

Ivonne Wittmann^{1*}, Theresa Seidl², Christian Reichtalhammer², Sabine Wittmann¹,
Michael Beck¹

Praxisvergleich wachsbehandelter Hanf-Miscanthus- Fasermischungen im hydroponischen Tomatenanbau: Einfluss auf Ertrag und Substratstabilität

¹ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Institut für Gartenbau,
Am Staudengarten 10, 85354 Freising, Germany;
ivonne.wittmann@hswt.de, sabine.wittmann@tum.de, michael.beck@hswt.de

² Gemüsebau Steiner GmbH & Co. KG, Edt 8, 84558 Kirchweidach, Germany;
t.seidl@gemuesebau-steiner.de, c.reichtalhammer@gemuesebau-steiner.de

* Korrespondenz: ivonne.wittmann@hswt.de



DGG-Proceedings 2025, Vol. 13

Short Communications – Peer Reviewed, Open Access

Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft e. V. (DGG)

German Society for Horticultural Science

www.dgg-online.org

Annual Conference DGG and BHGL

26.02.-01.03.2025, Essen, Germany

Praxisvergleich wachsbehandelter Hanf-Miscanthus-Fasermischungen im hydroponischen Tomatenanbau: Einfluss auf Ertrag und Substratstabilität

Ivonne Wittmann¹, Theresa Seidl², Christian Reichthalhammer², Sabine Wittmann¹, Michael Beck¹

¹ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Institut für Gartenbau, Freising, Germany

² Gemüsebau Steiner GmbH & Co. KG, Kirchweidach, Germany

Abstract

Die steigende Nachfrage nach nachhaltigen Substraten in der Hydroponik erfordert regional verfügbare Alternativen zu Kokos und Steinwolle. In einem Praxisvergleich im süddeutschen Unterglasanbau wurden Fasermischungen aus Hanf und Miscanthus, behandelt mit biologisch abbaubarem Wachs und Bindemittel, in einer elfmonatigen Tomatenkultur getestet. Die Erträge der Faservarianten lagen auf dem Niveau der Holzfaservariante, blieben jedoch 37 bis 61 % unter denen der Kokosvariante. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass substratspezifische Limitierungen – insbesondere in der Wasser- und Nährstoffversorgung sowie durch Stickstoffimmobilisierung – zu den Ertragsunterschieden beigetragen haben könnten. Zudem zeigte sich eine reduzierte Substratstabilität durch biologischen Abbau, was die strukturelle Eignung über längere Kulturzeiträume einschränken könnte. Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial regionaler Fasermaterialien, machen jedoch deutlich, dass weitere Optimierungen in der Kulturführung und Substratbehandlung erforderlich sind.

1. Einleitung

Der erdelose Anbau verbessert den Ertrag und die Qualität von Pflanzen durch die Verwendung von Nährlösungen und inerten Substraten wie Steinwolle. Allerdings ist die Entsorgung von Steinwolle teuer, das Material ist nicht biologisch abbaubar und gesundheitsschädlich, was die Suche nach Alternativen notwendig macht (Nerlich et al. 2022). Um Pflanzen umweltfreundlich zu produzieren, müssen geeignete organische Substrate als Ersatz für Steinwolle verwendet werden, um den hohen Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Steinwolle zu vermeiden. In verschiedenen Studien wurde die Nutzbarkeit biologisch abbaubarer alternativer Substrate wie Kokosfasern, Kokosmark, Sphagnum, Torf, Schafwolle, Hanf oder Miscanthus betrachtet (Blok et al. 2024; Dannehl et al. 2015; Olasehinde 2025; Xiong et al. 2017). Hanf ist eine nachhaltige Pflanze mit zahlreichen ökologischen Vorteilen, wie einer kurzen Anbauzeit, hohen Kohlenstoffbindungseigenschaften, geringem Wasser- und Pestizidbedarf sowie der Fähigkeit zur Bodenreinigung kontaminierter Böden. Die Verwendung von Hanf kann somit zu einer Kreislaufwirtschaft beitragen (Kaur und Kander 2023). Allerdings zeigten bisherige Studien zum Einsatz von Hanffaser als Substrat in hydroponischen Systemen eine geringe Haltbarkeit und Ertragsreduktionen auf (Nerlich et al. 2022). Oberflächenbehandelte und beschichtete Hanffasern finden in vielen Bereichen Verwendung, z. B. als Bewehrung in Beton (Da Costa Santos und Archbold 2022) oder als Bestandteil in biologisch abbaubaren Töpfen (Schettini

