ทำให้สารเคมีอื่นๆ ในสารกักฟองอากาศสามารถละลายรวมตัวกันได้เป็นเนื้อเดียวกัน จึงมีคุณสมบัติคงที่ในทุกส่วนของสารละลาย นอกจากนี้กลีเซอริน (Glycerin) สามารถดูดซับน้ำจากอากาศได้ด้วย ทำให้มีน้ำเคลือบอยู่บนพื้นผิวของอนุภาคยิปซัมในของผสม อนุภาคยิปซัมจึงสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างว่องไวในระหว่างการตีหรือกวนส่วนผสมอย่างรวดเร็วเพื่อกักฟองอากาศ
- 10 - กรดซิตริก (Citric acid) เป็นสารเคมีที่สามารถหน่วงปฏิกิริยาการแข็งตัวของยิปซัม เพื่อยืดระยะเวลาในการผลิตฟองอากาศ
- โซเดียม คลอไรด์ (Sodium chloride) เป็นสารเพิ่มความชื้น ที่ทำให้สารกักฟองอากาศมีความชื้นหนักก่อนที่จะผสมกับน้ำ และเมื่อใช้ผสมกับของผสมในการผลิตยิปซัมพูนจะล้อมรอบ
- 15 ผลึกยิปซัม ทำให้ฟองอากาศที่ถูกกักไว้ไม่สูญหายไป แต่มีความเสถียรมากขึ้นจนกว่ายิปซัมจะแข็งตัว และ
- ลอเรท-10 (Laureth-10) เป็นสารเคมีที่ช่วยให้สารเคมีอื่นๆ ในสารกักฟองอากาศและในของผสมยิปซัมพูนที่ละลายในน้ำได้น้อย สามารถแขวนตัวในน้ำได้ดีขึ้น
- 20 **ขั้นตอนที่สอง** คือ การผสมสารเพิ่มฟองอากาศ และน้ำให้เข้ากันจนเป็นส่วนผสมของเหลว (wet mixture) โดยนำสารเพิ่มฟองอากาศผสมกับน้ำเพื่อลดความชื้นหนักของสารเพิ่มฟองอากาศเสียก่อน หลังจากสารเพิ่มฟองอากาศละลายน้ำแล้ว จึงผสมน้ำที่เหลือให้เข้ากันทั้งหมด แล้วจึงบรรจุส่วนผสมของเหลวที่ได้ลงในภาชนะบรรจุของเครื่องผสม และใช้เครื่องผสมตีส่วนผสมอย่างรวดเร็วด้วยอัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 250-300 รอบต่อนาที เป็นเวลาประมาณ 1-2 นาที เพื่อสร้างฟองอากาศ
- 25 **ขั้นตอนที่สาม** คือ การเติมปูนปลาสเตอร์ลงในส่วนผสมของเหลว เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน โดยการเติมผงปูนปลาสเตอร์ลงในส่วนผสมของเหลวที่อยู่ในภาชนะบรรจุของเครื่องผสม เพื่อให้ผงปูนปลาสเตอร์ทั้งหมดจมลงในส่วนผสมของเหลวแล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 1-2 นาที จากนั้นใช้เครื่องผสมตีส่วนผสมทั้งสองชนิดด้วยอัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 250-300 รอบต่อนาที เพื่อสร้างฟองอากาศเป็นเวลาประมาณ 1-2 นาที จากนั้นจึงใช้ทัพพีตักเอาของผสมที่จมอยู่ก้นหม้อขึ้นมาอยู่ด้านบน
- 30 ของหม้อผสม แล้วจึงใช้เครื่องผสมตีส่วนผสมอีกครั้งที่อัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 250-300 รอบต่อนาที อีก 1 นาที

ขั้นตอนที่สี่ คือ การนำส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนไปขึ้นรูปเพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุปลูกที่มีรูปร่างตามต้องการ โดยวิธีการขึ้นรูปวัสดุปลูกให้มีรูปร่างตามต้องการสามารถเลือกได้จาก การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์หล่อวัสดุปลูกซึ่งเมื่อนำโครงสร้างเป็นรูพรุนไปเทลงในแม่พิมพ์หล่อเมื่อวัสดุปลูกแข็งตัวก็จะต้องถอดออกจากแม่พิมพ์หล่อนั้น และการขึ้นรูปโดยใช้ภาชนะปลูกที่รองรับวัสดุปลูกซึ่งเมื่อนำโครงสร้างเป็นรูพรุนไปเทลงในภาชนะปลูกดังกล่าว เมื่อวัสดุปลูกมีการแข็งตัวก็สามารถนำวัสดุปลูกพร้อมภาชนะปลูกดังกล่าวไปใช้งานโดยไม่ต้องถอดออกจากภาชนะปลูก การแข็งตัวของยิปซัมขึ้นกับปริมาณของสารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในแต่ละสูตรผสม โดยส่วนใหญ่ควรทิ้งส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนไว้ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง หลังจากเทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์หล่อหรือภาชนะปลูก เพื่อยืนยันการแข็งตัวของยิปซัมก่อนการนำไปใช้งาน

