

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7085839号
(P7085839)

(45)発行日 令和4年6月17日(2022.6.17)

(24)登録日 令和4年6月9日(2022.6.9)

(51)国際特許分類

A 01 G 7/00 (2006.01)

F I

A 01 G

7/00

6 0 1 C

請求項の数 27 (全18頁)

(21)出願番号 特願2017-550848(P2017-550848)
 (86)(22)出願日 平成28年3月31日(2016.3.31)
 (65)公表番号 特表2018-509921(P2018-509921)
 A)
 (43)公表日 平成30年4月12日(2018.4.12)
 (86)国際出願番号 PCT/EP2016/056998
 (87)国際公開番号 WO2016/156452
 (87)国際公開日 平成28年10月6日(2016.10.6)
 審査請求日 平成31年3月29日(2019.3.29)
 (31)優先権主張番号 15161920.2
 (32)優先日 平成27年3月31日(2015.3.31)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 欧州特許庁(EP)

(73)特許権者 516043960
 シグニファイ ホールディング ビー ヴィ
 S I G N I F Y H O L D I N G B . V .
 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 48
 H i g h T e c h C a m p u s 4 8
 , 5 6 5 6 A E E i n d h o v e n ,
 T h e N e t h e r l a n d s
 100163821
 弁理士 柴田 沙希子
 (74)代理人
 クライン マルセリヌス ペトルス 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
 オナック ガブリエル - ユーゲン
 (72)発明者
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 植物を照光するシステム及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

変化する出力を有する太陽光を含む追加光源の存在下で植物を照光するためのシステムであって、前記システムは、遠赤色光源であって、前記遠赤色光源の出力は、前記追加光源の前記変化する出力と組み合わさせて、前記植物を照光するための光合成有効放射を提供する、遠赤色光源と、前記遠赤色光源の出力を変化させるコントローラとを備え、前記コントローラは、前記追加光源の出力が変化するときに、前記光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率が遠赤色の所定の最小値以上となるように前記遠赤色光源の前記出力を変化させる、システム。

【請求項2】

前記コントローラは、前記追加光源の出力が変化するときに、前記光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率が遠赤色の所定の最大値以下になるように前記遠赤色光源の前記出力を変化させる、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記遠赤色の所定の最小値は、4%である、請求項1又は2に記載のシステム。

【請求項4】

前記遠赤色の所定の最小値は、6%である、請求項1又は2に記載のシステム。

【請求項5】

前記遠赤色の所定の最小値は、8%である、請求項1又は2に記載のシステム。

【請求項6】

前記遠赤色の所定の最小値は、10%である、請求項1又は2に記載のシステム。

【請求項7】

前記遠赤色の所定の最大値は、36%である、請求項2又は請求項2に従属する請求項3乃至6のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項8】

前記遠赤色の所定の最大値は、15%である、請求項2又は請求項2に従属する請求項3乃至6のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項9】

前記遠赤色の所定の最大値は、13%である、請求項2又は請求項2に従属する請求項3乃至6のいずれか一項に記載のシステム。

10

【請求項10】

前記遠赤色の所定の最大値は、11%である、請求項2又は請求項2に従属する請求項3乃至6のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項11】

青色光源と、前記青色光源の出力を変化させるコントローラとを備え、前記青色光源の前記出力と、前記遠赤色光源の前記出力と、前記追加光源の前記変化する出力とが組み合わさって、前記植物を照光するための光合成有効放射を提供し、前記コントローラは、前記追加光源の出力が変化するときに、前記光合成有効放射中の合計青色光の比率が青色の所定の最小値以上となるように前記青色光源の前記出力を変化させる、請求項1乃至10のいずれか一項に記載のシステム。

20

【請求項12】

前記コントローラは、前記追加光源の出力が変化するときに、前記光合成有効放射中の合計青色光の前記比率が青色の所定の最大値以下となるように前記青色光源の前記出力を変化させる、請求項11に記載のシステム。