et al. 2013). Die Zugabe von Hanffasern und Cellulosefasern zu einem Poly(Milchsäure)-Komposit (PLA) führte beispielsweise zu einer erhöhten Schlagzähigkeit und der Möglichkeit Komposite gezielt zu beeinflussen (Graupner 2009). Auch Hanfschäben dienen in der Herstellung von biologisch abbaubaren Biopolymeren als Verstärkung (Lopez et al. 2012). Zur weiteren gezielten Nutzung kommen in der Herstellung verschiedene Wachse zum Einsatz, um die Wasserempfindlichkeit der Komposite zu reduzieren (Abbel et al. 2024; Pereira et al. 2024). Hierbei werden zunehmend bisher genutzte synthetische Wachse durch biologisch abbaubare Wachse ersetzt, wie beispielsweise in der Asphaltherstellung (Sigwarth et al. 2022). Ziel dieser Studie war es, die Praxisauglichkeit wachs- und bindemittelbehandelter Hanf-Miscanthus-Fasermischungen als nachhaltige Substratalternative im hydroponischen Tomatenanbau zu bewerten. Konkret wurde untersucht, (I) wie sich die Fasermischungen hinsichtlich Ertrages und Fruchtparametern im Vergleich zu Kokos und Holzfasern verhalten, (II) welche substratspezifischen Limitierungen in der Wasser- und Nährstoffversorgung auftreten und (III) in welchem Umfang die strukturelle Stabilität der Fasermatten während einer langstehenden Kultur erhalten bleibt.

2. Daten, Methoden und Vorgehensweise

Der Praxisvergleich erfolgte in einem gartenbaulichen Hightech-Gewächshausbetrieb (Gemüsebau Steiner GmbH & Co. KG, Kirchweidach, Germany) unter praxisüblichen Kulturbedingungen im Zeitraum von Januar bis November 2024. Das Gewächshaus verfügte über eine automatisierte Klima-, Bewässerungs- und Nährstoffsteuerung und ermöglichte so eine präzise Führung der Kulturbedingungen. Die Bewässerung und Nährlösungszufuhr erfolgte in einem geschlossenen, rezirkulierenden Rinnensystem. Die Durchlaufmenge der Tropf-Bewässerung lag als Sollwert bei 900 bis 1000 l m⁻² a⁻¹ bei einem Drainanteil von 25-30 %. Der Vergleich wurde mit drei Tomatensorten unterschiedlicher Fruchtgrößen durchgeführt: 'Forticia RZ F1' (110-125 g, Rijk Zwaan), 'Strabini' (18-24 g, Vegetables by Bayer De Ruiters) und 'Comoros F1' (42-46 g, Enza Zaden). Als Substrat wurde eine Grundfasermischung aus 80 Gew.-% Hanffaser in technischer Qualität (Firma STW Kautzmann GmbH, Schenkzell, Deutschland) und 20 Gew.-% Miscanthus Einstreu, gesiebt und entstaubt (Firma Nawaros-Depot, Karlskron, Deutschland) verwendet. Die Fasermischung wurde mit definierten Anteilen an biologisch abbaubarem Wachs BIOMER® 110M (Deurex AG, Elsteraue, Deutschland) und dem Bindemittel Abifor 1640 (Abifor AG, Dübendorf, Schweiz) versetzt (Tab. 1).