กระบวนการผลิตวัสดุปลูกตามการประดิษฐ์นี้ ประกอบเพิ่มเติมด้วย ขั้นตอนการเติมสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปลงในส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน ก่อนนำไปทำให้แห้ง โดยอัตราส่วนของสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปต่อปูนปลาสเตอร์ คือ 0.025-0.5 :1 โดยน้ำหนัก สารเพิ่มความสามารถในการคงรูป สามารถเลือกได้น้อยหนึ่งอย่างจาก แอลคิลคีทีน ไดเมอร์ (Alkylketene Dimer; AKD) และแอลคิล ซัคซินิก แอนไฮไดรด์ (Alkyl succinic anhydride; ASA) สารเพิ่มความสามารถในการคงรูปแก่ยิปซัมที่ใช้ในการประดิษฐ์นี้ มีค่าความหนาแน่นรวม 1.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นสารเคมีในรูปสารละลายแขวนลอยน้ำมัน (Emulsion) ได้แก่ แอลคิลคีทีน ไดเมอร์ ซึ่งผสมร่วมกับน้ำ แป้ง และสารกันเสีย โดยมีปริมาณ AKD ในสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 9.5-20% โดยน้ำหนัก นอกจาก AKD แล้ว แอลคิล ซัคซินิก แอนไฮไดรด์หรือ ASA สามารถใช้เพิ่มความสามารถในการคงรูปแก่ยิปซัมที่ใช้ในการประดิษฐ์นี้ได้เช่นกัน แต่ปริมาณการใช้ ASA ซึ่งมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาสูงกว่า จะใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าปริมาณการใช้ AKD สารเพิ่มความสามารถในการคงรูปแก่ยิปซัมมีสถานะเป็นของเหลว จึงสามารถนำมาเทลงในภาชนะบรรจุของเครื่องผสม แล้วใช้เครื่องผสมตีส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน โดยใช้อัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 250-300 รอบต่อนาที เป็นเวลาประมาณ 1-2 นาที จากนั้นจึงนำของผสมดังกล่าวไปขึ้นรูปตามขั้นตอนที่สี่

จากกระบวนการผลิตวัสดุปลูกตามขั้นตอนดังกล่าว วัสดุปลูกที่ได้จะมีความหนาแน่น ในช่วง 0.20-0.70 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) และมีความสามารถดูดซับน้ำคือ 0.1-5.0 วินาทีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

การพัฒนาสูตรผสมและกระบวนการผลิตวัสดุปลูกจากยิปซัมที่มีความพรุนตัวเหมาะสม เพื่อใช้ทดแทนดินตามการประดิษฐ์นี้ ได้ทำการวัดค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) และความสามารถในการดูดซับน้ำของชิ้นงานที่พัฒนาขึ้นร่วมด้วย โดยมีวิธีการวัดดังนี้

30 การวัดค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density)

ใช้แบบหล่อพลาสติกใสปริมาตรรวม 400 cm^3 หลังจากเทยิปซัมที่ผ่านการผสมดังกล่าวข้างต้นเพื่อขึ้นรูปในแบบหล่อแล้ว รอการแข็งตัวของชิ้นงานและแกะชิ้นงานออกจากแบบหล่อหลังจากเท

ส่วนผสมลงในแบบหล่อแล้วไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง เพื่อยืนยันการแข็งตัวของยิปซัม หลังจากนั้นจึงบ่ม
ชิ้นงานที่ถอดแบบแล้วเพื่อให้ปฏิกิริยาดังแสดงในสมการที่ (2) เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และเพื่อไล่น้ำ
ส่วนเกินที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (°C) จนกระทั่งน้ำหนักของชิ้นงานคงที่ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน
เมื่อชิ้นงานมีน้ำหนักคงที่แล้ว น้ำหนักและปริมาตรของชิ้นงานจึงถูกใช้ในการคำนวณค่าความหนาแน่น
รวม ตามสมการ:

$$\text{ค่าความหนาแน่นรวม} = \frac{\text{น้ำหนักชิ้นงานหลังผ่านการบ่มที่ } 45^{\circ}\text{C จนน้ำหนักคงที่ (กรัม)}}{\text{ปริมาตรชิ้นงาน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)}}$$

ซึ่งค่าความหนาแน่นรวมที่ลดลง บ่งบอกถึงปริมาตรรูพรุนที่เพิ่มขึ้นในชิ้นงาน

10 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water absorption)

หลังจากการวัดค่าความหนาแน่นรวมแล้วเสร็จ จึงทำการหยดน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงบน
ผิวหน้าของชิ้นงาน หากชิ้นงานสามารถดูดซับปริมาณน้ำดังกล่าวจนหมดจากผิวหน้าได้ภายในเวลา 5
วินาที ถือว่าชิ้นงานดังกล่าวมี ความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี แต่หากใช้เวลามากกว่า 5 วินาที ถือว่า
ชิ้นงานดังกล่าวมี ความสามารถในการดูดซับน้ำไม่ดี ความสามารถในการดูดซับน้ำของวัสดุปลูกตาม
สูตรผสมตัวอย่างได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.

ผลการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดลองที่ 1

สูตรผสม A ในตารางที่ 1 ใช้ผงปูนปลาสเตอร์ 200 กรัม น้ำ 140 กรัม และ สารเพิ่มฟองอากาศ
1.4 กรัม โดยแบ่งน้ำปริมาณ 50 กรัม มาผสมกับสารเพิ่มฟองอากาศในปริมาณที่เตรียมมาทั้งหมด
หลังจากนั้นจึงนำน้ำที่เหลือซึ่งต้องการใช้ในการผสมทั้งหมดผสมลงไป คนให้เข้ากันอีกครั้ง หลังจากนั้น
จึงบรรจุส่วนผสมของเหลว (Wet mixture) ที่ได้ลงในภาชนะบรรจุของเครื่องผสมยี่ห้อโฮบาร์ด
(HOBART) ซึ่งเป็น ASTM-Compliant Mixer ขนาด 4.73 ลิตร แล้วจึงทำการผสมโดยใช้อัตราความเร็ว
ในการหมุนของใบพัด 285 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเติมผงปูนปลาสเตอร์ทั้งหมด ใช้ทัพพีคน
ของผสมให้เข้ากันแล้วแช่ทิ้งไว้ เป็นเวลา 1 นาทีเพื่อให้ผงปูนปลาสเตอร์จมลงในส่วนผสมของเหลว แล้ว
จึงใช้เครื่องผสมตีส่วนผสมดังกล่าว ที่อัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 139 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1
นาที จากนั้นจึงใช้ทัพพีตักเอาของผสมที่จมอยู่ก้นหม้อขึ้นมาอยู่ด้านบนของหม้อผสม แล้วจึงใช้เครื่อง
ผสมตีส่วนผสมอีกครั้งที่อัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 139 รอบต่อนาที อีก 1 นาที จากนั้นจึงเท
ของผสมลงในแบบหล่อ

เมื่อเทของผสมลงในแบบหล่อพบว่าการแยกชั้นของของผสมออกเป็น 3 ชั้น อย่างชัดเจน ได้แก่
ยิปซัมที่มีความพรุนตัวสูงมากในชั้นบนสุด น้ำ และยิปซัมที่มีความพรุนตัวต่ำในชั้นล่างสุด ระหว่างรอ
การแข็งตัว น้ำบริเวณชั้นกลางจะระเหยออกไปจนหมด หลังจากแข็งตัวแล้วจะเหลือเพียงยิปซัมที่มีความ

พูนตัวสูงซ้อนทับอยู่บนยิปซัมที่มีความพูนตัวต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 1 เนื่องจากความบกพร่องในการขึ้นรูปของผสม ทำให้ชิ้นงานที่ได้ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน แต่มีลักษณะและค่าความหนาแน่นรวมต่างกันอย่างชัดเจนบนชิ้นงานเดียวกัน การวัดค่าความหนาแน่นรวมของชิ้นงานนี้จึงไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

5 ตัวอย่างผลการทดลองที่ 2

สูตรผสม B ในตารางที่ 1 ใช้ผงปูนปลาสเตอร์ 200 กรัม น้ำ 132 กรัม และ สารเพิ่มฟองอากาศ 1.4 กรัม ทำการผสมส่วนผสมของเหลว (Wet mixture) เช่นเดียวกับตัวอย่างผลการทดลองที่ 1 แต่เมื่อเติมผงปูนปลาสเตอร์ทั้งหมดลงไปผสมกับส่วนผสมของเหลว ทำการเกลี่ยให้ผงปูนปลาสเตอร์จมลงสู่ส่วนผสมของเหลวโดยปราศจากการคน แล้วจึงแช่ทิ้งไว้ เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นใช้เครื่องผสมตีส่วนผสมดังกล่าว ที่อัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 285 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นจึงใช้ทัพพีตักเอาของผสมที่จมอยู่ก้นหม้อขึ้นมาอยู่ด้านบนของหม้อผสม แล้วจึงใช้เครื่องผสมตีส่วนผสมอีกครั้งที่อัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 285 รอบต่อนาที อีก 1 นาที จากนั้นจึงเทของผสมลงในแบบหล่อ

เมื่อเทของผสมลงในแบบหล่อไม่พบการแยกชั้นทั้งก่อนและหลังการแข็งตัวของยิปซัม ชิ้นงานยิปซัมที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2 และเมื่อทำการเปรียบเทียบกระบวนการขึ้นรูปที่ต่างกัน ตัวอย่างผลการทดลองที่ 1 และตัวอย่างผลการทดลองที่ 2 จะเห็นได้ว่ากระบวนการขึ้นรูปส่งผลต่อลักษณะของชิ้นงานอย่างมาก ชิ้นงานที่ได้จากตัวอย่างผลการทดลองที่ 2 สามารถดูดซับน้ำได้และมีค่าความหนาแน่นรวม 0.63 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณรูพรุนที่เกิดขึ้นนำมาซึ่งโครงสร้างที่รากพืชใช้ยึดเกาะได้ จึงสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดินได้ แต่การสึกกร่อนและยุบตัวของยิปซัมยังคงเกิดขึ้น หลังผ่านการใช้งานไปแล้วระยะหนึ่ง