【請求項13】

前記青色の所定の最小値は、5%である、請求項11又は12に記載のシステム。

【請求項14】

前記青色の所定の最小値は、7%である、請求項11又は12に記載のシステム。

【請求項15】

前記青色の所定の最小値は、9%である、請求項11又は12に記載のシステム。

30

【請求項16】

前記青色の所定の最小値は、12%である、請求項11又は12に記載のシステム。

【請求項17】

前記青色の所定の最小値は、15%である、請求項11又は12に記載のシステム。

【請求項18】

前記青色の所定の最大値は、27%である、請求項12又は請求項12に従属する請求項13乃至17のいずれか一項に記載のシステム。

40

【請求項19】

前記青色の所定の最大値は、20%である、請求項12又は請求項12に従属する請求項13乃至17のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項20】

前記青色の所定の最大値は、18%である、請求項12又は請求項12に従属する請求項13乃至17のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項21】

前記青色の所定の最大値は、16%である、請求項12又は請求項12に従属する請求項13乃至17のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項22】

前記光合成有効放射中の合計青色光の量、前記光合成有効放射中の合計遠赤色光の量、及び/又は光合成有効放射の量を測定する光センサを備え、

前記光センサは、

50

400 nm ~ 500 nm の範囲内にある合計青色光の量、
 700 nm ~ 800 nm の範囲内にある合計遠赤色光の量、及び / 又は
 400 ~ 700 nm の範囲内にある光合成有効放射の量、を測定する、請求項 1 乃至 2 1
 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 2 3】

前記青色光源、前記遠赤色光源、及び / 又は赤色光源各々は LED ランプを含み、
 前記青色光源の前記出力は、400 nm ~ 500 nm の範囲内にピーク波長があるスペク
 トールを有し、
 前記遠赤色光源の前記出力は、700 nm ~ 800 nm の範囲内にピーク波長があるスペ
 クトールを有し、且つ / 又は

前記赤色光源は、600 nm ~ 700 nm の範囲内にピーク波長があるスペクトルを持つ
 出力を有する、請求項 1 1 乃至 2 2 に記載のシステム。

【請求項 2 4】

変化する出力を有する太陽光を含む追加光の存在下で植物を照光する方法であって、前記
 方法は、

遠赤色光と前記追加光とを組み合わせて、前記植物を照光するための光合成有効放射を提
 供するステップであって、前記追加光が変化するときに、前記光合成有効放射中の合計遠
 赤色光の比率が遠赤色の所定の最小値以上となるように前記遠赤色光を自動的に変化させ
 る、ステップ、

を有する、方法。

【請求項 2 5】

青色光と、前記遠赤色光と、前記追加光とを組み合わせて、前記植物を照光するための光
 合成有効放射を提供するステップであって、前記追加光が変化するときに、前記光合成有
 効放射中の合計青色光の比率が青色の所定の最小値以上となるように前記青色光を自動的
 に変化させる、ステップ、
 を有する、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

青色光源及び遠赤色光源を備える照明器具に使用するためのコントローラであって、前記
 コントローラは、

光合成有効放射中の合計青色光の比率に対応する値、及び / 又は前記光合成有効放射中の
 合計遠赤色光の比率に対応する値を受信する第 1 の信号ポートであって、前記青色光と、
 前記遠赤色光と、変化する出力を有する太陽光を含む追加光とが組み合わさって、前記光
 合成有効放射中の合計青色光の前記比率が青色の所定の最小値以上であり、前記光合成有
 効放射中の合計遠赤色光の比率が遠赤色の所定の最小値以上である、前記光合成有効放射
 を提供する、第 1 の信号ポートと、

前記青色光源の出力及び / 又は遠赤色光源の出力を制御する第 2 の信号ポートと、
 コンピュータ可読プログラムであって、実行されると、

(i) 前記追加光が変化するときに、前記光合成有効放射中の合計青色光の前記比率が青
 色の所定の最小値以上となるように前記青色光源の出力を変化させ、

(i i) 前記追加光が変化するときに、前記光合成有効放射中の前記光合成有効放射中の
 合計遠赤色光の前記比率が遠赤色の所定の最小値以上となるように前記遠赤色光源の出力
 を変化させる、コンピュータ可読プログラムと、