Tabelle 1: Im Praxisvergleich verwendete Fasermischung mit jeweiligem Anteil an Wachs und Bindemittel 5/0: 5 Gew.-% Wachs, 5/5: 5 Gew.-% Wachs + 5 Gew.-% Bindemittel, 10/10: 10 Gew.-% Wachs + 10 Gew.-% Bindemittel

Variante	Hanf Gew.-%	Miscanthus Gew.-%	Wachs Gew.-%	Bindemittel Gew.-%
5/0	76	19	5	0
5/5	72	18	5	5
10/10	64	16	10	10
HF			Holzbasiert	
Kontrolle			Kokosbasiert	

Das Aufschmelzen von Wachs und Bindemittel erfolgte in der Fiber-Injection-Molding-Verfahren (FIM) bei mindestens 110 °C mit gleichzeitiger Formpressung (Fiber Engineering GmbH, Karlsruhe, Deutschland). Anschließend wurden die so entstandenen Substratmatten manuell in Folienschläuche eingebracht (Slabs; langgestreckte, eingeschweißte Substratmatten für hydroponische Produktion). Als Vergleichsvarianten wurden ein handelsübliches Kokossubstrat (Growbag, Jiffy Products International BV, Zwijndrecht, Niederlande) als Kontrollsubstrat sowie ein holzfaserbasiertes Substrat (HF; Advanced, Klasmann-Deilmann GmbH, Geeste, Deutschland) eingesetzt. Die Kokosvariante entspricht dem im Betrieb verwendeten Standardsubstrat und stellt damit die Kontrolle dar. Die HF-Variante wurde als praxisrelevantes organisches Referenzsubstrat einbezogen, da sie eine etablierte Alternative zu Kokos darstellt und einen Vergleich mit einem marktüblichen Holzfasersubstrat ermöglicht. Je Variante und Sorte wurden 4 Slabs (120 × 15 × 10 cm) angefertigt und mit jeweils drei Tomatenpflanzen bepflanzt. Während des Kulturverlaufs wurden wöchentlich der Ertrag pro Quadratmeter sowie das mittlere Fruchtgewicht erfasst. Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen der regulären Erntearbeiten. Das Pflanzenwachstum wurde über den gesamten Kulturverlauf beobachtet, und auffällige Symptome wurden dokumentiert. Darüber hinaus wurden punktuelle Pflanzensaftanalysen mit Fokus auf Nitrat durchgeführt. Nach Vergleichssende wurde die strukturelle Stabilität der Slabs anhand von Fotos sowie Messungen der Länge, Breite und Höhe der verbleibenden Matten dokumentiert. Zusätzlich erfolgten mikroskopische Untersuchungen der Faserstrukturen (Digitalmikroskop Keyence VHX-6000, Objektiv VH-Z100R) sowie ergänzende rasterelektronenmikroskopischen (SEM) Aufnahmen (STW Kautzmann GmbH, Schenkenzell). Die Vergleichseinheit war jeweils ein Slab (n = 4 pro Variante). Da die drei Pflanzen eines Slabs dieselbe Nährlösung und denselben Wurzelraum teilten, konnten Einzelpflanzen nicht als unabhängige Wiederholungen gewertet werden. Die Ertragsdaten lagen als betriebliche Summenerträge in Abhängigkeit der jeweiligen Erntezeitpunkte vor. Eine statistische Auswertung war unter diesen Praxisbedingungen nicht möglich; die Ergebnisse werden daher ausschließlich deskriptiv dargestellt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse deuten auf ertragsmindernde Effekte der Faservarianten im Vergleich zur Kontrolle hin. Im Vergleich zeigten die behandelten Fasermischungen in einzelnen Sorten zwar sortentypische Einzelfruchtgewichte, etwa in 'Strabini' (18-24 g) und 'Comoros' (42-46 g), jedoch lagen die Werte in 'Forticia' unter dem sortenspezifischen Mindestgewicht von 110 g (Abb. 1A). Auch der mittlere wöchentliche Ertrag pro m² der drei Sorten (Daten nicht dargestellt) war bei den Varianten 5/0, 5/5 und 10/10 sowie der Vergleichsvariante HF im Vergleich zur Kokos-Kontrolle reduziert. Die kumulierte Ertragsentwicklung der Sorte 'Comoros' bestätigt dieses Muster über die Kulturdauer (Abb. 1B) und zeigt für die Faservarianten durchgängig niedrigere Verläufe gegenüber Kokos, im deskriptiven Vergleich jedoch ähnliche Niveaus wie HF. Als mögliche Ursachen kommen substratspezifische Unterschiede im Wasserhaltevermögen sowie eine Stickstoffimmobilisierung in Betracht. Die Bewässerungsstrategie im Praxisbetrieb ist auf Kokos abgestimmt, was bei den getesteten Fasermischungen zu einer nicht optimalen Wasser- und damit auch Nährstoffversorgung geführt haben könnte. Zudem deuteten visuelle Symptome wie kleinere, hellere Blätter sowie Pflanzensaftanalysen mit deutlich reduzierten Nitratwerten (17-36 mg l⁻¹ N-NO₃ gegenüber einem Optimalbereich von 124-582 mg l⁻¹ N-NO₃) auf eine eingeschränkte Stickstoffverfügbarkeit hin, ein Effekt, der bei lignocellulosehaltigen Substraten bereits beschrieben wurde (Gruda 2019). Variantenspezifische Messungen der Nährlösung und Drain-Analysen (EC, pH, N-Fractionen) lagen aus dem Praxisbetrieb nicht vor. Die mechanistische