ตัวอย่างผลการทดลองที่ 3

สูตรผสม D ในตารางที่ 1 นำผงปูนปลาสเตอร์ 200 กรัม น้ำ 180 กรัม และสารเพิ่มฟองอากาศ 1.8 กรัม มาผสมโดยใช้กระบวนการผสมเช่นเดียวกับตัวอย่างผลการทดลองที่ 2 เมื่อนำไปทดสอบ พบว่ามีค่าความหนาแน่นรวมเพียง 0.21 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และดูดซับน้ำได้ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรผสม B ในตารางที่ 1 พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำและสารเพิ่มฟองอากาศ ทำให้ปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังแสดงในรูปที่ 3 นำมาซึ่งโครงสร้างที่รากพืชใช้ยึดเกาะได้ แต่ความไม่แข็งแรงของโครงสร้างก่อให้เกิดการยุบตัวของวัสดุปลูกหลังผ่านการใช้งานไปแล้วระยะหนึ่ง

30 ตัวอย่างผลการทดลองที่ 4

สูตรผสม E ในตารางที่ 1 นำผงปูนปลาสเตอร์ 200 กรัม น้ำ 140 กรัม และสารเพิ่มฟองอากาศ 0.5 กรัม มาผสมโดยใช้กระบวนการผสมเช่นเดียวกับตัวอย่างผลการทดลองที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตร

ผสม D ในตารางที่ 1 พบว่า การลดปริมาณน้ำและปริมาณสารเพิ่มฟองอากาศลง ส่งผลให้รูพรุนที่เกิดขึ้นจำนวนมากนั้นมีขนาดเล็กลง ดังแสดงในรูปที่ 4 เมื่อนำไปทดสอบ พบว่าดูดซับน้ำได้และค่าความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้นเป็น 0.68 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรนำมาซึ่งความแข็งแรงของโครงสร้างที่รากพืชใช้ยึดเกาะได้ และลดการยุบตัวของวัสดุปลูกเพื่อยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้นได้

5 **ตัวอย่างผลการทดลองที่ 5**

สูตรผสม F ในตารางที่ 1 นำผงปูนปลาสเตอร์ 200 กรัม น้ำ 140 กรัม และสารเพิ่มฟองอากาศ 1.0 กรัม มาผสมโดยใช้กระบวนการผสมเช่นเดียวกันกับตัวอย่างผลการทดลองที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรผสม E ในตารางที่ 1 การคงปริมาณน้ำเท่าเดิม และเพิ่มปริมาณสารเพิ่มฟองอากาศเพียงเล็กน้อย จาก 0.5 กรัมเป็น 1 กรัม ทำให้รูพรุนจำนวนหนึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5 เมื่อนำไปทดสอบ พบว่าสามารถดูดซับน้ำได้ และค่าความหนาแน่นรวมลดลงเป็น 0.46 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความแข็งแรงของโครงสร้างดังกล่าวรากพืชใช้ยึดเกาะได้ หากแต่หลังผ่านการใช้งานไปแล้วระยะหนึ่ง การสึกกร่อนของยิปซัมยังคงเกิดขึ้น (นอกจากนี้ หากใช้ปริมาณสารเพิ่มฟองอากาศมากขึ้น เช่นในสูตรผสม G ในตารางที่ 1 ความสามารถในการคงรูปของชิ้นงานจะลดลงอย่างมาก ชิ้นงานจะแตกและไม่สามารถคงรูปอยู่ได้ขณะถอดชิ้นงานออกจากแบบหล่อ ทำให้ไม่สามารถวัดค่าความหนาแน่นรวมได้)

15

ตัวอย่างผลการทดลองที่ 6

สูตรผสม I ในตารางที่ 1 ใช้ผงปูนปลาสเตอร์ 200 กรัม น้ำ 140 กรัม สารเพิ่มฟองอากาศ 1 กรัม และสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปแกยิปซัมในรูปสารละลายแวนลอยน้ำมัน 10 กรัม โดยแบ่งน้ำ 50 กรัม มาผสมกับสารเพิ่มฟองอากาศในปริมาณที่เตรียมมาทั้งหมด จากนั้นจึงนำน้ำที่เหลือซึ่งต้องการใช้ในการผสมทั้งหมดผสมลงไป คนให้เข้ากันอีกครั้ง แล้วจึงบรรจุส่วนผสมของเหลว (Wet mixture) ที่ได้ลงในภาชนะบรรจุของเครื่องผสมยิปซัมไฮบาร์ท (HOBART) ซึ่งเป็น ASTM-Compliant Mixer ขนาด 4.73 ลิตร และทำการผสมโดยใช้อัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 285 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นจึงเติมผงปูนปลาสเตอร์ทั้งหมด ทำการเกลี่ยให้ผงปูนปลาสเตอร์จมลงสู่ส่วนผสมของเหลวโดยปราศจากการคน แล้วจึงแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นใช้เครื่องผสมตีส่วนผสมดังกล่าว ที่อัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 285 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที แล้วใช้ทัพพีตักเอาของผสมที่จมอยู่ก้นหม้อขึ้นมาอยู่ด้านบนของหม้อผสม แล้วใช้เครื่องผสมตีส่วนผสมอีกครั้งที่อัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 285 รอบต่อนาที อีก 1 นาที จากนั้นจึงเทสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปแกยิปซัมในรูปสารละลายแวนลอยน้ำมัน 10 กรัม ลงในหม้อผสม แล้วจึงใช้เครื่องผสมตีส่วนผสมอีกครั้งที่อัตราความเร็วในการหมุนของใบพัด 285 รอบต่อนาที อีก 1 นาที แล้วเทของผสมลงในแบบหล่อ

