

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6637957号
(P6637957)

(45) 発行日 令和2年1月29日(2020.1.29)

(24) 登録日 令和1年12月27日(2019.12.27)

(51) Int. Cl.		F I			
AO 1 G	7/00	(2006.01)	AO 1 G	7/00	6 O 1 C
AO 1 G	9/20	(2006.01)	AO 1 G	9/20	B
AO 1 G	31/00	(2018.01)	AO 1 G	31/00	6 1 2

請求項の数 15 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-502581 (P2017-502581)	(73) 特許権者	516043960
(86) (22) 出願日	平成27年6月4日(2015.6.4)		シグニファイ ホールディング ビー ヴ
(65) 公表番号	特表2017-520269 (P2017-520269A)		イ
(43) 公表日	平成29年7月27日(2017.7.27)		SIGNIFY HOLDING B. V
(86) 国際出願番号	PCT/EP2015/062485		.
(87) 国際公開番号	W02016/008638		オランダ国 5656 アーエー アイン
(87) 国際公開日	平成28年1月21日(2016.1.21)		トホーフェン ハイ テク キャンパス
審査請求日	平成30年6月1日(2018.6.1)		48
(31) 優先権主張番号	14177493.5		High Tech Campus 48
(32) 優先日	平成26年7月17日(2014.7.17)		, 5656 AE Eindhoven,
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100163821
			弁理士 柴田 沙希子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 栽培用照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

植物を照らす栽培用照明装置であって、
複数の照明要素を含む照明モジュールと、
前記照明モジュールを、複数の個別のモード間で切り替えるコントローラと、
を含み、

前記照明モジュールは、前記複数の個別のモードにおける動作に制限され、前記複数の個別のモードは、異なる所定の組み合わせにおける前記複数の照明要素から光を放射することによって異なる個別のスペクトル組成を有する光を放射し、前記複数の個別のモードは、前記植物の成長を促進させるスペクトルで構成される成長モードと、前記植物の別の生物学的プロセスを誘導するスペクトルで構成される少なくとも1つの誘導モードとを含み、前記複数の照明要素の少なくとも1つは、前記成長モード及び前記誘導モードの両方において放射し、

前記コントローラは、前記照明モジュールを、1日サイクルの異なる各段階において、前記成長モードと前記少なくとも1つの誘導モードとで切り替える、装置。

【請求項 2】

前記コントローラは、前記照明モジュールを、前記1日サイクルの昼間段階中に、前記成長モードに切り替え、また、前記照明モジュールを、前記1日サイクルの夜間段階中に、前記少なくとも1つの誘導モードに切り替える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

所定のスケジュールに従って前記1日サイクルの前記段階を決定する、請求項1又は2に記載の装置。

【請求項4】

前記異なる所定の組み合わせは、異なる所定のパターンで、前記複数の照明要素をオン及びオフに切り替えることによって形成される、請求項1、2又は3に記載の装置。

【請求項5】

前記異なる所定の組み合わせは、異なる所定の強度の組み合わせで、前記複数の照明要素から光を放射することによって形成される、請求項1乃至4の何れか一項に記載の装置。

【請求項6】

前記コントローラは、1つ以上のセンサを含み、前記1つ以上のセンサに基づいて、前記成長モードと前記少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、前記1つ以上のセンサに基づいて、前記少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御する、請求項1乃至5の何れか一項に記載の装置。

【請求項7】

前記1つ以上のセンサは、

日光の光レベルを検知する日光センサであって、前記コントローラは、検知された前記光レベルに基づいて、前記成長モードと前記少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、検知された前記光レベルに基づいて、前記少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御する、日光センサと、

前記日光のスペクトル組成を検知する日光センサであって、前記コントローラは、前記日光の検知された前記スペクトル組成に基づいて、前記成長モードと前記少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、前記日光の検知された前記スペクトル組成に基づいて、前記少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御する、日光センサと、

湿度センサであって、前記コントローラは、検知された湿度に基づいて、前記成長モードと前記少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、検知された湿度に基づいて、前記少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御する、湿度センサと、

温度センサであって、前記コントローラは、検知された温度に基づいて、前記成長モードと前記少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、検知された温度に基づいて、前記少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御する、温度センサと、

植物成長パフォーマンスセンサ及び/又は他の植物健康センサであって、前記コントローラは、前記植物の検知された成長パフォーマンス及び/又は健康に基づいて、前記成長モードと前記少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、前記植物の検知された成長パフォーマンス及び/又は健康に基づいて、前記少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御する、植物成長パフォーマンスセンサ及び/又は他の植物健康センサと、

植物形態センサであって、前記コントローラは、前記植物の検知された形態に基づいて、前記成長モードと前記少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、前記植物の検知された形態に基づいて、前記少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御する植物形態センサと、

の1つ以上を含む、

、請求項6に記載の装置。

【請求項8】

前記コントローラは、前記1日サイクルの前記段階を決定するために、前記1つ以上のセンサを使用する、請求項2に従属する請求項6又は7に記載の装置。

【請求項9】

前記コントローラは、ユーザインターフェースを含み、前記ユーザインターフェースを介して受信されるユーザ入力に基づいて、前記成長モードと前記少なくとも1つの誘導モードとを切り替える、請求項1乃至8の何れか一項に記載の装置。