Einordnung der beobachteten Effekte stützt sich daher auf Ertragsverlauf, visuelle Symptome und punktuelle Pflanzensaftanalysen. Für Folgeuntersuchungen sind kontinuierliche EC/pH- und Nährstoffmessungen pro Substratvariante in einem kontrollierten Vergleichsaufbau erforderlich, um die N-Dynamik und die Wasserverfügbarkeit valide zu quantifizieren. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Hanffasern potenziell als Substratalternative einsetzbar sind, jedoch eine substratspezifische Anpassung der Bewässerungs- und Düngestrategie (zu Kulturbeginn eine leicht erhöhte N-Gabe zur Kompensation der bekannten N-Immobilisierung lignocelluloser Substrate, engmaschigeres pH-/EC-Monitoring sowie eine an das Wasserhaltevermögen angepasste Bewässerungsfrequenz) erforderlich erscheint. Diese Punkte sollten in einem kontrollierten Folgeversuch systematisch validiert werden. Auffällig ist zudem, dass die Ertragsverläufe der Hanf-Miscanthus-Varianten im deskriptiven Vergleich in einem ähnlichen Bereich wie die marktübliche Holzfaser-Variante (HF) lagen. Dieser Befund bezieht sich ausschließlich auf den Vergleich mit HF, gegenüber der Kokos-Kontrolle lagen die Erträge der Fasermischungen durchgängig deutlich niedriger. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um diese Zusammenhänge statistisch zu erfassen und zu bewerten.