30

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรผสม I กับสูตรผสม F ในตารางที่ 1 พบว่า การคงปริมาณน้ำและปริมาณสารเพิ่มฟองอากาศเท่าเดิม แต่มีการใช้สารเพิ่มความสามารถในการคงรูปแกยิปซัม 10 กรัมร่วมด้วย ส่งผลให้รูพรุนมีขนาดเล็กลงและการเชื่อมต่อของรูพรุนลดลง ดังแสดงในรูปที่ 6 และมีค่าความหนาแน่นรวม

เพิ่มขึ้นเป็น 0.64 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณรูพรุนดังกล่าวนำมาซึ่งโครงสร้างที่รากพืชใช้ยึดเกาะได้ และการใช้สารเพิ่มความสามารถในการคงรูปแก๊ปซึมร่วมด้วยทำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างเพิ่มขึ้นอย่างสูง ซึ่งงานสามารถคงรูปได้ดี และสามารถดูดซับน้ำได้ ทำให้สูตรผสม I สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดิน โดยไม่ต้องใช้ภาชนะบรรจุได้

5

สูตร	น้ำ:ปุ๋ย พลาสติก	สารเพิ่ม ฟองอากาศ: ปุ๋ยพลาสติก	สารเพิ่มความสามารถใน การคงรูป: ปุ๋ย พลาสติก	ค่าความหนาแน่น รวม	เวลาที่ใช้ในการดูด ซับน้ำ 1 ลูกบาศก์ เซนติเมตร
	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก			กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร	
A	0.7	0.007	0	-	0.1 วินาที
B	0.66	0.007	0	0.63	0.1 วินาที
C	0.6	0.009	0	0.96	0.1 วินาที
D	0.9	0.009	0	0.21	0.1 วินาที
E	0.7	0.0025	0	0.68	0.1 วินาที
F	0.7	0.005	0	0.46	0.1 วินาที
G	0.7	0.007	0	-	0.1 วินาที
H	0.7	0.005	0.025	0.46	0.1 วินาที
I	0.7	0.005	0.05	0.64	0.1 วินาที
J	1	0.009	0.05	0.16	0.1 วินาที

ตารางที่ 1 แสดงค่าความหนาแน่นรวมและความสามารถในการดูดซับน้ำของสูตรผสมยิปซัมเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดินตามกระบวนการผลิตสำหรับการประดิษฐ์นี้

10 ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองตามสูตรผสมและกระบวนการผลิตยิปซัมที่มีความพรุนตัวและความสามารถในการดูดซับน้ำเหมาะสมต่อการใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดินสำหรับการประดิษฐ์นี้ จะเห็นได้ว่า สูตรผสม B, D, E และ F ซึ่งให้ค่าความหนาแน่นรวมในช่วง 0.21-0.68 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรก่อให้เกิดปริมาณรูพรุนที่เพียงพอต่อการยึดเกาะของรากพืชและมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี แต่การสีก่อนและยุบตัวของยิปซัมยังคงเกิดขึ้นหลังผ่านการใช้งานไปแล้วระยะหนึ่ง ส่วนสูตรผสม C ซึ่งมีค่าความหนาแน่นรวมสูงถึง 0.96 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หากปริมาณรูพรุนที่เพียงพอต่อการยึดเกาะของรากพืช จึงไม่สามารถใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดินได้

15

เมื่อพิจารณาความสามารถในการดูดซับน้ำ ตัวอย่างที่แสดงตามตารางที่ 1 วัสดุปลูกตามการประดิษฐ์นี้มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีมาก โดยใช้เวลาเพียง 0.1 วินาทีในการดูดซับน้ำปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจะช่วยให้พืชที่ปลูกในวัสดุปลูกพีชดังกล่าวได้รับความชื้นอย่างเหมาะสม