を備える、コントローラ。

【請求項 2 7】

請求項 1 乃至 2 3 のいずれか一項に記載のシステム内で実行されると、請求項 2 4 に記載
 の方法を行うか、又は請求項 1 1 乃至 2 1 及び 2 3 のいずれか一項、又は請求項 1 1 乃至
 2 1 のいずれか一項に従属する請求項 2 2 に記載のシステム内で実行されると、請求項 2
 5 に記載の方法を行うコンピュータ可読プログラムを備えた、コンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は、概して、植物を照光するシステム及び方法に関し、特に、植物に自然光に加えて補助照明を提供し、そのような補助照明を使用したときの作物収量を向上させることに関する。本発明は、園芸で使用するのに好適である。

【背景技術】

【0002】

補助照明は、特に自然の日光だけでは十分でない季節に温室内の果物や野菜の成長を向上させるために、園芸で益々使用されるようになってきている。補助照明は、一年を通じて果物や野菜の成長を可能にする。

【0003】

例えば、オランダでトマトを栽培するには、冬、秋、及び春に補助照明が必要となるが、これはそれらの季節には日光が通例不足するためである。同時に、トマトの価格はこれらの季節に最も高くなるが、それは補助照明に関する投資費用及びエネルギー費用を賄って余りあるものである。

10

【0004】

LED（発光ダイオード）は固体光源である。LEDには、耐久性、高寿命、コンパクト性、及び効率性など、他の光源を上回るいくつもの利点がある。有用な点として、LEDは狭帯域スペクトルの発光も提供し、これは、LED照明システムのスペクトル特性を特定の用途又は作物の種類に合わせて最適化できることを意味する。さらに、LEDは、低い放射熱で高い光出力を提供するだけでなく、設計及び照明システム内での配置の柔軟性を提供する。近年の進歩により、増えつつある波長数と低下しつつある費用でLEDが入手できるようになっている。その結果、LEDは、園芸で使用するために益々好まれるようになっている。

20

【0005】

園芸における主要な目的の一つは、照明によって消費されるエネルギーを可能な限り低く保ちながら、作物収量（バイオマス又は果実収量の点から見た）を最大にすることである。

【0006】

LEDを光源として使用する場合には、光合成効率が最も高くなる波長が選択されるのが通例である。光合成は、空気から得たCO₂を水及び光と組み合わせて糖に変換するために植物が使用する仕組みである。バイオマス成長は、生成される糖の量に比例する。光合成反応の波長依存性が図1に示される（この反応曲線は、「McCree曲線」又は「光合成反応曲線」としても知られる）。分布は、スペクトルの青色及び赤色領域にわずかなピークがある。

30

【0007】

この曲線の近似として、400 nmと700 nmとの間の波長領域にあるすべての放射は「光合成有効放射（photosynthetically-active-radiation）」（PAR）と呼ばれ、これも図1に示される。PARは、1秒当たりの表面積当たりの光量子数として表すことができ、「光合成光量子束密度」（PPFD）として知られている。光量子の数は通常、μmolで表され、1 molは 6.02×10^{23} 個の光量子に相当する。PARは、1秒当たりの表面積当たりのエネルギーの量として表されることもあり、この測定は光強度として知られる。光強度とPPFDは相互に交換可能である。PPFDの方が当技術分野では広く使用され、したがって本発明の目的により好みの尺度である。

40

【0008】

図1は、300～800 nmの間の「日光光量子束スペクトル」（American Society for Testing and Materials（米国材料試験協会）による標準AM1.5G, ASTM G173にて定義されたもの）も示している。

【0009】

植物の成長には、400 nm～800 nmのスペクトル領域が最も重要である。青色（B）領域は400 nm～500 nmを範囲とし、緑色（G）は500 nm～600 nmを範

50

囲とし、赤色 (R) は 600 nm ~ 700 nm を範囲とし、遠赤色 (FR) は 700 nm ~ 800 nm を範囲とする。

【0010】

日光の PAR 光量子束は、 $F_{PAR} = F_B + F_G + F_R$ と表され、ここで、 $F_B + F_G + F_R$ はそれぞれ、青色光、緑色光及び赤色光の光束を意味するために使用される。日光の場合、青色光、緑色光、及び赤色光それぞれの比は、 $F_B : F_G : F_R = 0.27 : 0.35 : 0.38$ である。 F_{FR} は遠赤色光の光束である。 F_{PAR} の量に対して表されるとき、比は $F_{FR} : F_{PAR} = 0.36$ である。