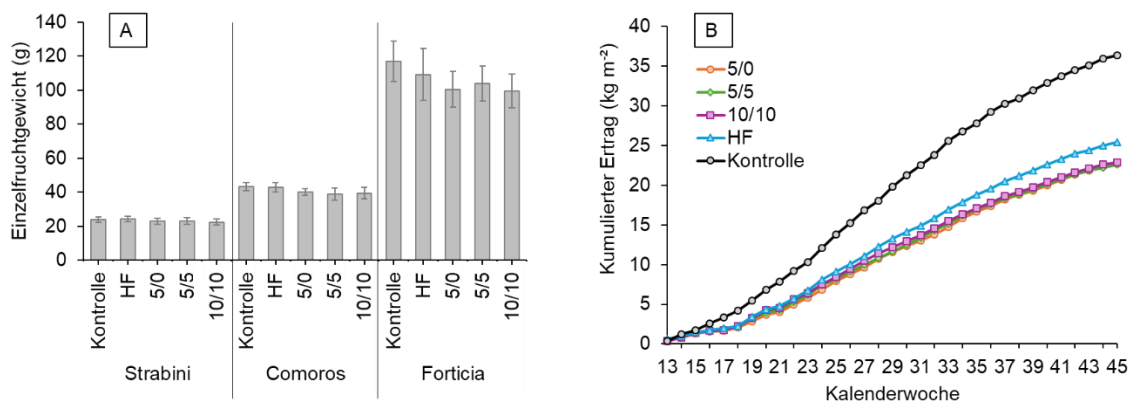


Abbildung 1: (A) Einzelfruchtgewicht (Mittelwert \pm SD) der Sorten 'Strabini', 'Comoros' und 'Forticia' im hydroponischen Tomatenanbau (Rinnenkultur) eines Gewächshauses im Praxisbetrieb in den Substratvarianten Kontrolle (Kokos), HF (Holzfaser) sowie die Fasermischungen 5/0, 5/5 und 10/10 (Hanf-Miscanthus mit definiertem Anteil Wachs-/ Bindemittel). (B) Kumulierte Ertragsentwicklung der Sorte 'Comoros' (kg m^{-2}). Keine unabhängige Replikation pro Zeitpunkt, daher deskriptive Darstellung.

Im Vergleich deutete ein beschleunigtes Abbauverhalten der Fasermischungen auf potenzielle Einschränkungen in der praktischen Anwendung hin. Im Vergleich zu den handelsüblichen Substraten zeigte sich bei den behandelten Fasermischungen eine deutlich reduzierte Substratstabilität. Die Slabs zeigten am Ende der Kultur einen Höhenverlust von etwa 4-5 cm. Aufgrund der starken Durchwurzelung war eine exakte Vermessung nicht möglich, die visuell dokumentierten Befunde bestätigen jedoch die strukturelle Degradation. Zusätzliche Hinweise auf biologische Abbauprozesse ergaben sich aus den SEM-Aufnahmen nach Vergleichsende (Abb. 2). Im Vergleich zum Ausgangsmaterial zeigten die Fasern unebene Oberflächenstrukturen und beginnende Auffaserung, typische Merkmale mikrobieller Zersetzung. Diese Beobachtungen stehen im Einklang mit früheren Untersuchungen, die zeigen, dass Hanffasern in biologisch abbaubaren Verbundsystemen durch mikrobielle Aktivität strukturell geschwächt werden können, insbesondere wenn keine ausreichende mechanische Stabilisierung durch Beschichtungen erfolgt (Abbel et al. 2024). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Abbauverhalten der Fasermischungen ein kritischer Faktor für

deren Einsatz in langstehenden Kulturen sein könnte. Weitere Untersuchungen zur Optimierung der Faserbehandlung, etwa durch gezielte Beschichtungen oder Kombination mit stabilisierenden Komponenten, erscheinen notwendig, um die strukturelle Integrität über die gesamte Kulturdauer sicherzustellen.



Abbildung 2: Fasermaterial der Slab Mischung (Hanf-Miscanthus 5/0), im Gewächshaus mit Tomate (Rinnenkultur) im Praxisbetrieb. Links: Digitalmikroskop vor Vergleichsbeginn mit durchgehender Wachsumhüllung. Mitte: SEM-Aufnahme vor Vergleichsbeginn mit glatter, intakter Oberfläche. Rechts: SEM nach elfmonatiger Kultur mit Aufrauung, beginnender Auffaserung und Mikrofrakturen als Hinweis auf strukturellen Abbau der Fasern.

4. Schlussfolgerung

Die getesteten Hanf-Miscanthus-Fasermischungen erzielten Ertragswerte auf dem Niveau der holzfaserbasierten Vergleichsvariante, lagen jedoch deutlich unter der Kokos-Kontrolle. Unterschiede zwischen den Wachs- und Bindemittelvarianten traten nicht auf. Da die Bewässerungs- und Nährstoffstrategie des Praxisbetriebs auf Kokos ausgerichtet war, ist plausibel, dass eine substratspezifisch angepasste Kulturführung, insbesondere eine zu Kulturbeginn erhöhte N-Düngung und ein engmaschigeres pH-/EC-Monitoring, die Ertragsleistung der Fasermischungen verbessern könnte. Die Hinweise auf eine eingeschränkte Stickstoffverfügbarkeit unterstreichen diesen Bedarf. Für eine belastbare Bewertung des Potenzials regional verfügbarer, biologisch abbaubarer Fasermaterialien sind kontrollierte Folgeversuche mit variantenspezifischen Nährstoff- und Wassermessreihen sowie statistischer Auswertung erforderlich.