ความแข็งแรงของโครงสร้างวัสดุปลูกได้รับการพัฒนาโดยใช้สารเพิ่มความสามารถในการคงรูป พบว่า สูตรผสมที่สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดินที่สามารถคงรูปได้ ดูดซับน้ำได้ มีโครงสร้างที่รากพืชใช้ยึดเกาะที่แข็งแรงขึ้น และลดการยุบตัวของวัสดุปลูกเพื่อยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้นคือ สูตรผสม H และ I ซึ่งให้ค่าความหนาแน่นรวม 0.46 และ 0.64 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับสูตรผสม J ซึ่งใช้ปริมาณน้ำและสารเพิ่มฟองอากาศในสูตรผสมสูงที่สุด ทำให้เกิดปริมาณรูพรุนที่มากเกินไป แม้จะมีการใช้สารเพิ่มความสามารถในการคงรูปในสูตรผสมแล้ว แต่เนื่องจากปริมาณรูพรุนที่มากเกินไป การยุบตัวของวัสดุปลูกจึงยังคงเกิดขึ้นหลังผ่านการใช้งานไปแล้ว 5 10 15 20 25 30

หนึ่ง นอกจากปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้จากยิปซัมธรรมชาติแล้ว ปูนปลาสเตอร์ที่ได้จากการเผา ยิปซัมชนิดอื่นๆ ตามสมการที่ (1) อันเป็นวัสดุพลอยได้จากภาคอุตสาหกรรม เช่น เอฟจีดียิปซัม (Flue-gas desulfurization gypsum; FGD gypsum) ซึ่งเกิดจากการกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเผาถ่านหิน, ซิโตรยิปซัม (Citrogypsum) อันเป็นวัสดุพลอยได้จาก การผลิตกรดซิตริก, ฟอสโฟยิปซัม (Phosphogypsum) จากการผลิตปุ๋ยเคมีชนิดฟอสเฟต, ฟลูออโรยิปซัม (Fluorogypsum) ที่ได้จากการผลิตกรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid) และ ไททานอยิปซัม (Titanogypsum) ซึ่งเป็นวัสดุพลอยได้จากการผลิตกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) สามารถนำมาใช้ในการประดิษฐ์นี้ได้เช่นกัน หากแต่ต้องมีการกำจัดสารปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตสารเคมีในยิปซัม ดังกล่าวที่อาจเป็นอันตรายต่อพืชออกเสียก่อน

คุณสมบัติของสูตรผสมและกระบวนการผลิตยิปซัมที่มีความพรุนตัวและความสามารถในการคงรูปเหมาะสมสำหรับการเป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดินที่ผลิตได้จากการประดิษฐ์นี้ คือ มีน้ำหนักเบา มีความพรุนตัวที่เหมาะสมสำหรับการยึดเกาะของรากพืช สามารถกักเก็บปริมาณความชื้นและปริมาณอากาศที่รากพืชต้องการได้ นอกจากนี้ค่าพีเอชที่เป็นกลางของยิปซัมและสูตรผสมที่ได้ ทำให้สามารถควบคุมปริมาณความเป็นกรดเป็นด่างตามที่พืชต้องการได้ อีกทั้งความเป็นวัสดุอนินทรีย์ของยิปซัมทำให้วัสดุปลูกที่ผลิตได้ปราศจากเชื้อโรคหรือสารที่เป็นพิษทางชีวภาพ ในด้านกระบวนการผลิต ทั้งส่วนผสม และเครื่องมือที่ใช้ในการประดิษฐ์นี้มีราคาถูก และกระบวนการผสมเป็นไปได้อย่างง่ายดาย และเมื่อได้รับการพัฒนาความสามารถในการคงรูปของโครงสร้างที่ใช้ในการยึดเกาะของรากพืชแล้ว วัสดุปลูกพืชทดแทนดินที่ได้จากการประดิษฐ์นี้ มีความทนทาน สามารถคงรูปได้ดี ไม่ยุบตัว และสามารถดูดซับน้ำได้ดี

จากคุณสมบัติการเป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดินที่ผลิตได้จากสูตรผสมและกระบวนการผลิตยิปซัมที่มีความพรุนตัวและความสามารถในการคงรูปเหมาะสมสำหรับการประดิษฐ์นี้ นอกจากจะ

นำไปใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทดแทนดินแล้ว ยังสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุสำหรับการกรองสารที่อยู่ในสถานะก๊าซ ของเหลว ฝุ่นละออง หรือของแข็งบางชนิดได้ด้วย การใช้เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าว ขนาดและปริมาณของรูพรุนในเนื้อเยื่อที่ความต้องการนำมาใช้จะขึ้นกับขนาดอนุภาคและความเร็วในการเคลื่อนที่ของสารที่ต้องการใช้เนื้อเยื่อที่รูพรุนเป็นวัสดุสำหรับการกรอง โดยการปรับขนาดและปริมาณของรูพรุนในเนื้อเยื่อสามารถทำได้โดยการปรับปริมาณของพูนพลาสติกอร์ น้ำ และสารเพิ่มฟองอากาศในสูตรผสม