【0011】

植物は日光でよく成長することが知られているため、当技術分野における一般的な手法は、日光を模倣した補助光スペクトルを使用するものである。

10

【0012】

LED は、白熱照明や蛍光照明などの他の形態の照明を上回る利点をもたらすが、LED 照明システムの効率を向上させることが必要とされている。電気は、次第に高価で貴重な資源となりつつある。これは特に、エネルギー需要が最も高くなる、春、秋、及び冬の間がそうである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

したがって、本開示の目的は、そのような補助照明システムの効率を向上させることである。

20

【課題を解決するための手段】

【0014】

第 1 の態様において、本開示は、追加光源の存在下で植物を照光するためのシステムを提供し、このシステムは、青色光源と、遠赤色光源と、青色光源の出力及び遠赤色光源の出力を変化させるように構成されたコントローラであって、青色光源の出力と、遠赤色光源の出力と、追加光源の出力とが組み合わさって、植物を照光するためのある量の光合成有効放射を提供する、コントローラとを備え、コントローラは、(i) 追加光源の出力が変化するときに、光合成有効放射中の合計青色光の比率が第 1 の所定の最小値以上となるように青色光源の出力を変化させ、及び / 又は (ii) 追加光源の出力が変化するときに、光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率が第 2 の所定の最小値以上となるように遠赤色光源の出力を変化させるように構成される。

30

【0015】

第 2 の態様において、本開示は、追加光の存在下で植物を照光する方法を提供し、この方法は、青色光を提供するステップと、遠赤色光を提供するステップと、青色光と、遠赤色光と、追加光とを組み合わせて、植物を照光するためのある量の光合成有効放射を提供するステップと、追加光が変化するときに、光合成有効放射中の合計青色光の比率が第 1 の所定の最小値より大きいままであるように青色光を変化させる、且つ / 又は、追加光が変化するときに、光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率が第 2 の所定の最小値より大きいままであるように遠赤色光を変化させるステップと、を有する。

40

【0016】

第 3 の態様において、本開示は、追加光の存在下で植物を照光する方法を提供し、この方法は、青色光を提供するステップと、遠赤色光を提供するステップと、青色光と、遠赤色光と、追加光とを組み合わせて、植物を照光するためのある量の光合成有効放射を提供するステップと、(i) 追加光が変化するときに、光合成有効放射中の合計青色光の比率が第 1 の所定の最小値以上となるように青色光を自動的に変化させる、且つ / 又は、(ii) 追加光が変化するときに、光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率が第 2 の所定の最小値以上となるように遠赤色光を自動的に変化させるステップと、を有する。

【0017】

第 4 の態様において、本開示は、本開示の第 1 の態様によるシステム内で実行されると、

50

本開示の第2の態様による方法を実行するコンピュータ可読プログラムを内部に備えたコンピュータ可読記憶媒体を提供する。

【0018】

本開示は、LEDの効率を考慮に入れ、最適な光合成反応及び成長反応をもたらすように植物に与えられる光を調整することにより、園芸で使用するためのLED照明システムのエネルギー使用を改善し、それにより消費エネルギーを最小にしながら作物収量を最大にする。

【0019】

本発明は、独立請求項によって定義される。本発明のさらなる特徴は、従属請求項に定義される。

10

【0020】

添付図面が参照される。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】「PAR」、「日光の光量子束スペクトル」、及び「Mccree曲線」を示すグラフである。

【図2】本発明の例示的な照明方式の図である。

【図3】遠赤色の比率を固定して青色の比率を変化させた場合と、青色の比率を固定して遠赤色の比率を変化させた場合との成長効率を示すグラフである。

20

【発明を実施するための形態】

【0022】

本開示は、追加光源の存在下で植物を照光するためのシステムを提供し、このシステムは、青色光源と、遠赤色光源と、青色光源の出力及び遠赤色光源の出力を変化させるように構成されたコントローラであって、青色光源の出力と、遠赤色光源の出力と、追加光源の出力とが組み合わさって、植物を照光するためのある量の光合成有効放射を提供する、コントローラとを備え、コントローラは、(i)追加光源の出力が変化するときに、光合成有効放射中の合計青色光の比率が第1の所定の最小値以上となるように青色光源の出力を変化させ、及び/又は(ii)追加光源の出力が変化するときに、光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率が第2の所定の最小値以上となるように遠赤色光源の出力を変化させるように構成される。