Danksagung

Das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimatschutz (BMLEH) finanzierte die Forschung aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Verbundvorhaben Förderkennzeichen: 2220NR292A, 2220NR292B, 2220NR292C.

Literatur

Abbel R, Risani R, Nourtier M, Donaldson L, Brunschwig C, Mayer-Laigle C, Bridson J, Thumm A, Dickson A, Murray R, Harris J, Beaugrand J, Hill S (2024) Coating of Hemp Fibres with Hydrophobic Compounds Extracted from Pine Bark. *Fibers* 12 (11): 96. <https://doi.org/10.3390/fib12110096>

- Blok C, Beerling E, Barbagli T, Eveleens B (2024) Renewable raw materials for growing media: Basic data for the environmental impact of potting soil and substrates agreement. Wageningen Plant Research. <https://doi.org/10.18174/673902>
- Da Costa Santos AC, Archbold P (2022) Suitability of Surface-Treated Flax and Hemp Fibers for Concrete Reinforcement. *Fibers* 10 (11): 101. <https://doi.org/10.3390/fib10110101>
- Dannehl D, Suhl J, Ulrichs C, Schmidt U (2015) Evaluation of substitutes for rock wool as growing substrate for hydroponic tomato production. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 88 (1). <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2015.088.010>
- Graupner N (2009) Improvement of the Mechanical Properties of Biodegradable Hemp Fiber Reinforced Poly(lactic acid) (PLA) Composites by the Admixture of Man-made Cellulose Fibers. *Journal of Composite Materials* 43 (6): 689-702. <https://doi.org/10.1177/0021998308100688>
- Gruda N (2019) Increasing Sustainability of Growing Media Constituents and Stand-Alone Substrates in Soilless Culture Systems. *Agronomy* 9 (6): 298. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060298>
- Kaur G, Kander R (2023) The Sustainability of Industrial Hemp: A Literature Review of Its Economic, Environmental, and Social Sustainability. *Sustainability* 15 (8): 6457. <https://doi.org/10.3390/su15086457>
- Lopez JP, Vilaseca F, Barberà L, Bayer RJ, Pèlach MA, Mutjé P (2012) Processing and properties of biodegradable composites based on Mater-Bi® and hemp core fibres. *Resources, Conservation and Recycling* 59: 38-42. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.006>
- Nerlich A, Karlowsky S, Schwarz D, Förster N, Dannehl D (2022) Soilless Tomato Production: Effects of Hemp Fiber and Rock Wool Growing Media on Yield, Secondary Metabolites, Substrate Characteristics and Greenhouse Gas Emissions. *Horticulturae* 8 (3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030272>
- Olasehinde AA (2025) Biodegradable Growth Media Alternatives for Sustainable Hydroponic Farming. *Current Journal of Applied Science and Technology* 44 (3): 147-152. <https://doi.org/10.9734/cjast/2025/v44i34506>
- Pereira JF, Núñez E, Reyes A, Mali S, Lopez-Rubio A, Fabra MJ (2024) On the use of lignocellulosic hemp fibers to produce biodegradable cost-efficient biocomposites. *Future Foods* 10: 100507. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100507>
- Schettini E, Santagata G, Malinconico M, Immirzi B, Scarascia Mugnozza G, Vox G (2013) Recycled wastes of tomato and hemp fibres for biodegradable pots: Physico-chemical characterization and field performance. *Resources, Conservation and Recycling* 70: 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.11.002>
- Sigwarth T, Büchner J, Wistuba MP (2022) Bio-Degradable Wax to Modify Asphalt Binder for Warm Mix Asphalt. *Sustainability* 14 (16): 10219. <https://doi.org/10.3390/su141610219>
- Xiong J, Tian Y, Wang J, Liu W, Chen Q (2017) Comparison of Coconut Coir, Rockwool, and Peat Cultivations for Tomato Production: Nutrient Balance, Plant Growth and Fruit Quality. *Frontiers in Plant Science* 8: 1327. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01327>