แม้การประดิษฐ์นี้จะได้รับการบรรยายโดยสมบูรณ์ โดยใช้ประกอบกับรูปภาพและตารางที่แนบมาเป็นตัวอย่างด้วยก็ตาม ย่อมเป็นที่เข้าใจได้ว่าการดัดแปลง หรือแก้ไขต่างๆ โดยผู้ที่มีความชำนาญในระดับสามัญในศิลปะและวิทยาการที่เกี่ยวข้อง โดยที่ยังอยู่ภายในขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์อาจกระทำได้ขอบเขตของการประดิษฐ์นี้ย่อมเป็นไปตามลักษณะของการประดิษฐ์ที่ได้ระบุไว้ในข้อถือสิทธิที่แนบท้าย รวมทั้งยังครอบคลุมถึงลักษณะของการประดิษฐ์ที่แม้จะมีได้ระบุไว้ในข้อถือสิทธิโดยเฉพาะเจาะจง แต่เป็นสิ่งที่มีความหมายที่สอยและทำให้เกิดผลในทำนองเดียวกับลักษณะของการประดิษฐ์ที่ได้ระบุไว้ในข้อถือสิทธิด้วย

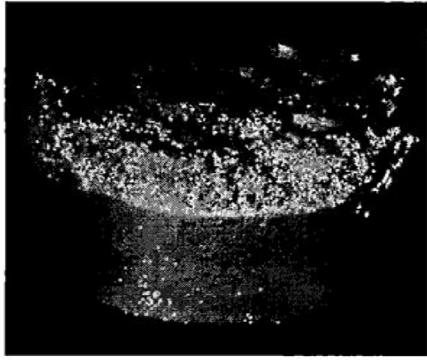
วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

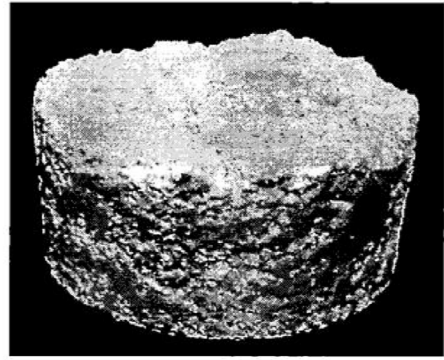
ข้อถ้อยสิทธิ

1. วัสดุปลูก ประกอบด้วย น้ำ ปูนปลาสเตอร์ และสารเพิ่มฟองอากาศ ในอัตราส่วน 0.6-1 : 1: 0.001-0.01 โดยน้ำหนัก
2. วัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิที่ 1 ที่ซึ่ง สารเพิ่มฟองอากาศประกอบด้วย โซเดียม ลอเรท ซัลเฟต (Sodium laureth sulfate) โคคาไมด์ ไดเอทานอลเอมีน (Cocamide diethanolamine), โคคามิโด โพรพิล บีเทน (Cocamido propyl betaine), โคคาไมด์ โมโนเอทานอลเอมีน (Cocamide monoethanolamine) กลีเซอริน (Glycerin) กรดซิตริก (Citric acid) โซเดียม คลอไรด์ (Sodium chloride) และลอเรท-10 (Laureth-10)
3. วัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิที่ 1 หรือ 2 ประกอบเพิ่มเติมด้วย สารเพิ่มความสามารถในการคงรูป
4. วัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิที่ 3 ที่ซึ่ง สารเพิ่มความสามารถในการคงรูปเลือกได้อย่างน้อยหนึ่งอย่าง จาก แอลคิลคีทีน ไดเมอร์ (Alkylketene Dimer) และแอลคิล ซัคซินิก แอนไฮไดรด์ (Alkyl succinic anhydride)
5. วัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิที่ 3 หรือ 4 ที่ซึ่ง อัตราส่วนของสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปต่อปูนปลาสเตอร์ คือ 0.025-0.5 :1 โดยน้ำหนัก
6. วัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิที่ 1-5 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่ง วัสดุปลูกมีความหนาแน่น อยู่ในช่วง 0.20-0.70 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)
7. วัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิที่ 1-6 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่ง วัสดุปลูกมีความสามารถดูดซับน้ำคือ 0.1-5.0 วินาทีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
8. กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ประกอบด้วย ขั้นตอนดังนี้
 - ก. เตรียม น้ำ ปูนปลาสเตอร์ และสารเพิ่มฟองอากาศ ในอัตราส่วน อัตราส่วน 0.6-1 : 1: 0.001-0.01 โดยน้ำหนัก
 - ข. ผสมสารเพิ่มฟองอากาศ และน้ำให้เข้ากันจนเป็นส่วนผสมของเหลว
 - ค. เติมนูนปลาสเตอร์ลงในส่วนผสมของเหลว เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน และ
 - ง. นำส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน ไปขึ้นรูปเพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุปลูกที่มีรูปร่างตามต้องการ
9. กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิที่ 8 ที่ซึ่ง สารเพิ่มฟองอากาศประกอบด้วย โซเดียม ลอเรท ซัลเฟต (Sodium laureth sulfate) โคคาไมด์ ไดเอทานอลเอมีน (Cocamide diethanolamine), โคคามิโด โพรพิล บีเทน (Cocamido propyl betaine), โคคาไมด์ โมโนเอทานอลเอมีน (Cocamide monoethanolamine) กลีเซอริน (Glycerin) กรดซิตริก (Citric acid) โซเดียม คลอไรด์ (Sodium chloride) และลอเรท-10 (Laureth-10)