【請求項10】

前記少なくとも1つの誘導モードは、複数の誘導モードを含む、請求項1乃至9の何れ

10

20

30

40

50

か一項に記載の装置。

【請求項 1 1】

前記コントローラは、前記夜間段階中の異なる各時間において、前記複数の誘導モードのそれぞれを適用する、請求項 2 に従属する請求項 1 0 に記載の装置。

【請求項 1 2】

前記少なくとも 1 つの誘導モードが誘導する前記生物学的プロセスは、光周期性プロセス、屈光性プロセス又は光形態形成プロセスを含む、請求項 1 乃至 1 1 の何れか一項に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記少なくとも 1 つの誘導モードが誘導する前記生物学的プロセスは、開花、又は病気に対する抵抗を含む、請求項 1 乃至 1 2 の何れか一項に記載の装置。

10

【請求項 1 4】

植物を照らす栽培用照明を提供する方法であって、

複数の照明要素を含む照明モジュールを設けるステップであって、前記照明モジュールは、複数の個別のモードにおける動作に制限され、前記複数の個別のモードは、異なる所定の組み合わせにおける前記複数の照明要素から光を放射することによって異なる個別のスペクトル組成を有する光を放射し、前記複数の個別のモードは、前記植物の成長を促進させるスペクトルで構成される成長モードと、前記植物の別の生物学的プロセスを誘導するスペクトルで構成される少なくとも 1 つの誘導モードとを含み、前記複数の照明要素の少なくとも 1 つは、前記成長モード及び前記少なくとも 1 つの誘導モードの両方において放射する、ステップと、

20

前記照明モジュールを、1 日サイクルの異なる各段階において、前記成長モードと前記少なくとも 1 つの誘導モードとで切り替えるよう制御するステップと、

を含む、方法。

【請求項 1 5】

1 つ以上の植物と、

前記 1 つ以上の植物を照らす複数の照明要素を含む照明モジュールと、

前記照明モジュールを、複数の個別のモード間で切り替えるコントローラと、

を含み、

前記照明モジュールは、前記複数の個別のモードにおける動作に制限され、前記複数の個別のモードは、異なる所定の組み合わせにおける前記複数の照明要素から光を放射することによって異なる個別のスペクトル組成を有する光を放射し、前記複数の個別のモードは、前記植物の成長を促進させるスペクトルで構成される成長モードと、前記植物の別の生物学的プロセスを誘導するスペクトルで構成される少なくとも 1 つの誘導モードとを含み、前記複数の照明要素の少なくとも 1 つは、前記成長モード及び前記少なくとも 1 つの誘導モードの両方において放射し、

30

前記コントローラは、前記照明モジュールを、1 日サイクルの異なる各段階において、前記成長モードと前記少なくとも 1 つの誘導モードとで切り替える、栽培用成長設備。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0 0 0 1】

本開示は、成長を促進させ、更に、例えば開花又は病気に対する抵抗といった植物の 1 つ以上の他の生物学的プロセスを誘導するために、1 つ以上の植物を照らす栽培用照明装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

植物は、光、CO₂ 及び H₂O を炭水化物（糖分）に変換するために、光合成プロセスを使用する。これらの糖分は、代謝プロセスを刺激するために使用され、余剰の糖分は、バイオマス形成に使用される。このバイオマス形成は、茎成長、葉面積の増加、開花及び/又は果実形成を含んでよい。光合成のための光受容体は、葉緑素である。

50

【0003】

光合成以外に、放射線と植物との相互作用に関連する他の種類のプロセスは、少なくとも3つある。即ち、光周性、屈光性及び光形態形成である。光周性は、(例えば開花を誘発するために)放射線の周期性を検知及び測定する植物が持つ能力を指す。屈光性は、放射線に向かって又は放射線から離れる植物の成長運動を指す。光形態形成は、放射線の質及び/又は量に応じた形態の変化を指す。

【0004】

温室における人工照明は、現在、植物の成長を促進させるために使用されているが、例えば開花の誘発といった植物の発育における特定の他のプロセスを誘導するためにも使用されている。これらの2種類の照明の要件は、強度及びスペクトルの両方に関して異なる。したがって、人工照明は、栽培用照明において、主に2つのグループに分類される様々な役割を果たす。即ち、成長及び成長以外の他の生物学的プロセスの誘導である。

10

【0005】

成長光源は、例えば温室又は成長工場において、自然日光を補完又は置換する光源である。成長光源は、(例えばトマトの)生産を増加させる、植物工場において日光がなくても作物の成長を可能にさせる、並びに/又は、作物の価格が高い秋期、冬期及び春期の間に、作物生成を延長させるために使用される。

【0006】

その一方で、誘導(steering)光源は、1つ以上の植物の1つ以上の他の生物学的プロセスを促進させるように使用される。以下に例を挙げる。

20

【0007】

光周性照明は、多くの植物にとって、毎日の光の持続時間が重要であるという事実を利用する。例えばLEDランプを使用して、開花を制御するために日照時間を延長したり、例えば菊及び苺のような呼吸植物の冬期休眠の打破といった他の光周性反応を誘発したりする。例えば24時間サイクルにおける明期と暗期との割合が、多くの植物における開花反応に影響を及ぼし、補助照明によってこの割合を誘導することによって、開花の時期及び花の形態(例えば厚さ及び長さ)を調整することができる。

【0008】

特定量の光は、植物の病気に対する抵抗を増加させることもできる。例えば幾つかの研究によって、夜間の低強度の照明が、植物の病気に対するその全体系的な抵抗の強化に役立つことが分かっている。光スペクトルもここである役割を果たす。

30

【0009】

光スペクトルも、植物の形態発育に影響を及ぼす。例えば小型の植物構造(節間距離及び葉柄が短い)には、大部分において、青色光の量及び/又は割合が影響を及ぼす一方で、遠赤色光は、茎成長及びより大きい葉面積を誘発することによって、反対の効果があることが証明されている。

