Gefördert durch:

Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

NewFoodSystems
Neue Lebensmittelsysteme

Abschlussbericht

HELP- High-energetic light for plants

Entwicklung von Blaulicht und UV-Belichtungsstrategien für geschlossene Kultursysteme zur Induktion von pflanzlichen sekundären Inhaltsstoffen und Reduktion von Krankheitserregern

Sachbericht - Teil 1 – Kurzbericht

Berichtzeitraum: 01.05.2024 – 31.12.2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegen bei den Autoren

Hochschule Geisenheim University

PHARMAPLANT

JKI Julius Kühn-Institut

LLH

ROKO Farming

DHLicht

I. Aufgabenstellung und wissenschaftlich/technischer Stand

Ziel des Projekts „HELP“ war die Optimierung eines vertikalen Produktionssystems für Arznei- und Gewürzpflanzen am Beispiel der Pfefferminze (Mentha × piperita). Im Zentrum stand die Entwicklung und Bewertung eines geschlossenen, vertikalen Kultursystems, das eine qualitativ hochwertige Produktion (insbesondere hinsichtlich sekundärer Inhaltsstoffe wie ätherischer Öle) bei gleichzeitig erhöhter Ressourceneffizienz ermöglicht. Dazu sollten insbesondere Energie-, Wasser-, Dünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz reduziert und die Flächenproduktivität gesteigert werden.

Ein wesentlicher wissenschaftlich-technischer Schwerpunkt lag auf der gezielten Nutzung kurzwelliger Strahlung (Blau-, UV-A-, UV-B- und UV-C-Licht) in Controlled-Environment- bzw. Indoor-Anbausystemen. Hintergrund ist, dass Pflanzen Licht nicht nur als Energiequelle für die Photosynthese nutzen, sondern auch als Regulationssignal für Morphogenese, Stoffwechsel und Abwehrprozesse. Insbesondere blaues Licht sowie UV-Strahlung sind entscheidend für kompaktes Wachstum, stabile Pflanzenarchitektur und die Bildung sekundärer Inhaltsstoffe.

Der Stand der Technik zeigt, dass LED-basierte Indoor-Farming-Systeme zwar energieeffizient sind, jedoch häufig mit festen Spektren arbeiten. Dadurch wird blaues Licht kontinuierlich eingesetzt, obwohl es phasenabhängig unterschiedlich stark benötigt wird. Spektral regelbare LED-Systeme bieten hier Potenziale zur bedarfsgerechten Lichtsteuerung und zur energetischen Optimierung. Gleichzeitig ist bekannt, dass UV-Strahlung (insbesondere UV-B und UV-C) die Biosynthese sekundärer Metabolite stimulieren und pflanzliche Abwehrmechanismen aktivieren kann. UV-C kann zudem zur Reduktion von Phytopathogenen beitragen, ist jedoch technologisch anspruchsvoll, da Effizienz und Lebensdauer entsprechender LEDs begrenzt sind.

Phytosanitäre Probleme, insbesondere durch Pilzkrankheiten wie Echter Mehltau, stellen in geschlossenen Produktionssystemen eine zentrale Herausforderung dar.

Gleichzeitig ist die wirtschaftliche Tragfähigkeit vertikaler Farmen häufig durch hohe Energiekosten und komplexe Hygienemanagementsysteme limitiert. Vor diesem Hintergrund besteht ein Bedarf an integrierten Lösungen, die Lichtsteuerung, Pflanzengesundheit und Produktqualität gleichzeitig optimieren.

II. Ablauf des Projektes

Das Projekt wurde interdisziplinär bearbeitet durch das Julius-Kühn-Institut, die Hochschule Geisenheim University, sowie Wirtschaftspartner wie DH Licht GmbH und Pharmaplant Arznei- und Gewürzpflanzen Forschungs- und Saatzucht GmbH.

Ergänzend waren u. a. der Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen und die ROKO Farming GmbH & Co. KG assoziiert eingebunden, um die gesamte Prozesskette von der Pflanzenproduktion bis zur technischen Systementwicklung abzudecken.

III. Wesentliche Ergebnisse von „HELP- High-energetic light for plants“

Im Projekt wurden neuartige, spektral differenzierte Lichtstrategien für die Indoor-Kultivierung von Pfefferminze entwickelt und experimentell validiert. Ein zentrales Ergebnis ist der Nachweis, dass UV- und Blaulichtapplikationen sowohl das Wachstum als auch die Zusammensetzung sekundärer Inhaltsstoffe signifikant beeinflussen.

UV-B-Behandlungen führten zu messbaren Veränderungen der Blattmorphologie sowie des Gehalts sekundärer Metabolite. Besonders hervorzuheben ist die Wirkung von UV-C-Impulsbehandlungen: Eine einmalige kurzzeitige Bestrahlung (ca. fünf Minuten) führte bereits innerhalb weniger Tage zu einem Anstieg des Mentholgehalts als zentralem Qualitätsparameter der Pfefferminze. Gleichzeitig wurde kurzfristig auch eine Erhöhung unerwünschter Aromakomponenten (z. B. Menthofuran) beobachtet, die sich jedoch im Verlauf von etwa einer Woche wieder normalisierten, während der erhöhte Mentholgehalt stabil blieb.

Eine Intensivierung oder Verlängerung der UV-C-Behandlung erhöhte zwar zusätzlich die Konzentration ätherischer Öle, führte jedoch zu deutlichen physiologischen Schäden wie Blattnekrosen und Wachstumsdepressionen. Damit konnte ein klarer Wirkungs- und Toleranzbereich für UV-Anwendungen identifiziert werden.

Im Bereich Pflanzengesundheit zeigten Resistenzversuche gegenüber Echtem Mehltau, dass UV-C-Behandlungen eine signifikante Reduktion der Infektionsrate bewirken. Eine einmalige Behandlung reduzierte den Befall noch bis zu 13 Tage nach Infektion deutlich; wiederholte Kurzbehandlungen verstärkten diesen Effekt über mehrere Wochen. Die Ergebnisse deuten auf eine induzierte Aktivierung pflanzlicher Abwehrmechanismen hin.

Technisch wurde im Projekt eine neue Generation spektral differenzierter UV-LED-Systeme entwickelt und in Versuchsanlagen implementiert. Diese Systeme erlauben eine gezielte Applikation von UV-A-, UV-B- und UV-C-Strahlung mit definierter Intensität und räumlicher Verteilung und bilden die Grundlage für ein dynamisches Lichtmanagement im Indoor-Anbau.

Die wirtschaftliche Analyse zeigt, dass unter aktuellen Marktbedingungen für getrocknete Pfefferminze eine wirtschaftliche Produktion im Indoor-System noch herausfordernd ist. Potenziale ergeben sich insbesondere bei der Vermarktung frischer Rohware mit höheren Erlösen und reduzierten Prozesskosten (z. B. ohne Trocknung).

Insgesamt belegen die Ergebnisse, dass gezielte, phasenabhängige UV- und Blaulichtstrategien ein hohes Potenzial zur Verbesserung von Produktqualität, Pflanzengesundheit und Ressourceneffizienz in vertikalen Kultursystemen besitzen und damit einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung nachhaltiger Produktionssysteme für Arznei- und Gewürzpflanzen leisten.