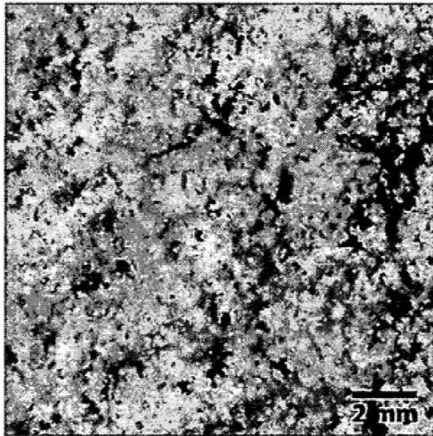
10. กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 8 หรือ 9 ประกอบเพิ่มเติมด้วย ขั้นตอนการเติมสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปลงในส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน ก่อนนำไปทำให้แห้ง
11. กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 10 ที่ซึ่ง อัตราส่วนของสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปต่อปูนปลาสเตอร์ คือ 0.025-0.5 :1 โดยน้ำหนัก
12. กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 10 หรือ 11 ที่ซึ่ง สารเพิ่มความสามารถในการคงรูปเลือกได้อย่างน้อยหนึ่งอย่างจาก แอลคิลคีทีน ไดเมอร์ (Alkylketene Dimer) และแอลคิล ซัคซินิก แอนไฮไดร (Alkyl succinic anhydride)
13. กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 8 ที่ซึ่ง วิธีการขึ้นรูปวัสดุปลูกให้มีรูปร่างตามต้องการเลือกได้จาก การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์หล่อวัสดุปลูก และ การขึ้นรูปโดยใช้ภาชนะปลูกที่รองรับวัสดุปลูก
14. กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 8-13 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่ง วัสดุปลูกมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.20-0.70 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)
15. กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 8-14 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่ง วัสดุปลูกมีความสามารถดูดซับน้ำคือ 0.1-5.0 วินาทีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
16. กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 8 ที่ซึ่ง อัตราความเร็วที่ใช้ในการผสมปูนปลาสเตอร์เข้ากับส่วนผสมของเหลว อยู่ในช่วง 250-300 รอบต่อนาที
17. กระบวนการผลิตวัสดุปลูก ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 10 ที่ซึ่ง อัตราความเร็วที่ใช้ในการผสมส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนกับสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปอยู่ในช่วง 250-300 รอบต่อนาที



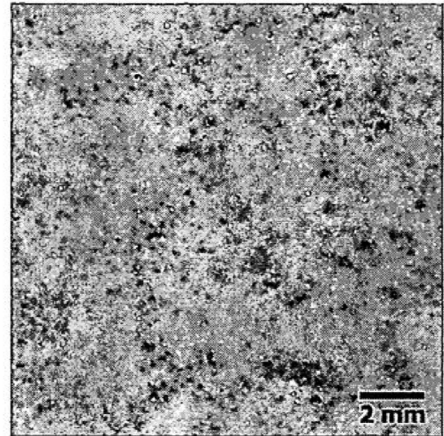
รูปที่ 1



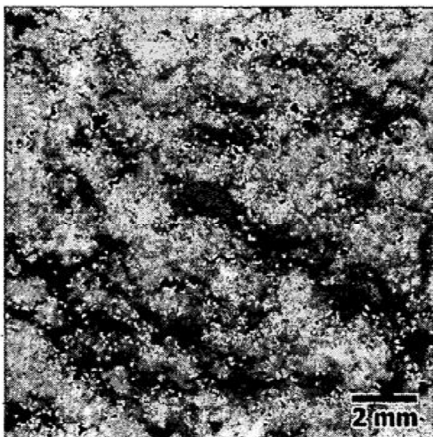
รูปที่ 2



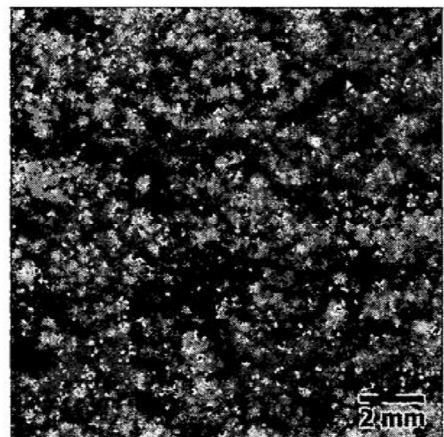
รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5



รูปที่ 6

บทสรุปการประดิษฐ์

วัสดุปลูกและกระบวนการผลิตวัสดุปลูกตามการประดิษฐ์นี้ มีส่วนผสมของน้ำ ปูนปลาสเตอร์ และ สารเพิ่มฟองอากาศ ที่ผสมกันจนได้เป็นส่วนผสมที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน โดยอาจเพิ่มสารเพิ่มความสามารถในการคงรูปลงไปในส่วนผสมดังกล่าวก่อนนำไปขึ้นรูป เพื่อให้ได้วัสดุปลูกมีความพรุนตัวเพียงพอเหมาะสมสำหรับการยึดเกาะของรากพืช มีความแข็งแรงของโครงสร้างเพียงพอต่อการคงรูปได้ และมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้