【0010】

更に、光は、最終生成物の栄養分を誘導するために使用することができる。例えば日光がない状態で育てられた野菜について、収穫前の誘導光によって、栄養素を市場に最適なレベルまで引き上げられることが分かっている。例えば収穫の48時間前に、高強度の連続照明を適用することによって、葉物野菜の硝酸塩含有量の減少が得られる。濃青色又はUV光を適用することによって、アントシアニン(サラダの赤着色)の増加が得られる。また、濃赤色の光で、マイクログリーンを、収穫前の短期間(3日間)、処理することにより、植生化学物質を増加させる。

40

【0011】

光の波長に関して、植物の主な光合成活動は、赤色領域(625 - 675 nm)及び青色領域(425 - 475 nm)をピークとする400 - 700 nmの波長範囲内で行われる。400 - 700 nm範囲内の放射線は、光合成有効放射線(PAR)と呼ばれ、植物の成長に影響を及ぼす。青色光は、葉の形成に左右する一方で、赤色及び遠赤色は、茎の成長及び開花を促進させる(開花は、照明のタイミングにも非常に依存する。したがって

50

、開花は、照明の適切なタイミングによって誘発される)。低フルエンスの赤色光は、植物の病気に対する抵抗を増加させることが証明されている。

【0012】

植物栽培において、光フルエンスは、単位面積当たりの1秒当たりの光子の数(例えばマイクロモル/秒/平方メートル、1モルは 6×10^{23} 光子に相当)で測定される。例えばトマトの相互照明(inter-lighting)を適用する場合、使用される典型的なフルエンスは、青対赤の比が約1対7で $110 \mu\text{mol} / \text{s} / \text{m}^2$ である。

【0013】

従来の栽培用照明システムは、高圧ナトリウムランプ(成長用)又は白熱ランプ(開花用)に基づいている。これらは、固定のスペクトルを有し、大抵は、光出力強度に関して

10

【0014】

最近になって、LEDに基づいた固体照明の出現が、植物栽培における応用の新しい機会を提供している。LEDを使用することの主な利点は、光のスペクトル組成を、植物の光受容体に厳密に一致するように調整できることからもたらされる。減光機能、向上された熱制御及びLEDの分布の自由といった追加の恩恵と合わせて、これは、より最適な直物成長及び作物収量を提供し、植物の形態及び組成に影響を及ぼすことができる。LEDは更に、ガス放電ランプ又は白熱ランプといったより従来型の光源に比べて、エネルギー消費量(及び関連付けられる費用)の減少が見込まれる。例えばLEDは、本質的にその効率がただけでなく、光が目的物のより近くに分布されることを可能にし、これは、温室の屋根及び床を通る光の損失を少なくする。更に、作物におけるより優れた配光を実現することができる。これは、トマトのような高綱式作物といった幾つかの応用において有益である。

20

【0015】

LEDは、狭い波長スペクトル内の放射線を放射する。例えば典型的なLEDは、450nm(青色)、660nm(赤色)又は730nm(遠赤色)に放射ピークを有する。一色のLEDを、蛍光体といった材料で被覆することによって、広い白色スペクトル(400-750nm)を提供するLEDを作成することも可能である。このようなLEDの組み合わせを使用して、様々なスペクトルを作成することができる。

【0016】

専門商業栽培者向けの植物栽培用LEDランプは、幾つかすでに市販されている。費用を低く抑えるために、これらのランプは、光スペクトル及び出力が固定されており、当該ランプが、成長ランプである場合には成長光の要件に、又は、誘導ランプである場合には誘導光の要件に合うように調整されている。

30

【0017】

研究を目的として、個々の色の光出力を、任意の所望のレベルに減光する機能を有するより適応性のあるシステムも提供されている。光モジュールに、例えば赤色及び青色発光LEDが具備され、各色について、別々に減光を行える場合、研究者は、任意の所望の光組成を達成することができる。これらの複合システムは高度な適応性を提供するが、(研究者ではなく)植物栽培者には使用が複雑であり、追加の費用を増大させるため、植物栽培産業において、これらのシステムは経済的に利用する余裕はない。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

したがって、一方で、市場にある既存の製品は、例えば固定比の青色、赤色及び遠赤色を有し、全体の強度しか(又はオン/オフしか)制御可能ではない光モジュールを提供する。この製品の利点は、低価格及び使い易さであるが、欠点は、このようなランプは、制御可能性に関してほとんど可能にしない。他方で、例えば青色、赤色及び遠赤色の強度を個別に制御する研究用モジュールがある。このモジュールの利点は、制御可能性の度合いが高いことであるが、欠点は、高価格及び使用が難しいことである。費用及び光制御の難

50

しさを低く抑えつつ、制御可能性の度合いを維持し、成長光及び誘導光の両方を提供するように使用可能な栽培用ランプを構築及び制御するより単純な方法を提供することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本明細書に開示される一態様によれば、植物を照らす栽培用照明装置が提供される。装置は、複数の照明要素（例えばLED）を含む照明モジュールを含む。照明モジュールは、複数の個別のモードのみにおける動作に制限され、複数の個別のモードは、様々な所定の組み合わせにおける複数の照明要素から光を放射することによって様々な個別のスペクトル組成を有する光を放射する。これらのモードは、植物の成長を促進させるスペクトルで構成される成長モードと、植物の別の生物学的プロセス（例えば光周性プロセス、屈光性プロセス又は光形態形成プロセス、例えば開花又は病気に対する抵抗）を誘導するスペクトルで構成される少なくとも1つの誘導モードとを含む。モードは、別箇の照明モジュールの特性ではなく、所与の照明モジュールのモードであるため、照明要素の少なくとも1つが、各モードに共通であり、成長モード及び誘導モードの両方において放射する。装置は更に、照明モジュールを、複数の個別のモード間で切り替えるコントローラを含む。

10

【0020】

したがって、本開示は、成長照明モードと誘導照明モードとを単純かつ費用効果的に組み合わせる栽培用照明装置（例えばLEDランプ）を、例えば栽培者の目的、一日のうちの段階及び/又は作物の状態といった要因に基づいて、当該ランプの光出力を制御する方法と共に提供する。開示される栽培用モジュールは、市販されている既存の製品の間中に位置し、適応性、費用及びユーザにとって簡単であることのトレードオフを提供し、各モードにおいて植物に専用の効果をもたらす専用光設定を有する。利点には、費用削減（光モジュールが少なく済むことにより、設置があまり重くない）及び/又はより単純な誘導（選択可能で予め設定されるモードの数が限られるため、レシピ管理システムが不要である）が含まれる。

20

【0021】

実施形態では、様々な組み合わせは、様々な所定のパターンで、照明要素をオン及びオフに切り替えることによって形成されてよい（例えば図4及び図5を参照されたい）。これに代えて又は加えて、様々な組み合わせは、様々な所定の強度の組み合わせで、照明要素から光を放射することによって形成されてよい。

30

【0022】

実施形態では、コントローラは、照明モジュールを、1日サイクルの様々な各段階において、成長モードと少なくとも1つの誘導モードとで切り替えてよい。例えばコントローラは、照明モジュールを、1日サイクルの昼間段階中に、成長モードに切り替え、また、照明モジュールを、1日サイクルの夜間段階に切り替えてよい。例えばコントローラは、所定のスケジュールに従って、1日サイクルの段階を決定してよい。

【0023】

これに代えて又は加えて、コントローラは、1つ以上のセンサを含み、コントローラは、1つ以上のセンサに基づいて、成長モードと少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、1つ以上のセンサに基づいて、少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御する。例えば1つ以上のセンサは、日光の光レベルを検知する日光センサ、日光のスペクトル組成を検知する日光センサ、湿度センサ、温度センサ、植物成長パフォーマンスセンサ及び/又は他の植物健康センサ、及び/又は、植物形態センサを含み、コントローラは、検知された光レベルに基づいて、成長モードと少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、検知された光レベルに基づいて、少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御し、コントローラは、日光の検知されたスペクトル組成に基づいて、成長モードと少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、日光の検知されたスペクトル組成に基づいて、少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御し、コントローラは、検知された湿度に基づいて、成長モードと少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又

40

50

は、検知された湿度に基づいて、少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御し、コントローラは、検知された温度に基づいて、成長モードと少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、検知された温度に基づいて、少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御し、コントローラは、植物の検知された成長パフォーマンス及び/又は健康に基づいて、成長モードと少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、植物の検知された成長パフォーマンス及び/又は健康に基づいて、少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御し、コントローラは、植物の検知された形態に基づいて、成長モードと少なくとも1つの誘導モードとを切替え、及び/又は、植物の検知された形態に基づいて、少なくとも1つの誘導モードの持続時間を制御する。

【0024】

実施形態では、1つ以上のセンサは、コントローラがそれにより1日のサイクルの段階を決定する手段の少なくとも1つであってよい（唯一の手段であっても、所定のスケジュールといった1つ以上の他の手段に加えて使用されてよく、例えばセンサの入力に基づいて、スケジュールの許容された制限内でスケジュールの切替え時間を適応させる）。

【0025】

更なる実施形態では、コントローラは、ユーザインターフェース（例えばスイッチ又はコンピュータ端末）を含んでよく、ユーザインターフェースを介して受信されるユーザ入力に基づいて、成長モードと少なくとも1つの誘導モードとを切り替えてよい。

【0026】

照明モジュールは、1つの誘導モードしか利用可能でないように制限されてもよく、したがって、装置は、2つのモード、即ち、成長モード及び誘導モードのみに制限される。或いは、照明モジュールは、少数の個別の誘導モードを可能にしてもよい。複数の誘導モードの場合、コントローラは、夜間段階中の異なる各時間において、複数の誘導モードのそれぞれを連続して適用してよい。

【0027】

本明細書に開示される別の態様によれば、ハウジングを有し、当該ハウジングに組み込まれる（少なくとも照明モジュール及びコントローラを含む）開示された実施形態の何れかの装置を含む栽培用成長ランプが提供される。

【0028】

別の態様によれば、1つ以上の植物と、本明細書に開示される実施形態の何れかによる照明モジュール及びコントローラとを含む栽培用成長設備が提供される。照明モジュールは、1つ以上の植物を照らすように構成される。例えば栽培用成長設備は、その中に植物及び照明モジュールが収容される温室又は植物成長工場の形を取ってよい。

【図面の簡単な説明】

【0029】

本開示の理解を助け、実施形態を実現するやり方を示すために、例として、以下の添付図面が参照される。

【0030】

【図1】図1は、栽培用成長設備の概略図である。

【図2】図2は、栽培用照明装置の略ブロック図である。

【図3】図3は、照明モジュールの概略図である。

【図4】図4は、成長モードにおける照明モジュールの概略図である。

【図5】図5は、誘導モードにおける照明モジュールの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下に、少なくとも2つの（排他的）動作モードにおいて、光モジュールを制御するコントローラを含む光モジュールが説明される。少なくとも2つの動作モードのうちの1つは、24時間サイクルにおける「日中」期間中に成長光を提供するモードであり、もう1つは、24時間サイクルにおける「夜間」期間中に誘導光を提供するモードである。例えば誘導光は、開花させる光、病気を減少させる光及び形態を制御する光の1つであってよ

10

20

30

40

50

い。

【0032】

(レシビコンピュータのスイッチ又はリモートコントローラである)ユーザインターフェースが、少なくとも2つのモードのうちの1つを選択するための入力を提供する。これに代えて又は加えて、自動的又は少なくとも半自動的にモード間で選択するように、照明モジュールのコントローラにインテリジェンスが追加されてもよい。例えば照明モジュールの制御は、或いは、環境(例えば時刻、植物/作物成長段階、病気リスクを評価するための相対湿度等)に関するセンサ(例えば日光センサ)データに基づいていてもよく、この場合、コントローラは、検知された環境データに基づいて、様々な動作モードを切り替える。更に/又は、別の例として、切替は、コントローラ内に予め設定された所定のスケジュールに従ったタイマに基づいていてもよい。

10

【0033】

実施形態において、照明モジュールは、成長モード及び1つの誘導モードだけを可能にする場合がある。或いは、複数の誘導光モードが、重なり合わない期間の間に適用されてもよい。これらのモードのいずれにおいても、光モジュールは、連続的な光か、又は、数分のオーダーの光パルスでパルス状のオン/オフ光を提供するように制御される。

【0034】

図1は、温室6又は植物成長工場を含む栽培用成長設備2を示す。温室又は工場6は、1つ以上の植物4(例えばトマト)と、1つ以上の植物4を照らすように配置された栽培用照明装置8の1つ以上のインスタンスとを含む。照明装置8は、(例えば温室内の)日光を補完する補完照明を提供するか、又は、更には、(例えば屋内成長工場内で)日光の代わりに唯一の光を提供するように使用される。例えば図示される例では、2つの植物4又は植物の列が共に、上部照明装置8tによって、上方から照らされる一方で、各植物4又は所与の列における植物のグループは、植物又は植物のグループの中に配置される相互照明装置8iによって、代わりに又は加えて照らされる。図1は更に、トマトの列間の世話用の通路を有する温室内のトマトの水耕成長のための例示的なレイアウトも示すが、当然ながら、これは例示であり、本明細書における教示内容が適用されうるすべてのシナリオに対する制限ではない。

20

【0035】

図2は、例えば上部照明8t又は相互照明8iのインスタンスを実施するために使用されてよい、本明細書に開示される実施形態による栽培用成長装置8のブロック図を提供する。栽培用照明装置8は、複数の照明要素12(例えばLED)を含む照明モジュール10と、モードを切り替えるように、照明モジュール10を制御するように接続されるコントローラ14とを含む。コントローラ14は、ユーザインターフェース(UI)16、1つ以上のセンサ18及び/又はタイマ20のうちの1つ以上を含む。実施形態では、照明モジュール10及びコントローラ14(そのUI16、センサ18及び/又はタイマ20を含む)は、栽培用成長ランプのハウジング内に一緒に組み込まれてもよい。或いは、コントローラ14の一部又は全部が、有線又は無線接続を介して、照明モジュール10に接続されるコンピュータ端末といった別箇のユニットとして実現されてもよい。

30

【0036】

図3、図4及び図5は、例えば上部照明8t又は他の栽培用照明装置に使用されてよい照明モジュール10の一例を概略的に示す。照明モジュールは、複数の照明要素12を含み、各照明要素12は、好適な実施形態では、対応するLEDである(また、以下において、そのように説明される。しかし、当然ながら、より一般的には、照明要素は他のタイプの照明要素であってもよい)。各LED12は、所与の色で放射し、様々なLED12は、少なくとも2つの異なる色である。即ち、LED12の一部は、1つの色であり、LED12の他の部分は、別の色である。また、(LEDが3色以上の色で使用される場合)LED12の更に別の部分が、更に別の色等である。例えば図示される例では、LED12の一部は、青色LED12B(400-500nmにおける放射ピーク、例えば450nm)であり、一部は、赤色LED12R(600-700nmにおける放射ピーク、

40

50

例えば660nm)であり、一部は、遠赤色LED12FR(700-800nmにおける放射ピーク、例えば740nm)である。LED12は、様々な色のLED12によって放射される光が、1つ以上の植物に入射すると、少なくともある程度に混合する限り、例えば図示される例におけるように長方形格子といったように2次元アレイでも、別の他の構成でも配置されてよい。一実施形態では、LEDは、図3乃至図5に示される色で7×6の格子で配置されてよい(ただし、必ずしも縮尺通りではない)。しかし、当然ながら、これは一例であり、すべての可能な実施形態に対する限定である必要はない。

【0037】

LED12は、2つの異なるモード、即ち、成長モード及び誘導モードにおいて光を提供する2つのグループに配置される。少なくとも1つのLED12又は同様のスペクトルを有するLED12のサブグループが、両方のグループに属し、共通に(両モードに)使用される。出力全体に対するLED12の少なくとも1つのグループの相対寄与は、2つのモードにおいて異なる(異なるスペクトル組成)。

10

【0038】

実施形態において、成長モードは、相対的に高い光フルエンス(例えば100-200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)によって特徴付けられ、このスペクトルの赤色部分における寄与が大きい(例えば70%-90%)。その一方で、誘導モードにおいて放射される光は、成長以外の植物4の異なる生物学的プロセスを促進させるために、成長モードとは異なるスペクトル(また、実施形態では、異なる強度でも)で構成される。実施形態において、誘導光の強度は、相対的に低く(例えば0-50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)、スペクトル組成は、例えば上記された効果の1つ以上といったように栽培者が達成したい効果に依存する。成長モード及び/又は誘導モードにおける光スペクトル及び/又は強度は更に、対象の作物又は植物の種類にも依存する。即ち、特定の植物又は作物の種類に対して構成される。パルス幅変調(PWM)を使用して、様々な光チャネル(様々な色)を減光してもよい。この高周波パルスング(>100Hz)以外に、実施形態では、誘導光は、所望の効果及び基になっているトリガリング機構に依存して、連続モードか、又は、大きい時間間隔(例えば1-60分)のパルスのパルスモードで提供されてよい。

20

【0039】

図3は、オフにされている(そのLED12はいずれもオンではない、即ち、いずれも発光していない)場合の照明モジュール10を示す。図4は、成長モードの一例における照明モジュールを示し、このモードでは、LED12の第1のグループがオンにされ(発光し)、残りはオフである(発光していない)。図示される例では、成長モードは、すべての青色LED12B及び赤色LED12Rがオンであるが、すべての遠赤色LED12FRはオフであるように構成される。図5は、誘導モードの一例における照明モジュールを示し、このモードでは、LED12の第2のグループがオンにされ(発光し)、残りはオフである(発光していない)。図示される例では、誘導モードは、すべての赤色LED12R及び遠赤色LED12FRがオンである一方で、すべての青色LED12Bはオフであるように構成される。なお、(成長モードにおいてオンである)第1のグループのLEDの一部であって、すべてではないLEDが、(誘導モードにおいてオンである)第2のグループと共通している。

30

40

【0040】

コントローラ14は、成長モードと誘導モードとで切り替わるように、照明モジュール10を制御する。コントローラ14は、幾つかの可能な形態を取ってよい。実施形態において、コントローラ14は、照明モジュール10のモードを制御するように接続されるデジタル制御モジュール15に、制御モジュール15に入力を提供するように、有線又は無線接続を介して接続される関連付けられるUI16、センサ18及び/又はタイマ20が加えられた形を取る。制御モジュール15は、当該制御モジュール15が、UI16、センサ及び/又はタイマ20から受信する1つ以上の入力に基づいて、成長モードと誘導モードとを切り替えるように、照明モジュール10を制御する。

【0041】

50

デジタル制御モジュール15は、コントローラ14のメモリに記憶され、コントローラ14の1つ以上のプロセッサ上で実行されるように構成されるソフトウェアコードの一部として実現されてよい。例えばコントローラ14は、制御モジュール15がインストールされ実行されるデスクトップ又はラップトップコンピュータ、タブレット又はスマートフォンといったコンピュータ端末を含んでもよい。又は、コントローラは、例えば栽培用成長ランプに埋め込まれた専用制御ユニットのメモリ及び特定用途向けマイクロプロセッサを含んでもよい。或いは、デジタル制御モジュールは、専用配線回路及び/又は例えばPGA又はFPGAといった構成可能又は再構成可能回路として全体的に又は部分的に実現されてもよい。なお、制御モジュール15が、プロセッサ上で実行されるソフトウェアとして実現される場合、(使用される場合には)タイマ20は、汎用クロック、又は、関連付けられるソフトウェアが追加されたプロセッサの他のタイマの形を取るか、或いは、別箇の周辺機器のタイマの形を取ってよい。

10

【0042】

実施形態において、制御モジュール15は、時刻、作物の成長段階(成長期間の関数として測定される又は予め設定される)、日照時間(カレンダーの日付又はセンサ測定値から推測される)、日光のスペクトル組成(例えば赤色/遠赤色比のセンサ測定値又はPSS値)及び/又は1つ以上のセンサ測定値(例えば病気リスクを評価するための相対湿度及び/又は温度)のうちの一つ以上に基づいて、成長モードと誘導モードとを自動的に切り替えるように構成された自動制御モジュールである。実施形態では、制御モジュール15は、成長光がオフに切り替えられた後、誘導光を自動的にオンに切り替える(時間遅延があってもなくてもよい)。

20

【0043】

幾つかの実施形態では、照明モジュール10は、2つのモード、即ち、成長モード及び1つの誘導モードしかない。或いは、照明モジュールは、少数の様々な誘導モードを可能にしてもよい(しかし、実施形態では、成長モードは依然として1つだけである)。例えば照明モジュール10は、誘導光の様々な機能間で切り替わってよい。例えば開花、病気抵抗及び/又は形態誘導のために、異なる光強度及び/又はスペクトルを有するモード間で切り替わってよい。実施形態では、照明モジュール10は、2つ以下の誘導モード、3つ以下の誘導モード、4つ以下の誘導モード、5つ以下の誘導モード、又は、10以下の誘導モードしか有さない。

30

【0044】

いずれにせよ、1つ又は幾つかの誘導モードが可能にされていようとも、モードは、照明モジュール10が、スペクトル及び/又は光強度が(LED12の任意の可能なオン・オフ及び/又は輝度設定に基づく)任意の値に設定可能である場合よりも実質的に少ない(LED12の少数の各組み合わせに対応する)少数のモードにおいてのみ動作するように制限される点で、照明モジュール10の個別のモードであることに留意されたい。したがって、モードの数は、照明モジュールのLED12がオン及びオフにされることが可能である可能な組み合わせの数よりも大幅に小さい。例えば(LED12の数、したがって、理論上の組み合わせの数に依存して)少なくとも10倍小さい、少なくとも100倍小さい、少なくとも1000倍小さい、又は、少なくとも1万倍小さい。また、一握りのモード(例えば2つ以下、3つ以下、4つ以下、5つ以下又は10以下の誘導モード、また、実施形態では、1つの成長モードのみ)しか可能にされないことが好適である。

40

【0045】

好適には、制御の複雑さを減らすために、少数の個別のモードへのこの制限は、照明モジュール10自体に本来備わっている実配線特性である。例えば照明モジュール10は、2つの制御線を含んでよく、これらの制御線を介して、コントローラ14は、例えば2つの制御線間の電圧差である印加される制御電圧に基づいて、モジュール10を成長光及び誘導光間で切り替えるように接続される(これらの2つの制御線のうち、1つの制御線は、給電線と共通であってよい)。或いは、しかしながら、制限は、コントローラ14によって実施されてもよい。

50

【 0 0 4 6 】

更に、デジタルコントローラ 1 5 の場合、個別の的とは、値のデジタル表現から必然的にもたらされるレベルの組み合わせの数への制限よりも実質的に少ないモードに抑制することを意味する。即ち、本開示の目的として、デジタル変数は、それが取ることができる可能な値の数の唯一の制約が、コントローラのデジタル性質による量子化である場合、事実上、連続的に変化すると見なさる（したがって、個別の的ではない）。

【 0 0 4 7 】

モードの切替えを制御するための幾つかの可能性について、以下により詳細に説明する。

【 0 0 4 8 】

第 1 の実施形態では、コントローラ 1 4 は、デジタル制御モジュール 1 5 とタイマ 2 0 とを含み、（タイマを使用して現時刻を計り、現時刻をスケジュールと比較することによって）所定のスケジュールに従って、成長モードと 1 つ以上の誘導モードとの切替えを制御する。実施形態では、コントローラ 1 4 は更に、ユーザインターフェース（UI）1 6 を含み、スケジュールは、UI 1 6 を介してユーザによってプログラムされることが可能である。例えばコントローラ 1 4 は、制御モジュール 1 5 が実装されたコンピュータ端末の形態を取ってもよく、UI 1 6 は、このコンピュータ端末のディスプレイ及び入力手段（例えばマウス、キーボード及び/又はタッチスクリーン）を含んでよい。或いは、制御モジュール 1 5 は、製造業者、供給業者又はコミッショニング技術者によって、スケジュールが予めプログラムされていてもよい。

【 0 0 4 9 】

第 1 の実施形態によれば、スケジュールは、毎日のスケジュール及び/又は例えば週毎、月毎及び/又は年毎のカレンダーといったより長期間にわたって変化するスケジュールを含んでよい（例えば、したがって、毎日のスケジュールが、数日間、数週間、数か月間又は数年にわたって変化する）。

【 0 0 5 0 】

好適には、スケジュールは、少なくとも毎日のスケジュールを含み、これにより、制御モジュール 1 5 は、照明装置 1 0 を、2 4 時間の一日サイクルの異なる時間に異なるモードに切り替える。このスケジュールに従い、成長モードは、好適には、（日中及び/又は夜間の）日光を補完するように使用される一方で、誘導モードは、日光からの寄与が非常に限られる夜間中又は一日の終わりに、主に使用される。したがって、照明モジュールは、日中は成長を促進させ、夜間は、開花又は病気抵抗といった 1 つ以上の他の生物学的プロセスを促進させるように使用される。複数の異なる誘導モードがある場合、毎日のスケジュールは、夜の様々な時間に、異なる誘導モードに切り替えることを含んでよい。例えば夜の途中で開花モードから病気抵抗モードに切り替えたり、夜中、2 つのモードを交互にしたりしてよい。

【 0 0 5 1 】

これに代えて又は加えて、スケジュールは、一日よりも長い経過に亘って、切替え挙動を変化させてもよい。例えば日中、成長モードが適用される時間の長さ及び/又は夜間、誘導モードが適用される時間の長さが、作物の成長段階、現在の日照時間及び/又は現在のカレンダーの日付から推測される季節に依存して、日毎、週毎又は月毎に変化するようスケジュールされてもよい。

【 0 0 5 2 】

第 2 の実施形態では、コントローラ 1 4 は、デジタル制御モジュール 1 5 と 1 つ以上のセンサ 1 8 とを含み、1 つ以上のセンサ 1 8 からの 1 つ以上の入力に基づいて、成長モードと 1 つ以上の誘導モードとの切替えを制御する。例えばセンサ 1 8 は、設備 2 において経験されている日光の現在の量を測定する日光センサ、設備 2 において経験されている日光の現在のスペクトル組成を測定する日光センサ（これは、同じ又は異なる光電セルを使用してもよい）、設備 2 内の現在の湿度を測定する湿度センサ、及び/又は、設備 2 内の現在の温度を測定する温度センサを含んでよい。好適には、1 つ以上のセンサは、1 つ以

10

20

30

40

50

上の植物 4 が経験している条件（例えば光及び／又は湿度）に近似させるように、問題の 1 つ以上の植物 4 の付近に適切に配置される。

【 0 0 5 3 】

例えば制御モジュール 1 5 は、検知された日光レベル及び／又はスペクトル及び／又は検知された湿度に基づいて、現在の日照時間及び／又は作物の成長段階を推測し、これに基づいてモードを切り替える。例えば制御モジュール 1 5 は、1 つ以上のセンサ 8 に基づいて日照時間を推測し、推測された昼間に適用される成長モードと、推測された夜間に適用される 1 つ以上の誘導モードとをトリガする。更に／又は、制御モジュール 1 5 は、1 つ以上のセンサ 1 8 に基づいて、現在の作物成長段階又は季節を推測し、推測された成長段階又は季節に依存して、成長モード及び／又は誘導モードが適用される時間の長さを変えてよい。

10

【 0 0 5 4 】

別の例では、現在の病気リスクが、植物 4 が経験している湿度及び／又は温度に関連付けられ、制御モジュール 1 5 は、特定のレベルの湿度若しくは温度又は湿度及び温度の特定の組み合わせを検知することに反応して、病気に対する抵抗を促進させる誘導モードを起動するか（又はこのモードの長さを変える）。

【 0 0 5 5 】

別の例では、例えば病気の早期指示を提供するように、植物の健康の 1 つ以上の側面を検知するために、専用の植物健康センサが使用される。植物健康センサは、Allied Vision 社の AVT カメラといった葉緑素蛍光センサといった光合成（成長）測定を行う植物成長パフォーマンスセンサを含んでよい。例えば成長（葉緑素蛍光）測定結果を、病気の早期の間接的な指示として使用することができる。しかし、植物の成長又は植物の健康に関する他の測定結果も一般的にあってよい。例えば成長は、他の要因（例えば水によるストレス）によっても抑止されることがある。

20

【 0 0 5 6 】

更に別の例では、植物の形態センサ（例えば Phenospex 社の Plant Eye）を使用して、例えば作物の成長段階といった植物の形態の 1 つ以上の側面を検知してもよい。

【 0 0 5 7 】

特定の誘導モードの選択及び／又は持続時間は、上記されたセンサ又は他のセンサの任意の 1 つ以上のセンサからの 1 つ以上の検知値に基づいていてよい。例えば日光センサは、成長モードのオン／オフの切り替えを決定する一方で、湿度センサ及び／又は温度センサといった別の 1 つ以上のセンサは、複数の誘導モードから抗真菌性誘導モードの選択及び／又は持続時間を決定する。特定の誘導モードは、検知値に基づいて関係ない場合には、選択されない。

30

【 0 0 5 8 】

更に、第 2 の実施形態において、モードの切替えは、センサの入力だけに基づいていてもよいが、又は、第 1 の実施形態と組み合わせられて、センサからの実験的データに基づいてスケジュールを適応させてもよい。例えば制御モジュール 1 5 は、カレンダーに基づいて現在の日照時間を決定し、したがって、成長モードが日中適用され、少なくとも 1 つの誘導モードが夜間に適用されるが、正確な切替え時間を、検知された湿度及び／又は日光スペクトルに基づいて、スケジュールされた時間の所定の範囲内で適応させてもよい。

40

【 0 0 5 9 】

第 3 の実施形態によれば、コントローラ 1 4 は、ユーザインターフェース（UI）1 6 を含み、UI 1 6 を介して受信された手動によるユーザ選択に基づいて、成長モードと誘導モードとで切り替わる。例えば UI は、制御モジュール 1 5 を介した切替えを制御可能な遠隔制御部を含んでよい。又は、ユーザインターフェースは、制御モジュール 1 5 が実装されたコンピュータ端末のキーボード、マウス及び／又はタッチスクリーンといった入力デバイスを含んでよい。或いは、UI 1 6 は、モードを切り替える専用スイッチ（例えば機械式スイッチ）だけを含んでいてもよい。この場合、制御モジュール 1 5 は、必ずし

50

も必要ではなく、コントローラ 14 は、単に、照明モジュール 10 の制御線に直接接続されたスイッチ 16 から構成されてもよい。

【0060】

第3の実施形態の1つの特定の変形では、ユーザは、成長モードをオン及びオフにするためだけにUI 16を使用し、制御モジュール 15 は、ユーザが成長モードをオフに切り替えた後、所定の時間の間、誘導モード（又は一連の誘導モード）を自動的にオンに切り替えてよい。例えば制御モジュール 15 は、ユーザが成長モードをオフに切り替えた後、例えば2時間といった期間の間、赤色の病気抵抗照明モードをオンに切り替えてよい。

【0061】

なお、いずれの実施形態においても、成長モード及び誘導モードは、必ずしも連続的である必要はない。例えば成長モードの終了と誘導モードの開始との間に、誘導モードの終了と成長モードの次の適用の開始との間に、及び/又は、異なる誘導モード間に（少なくとも照明モジュール 10 からの）照明のない期間があってもよい。

【0062】

当然ながら、上記実施形態は、例示として説明されている。開示された実施形態の変形態様は、図面、開示内容及び添付の請求項の検討から、請求項に係る発明を実施する当業者によって理解され、実施される。請求項において、「含む」との用語は、他の要素又はステップを排除するものではなく、また、「a」又は「an」との不定冠詞も、複数形を排除するものではない。単一のプロセッサ又は他のユニットが、請求項に記載される幾つかのアイテムの機能を果たしてもよい。特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されることだけで、これらの手段の組み合わせを有利に使用することができないことを示すものではない。コンピュータプログラムは、他のハードウェアと共に又はその一部として供給される光学記憶媒体又は固体媒体といった適切な媒体上に記憶及び/又は分散されてもよいが、インターネット又は他の有線若しくは無線通信システムを介するといった他の形式で分配されてもよい。請求項における任意の参照符号は、範囲を限定するものと解釈されるべきではない。

10

20

フロントページの続き

- (72)発明者 オナク ガブリエル エーゲン
オランダ国 5656 アーエー アイントホーフェン ハイ テク キャンパス 5
- (72)発明者 クライン マルセリヌス ベトルス カロルス ミカエル
オランダ国 5656 アーエー アイントホーフェン ハイ テク キャンパス 5
- (72)発明者 ファン エチテルト エスター マリア
オランダ国 5656 アーエー アイントホーフェン ハイ テク キャンパス 5
- (72)発明者 ニコル セリネ キャサリン セーラ
オランダ国 5656 アーエー アイントホーフェン ハイ テク キャンパス 5

審査官 門 良成

- (56)参考文献 特開2009-136155(JP,A)
特開2012-070727(JP,A)
特開2002-272272(JP,A)
特開平10-178899(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0020071(US,A1)
特表2010-521964(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A01G 7/00
A01G 9/00
A01G 31/00