30

【0023】

本システム、方法、及びコントローラは園芸で使用するのに適する。本システム、方法、及びコントローラは、温室内で、又は日光の入る都市農場で自然光を補うために使用される。本システム、方法、及びコントローラは、日光がないときにも使用され得る。

【0024】

本明細書で使用される場合、「青色」、「赤色」、及び「遠赤色」等の色を使用して光を説明するとき、それは特定の範囲内にある波長を持つ光を意味する。一態様では、「青色」光は400nm～500nmの範囲内にある光を意味し、「緑色」光は500nm～600nmの範囲内にある光を意味し、「赤色」光は600nm～700nmの範囲内にある光を意味し、「遠赤色」光は700nm～800nmの範囲内にある光を意味する。それぞれの範囲は「チャネル」とも定義され、例えば、「青色チャネル」は400nmから500nmの範囲内にある光を意味することが認識されよう。一態様では、用語「光合成有効放射」又はPARは、400～700nmの範囲内にある光を意味する。より好ましくない定義によれば、「光合成有効放射」は、400～800nmの範囲内にある光を意味する。用語「光合成有効放射」は、植物に提供されるすべての光の合計を意味し、光は人工光と自然光の両方である。

40

【0025】

本明細書で使用される場合、用語「光源」は、光放射を発する任意の光の供給源を意味する。この用語は、照明器具などの人工光を生成する装置を含し、装置は、ランプ、ランプの筐体、及び関連する任意の機器などの機能からなるか、又はランプそのものである。

50

さらに、ランプは、当技術分野で知られる各種形態で提供され、それらには、白熱ランプ（ハロゲンランプなど）、LEDランプ、アークランプ（メタルハライドランプなど）、又はガス放電ランプ（蛍光ランプなど）が含まれる。用語「光源」は、自然光、すなわち太陽光も含む。

【0026】

用語「青色光源」は、青色光を生成する光源を意味する。青色光源の出力は、完全に400 nm ~ 500 nmの範囲内にあるスペクトルを有する。或いは、青色光源によって生成される光の50%、60%、70%、80%、又は90%超が400 nm ~ 500 nmの範囲内にあり、且つ又は、青色光源の出力は400 nm ~ 500 nmの範囲内にピーク波長があるスペクトルを有する。

10

【0027】

用語「遠赤色光源」は、遠赤色光を生成する光源を意味する。遠赤色光源の出力は、完全に700 nm ~ 800 nmの範囲内にあるスペクトルを有する。或いは、遠赤色光源によって生成される光の50%、60%、70%、80%、又は90%超が700 nm ~ 800 nmの範囲内にあり、且つ又は、遠赤色光源の出力は700 nm ~ 800 nmの範囲内にピーク波長があるスペクトルを有する。

【0028】

用語「赤色光源」は、赤色光を生成する光源を意味する。赤色光源の出力は、完全に600 nm ~ 700 nmの範囲内にあるスペクトルを有する。或いは、赤色光源によって生成される光の50%、60%、70%、80%、又は90%超が600 nm ~ 700 nmの範囲内にある。或いは、赤色光源の出力は、600 nm ~ 700 nmの範囲内にピーク波長があるスペクトルを有する。

20

【0029】

光合成を生じさせるには赤色光が最も効率的であるが、最適な成長のためには一定の最小量の青色光（400 nmと500 nmとの間の波長領域の放射）も望まれる。これは、青色光は、葉の気孔を開いた状態に保って、光合成のためにCO₂が安定的に葉の中に流入することを保証するのに重要な役割を果たすためである。Hogewoningら（Journal of Experimental Botany, Vol 61, pp. 3107 - 3117, 2010）は、CO₂の同化率（時間の関数として葉に取り込まれるCO₂の量）は、植物に与えられるPAR中の青色光の比率に、50%までは量的に依存することを見出した。この比率は特に、葉の気孔を開いた状態に保つのに重要であると考えられる。

30

【0030】

本発明者らは、15%前後の青色光の比率が、補助光によって供給される所与の量のPAR（及びしたがって消費されるエネルギーの量）に対して作物収量を最大にするCO₂同化率をもたらすことを発見した。本発明者らは、最小の青色光の比率は5%とすべきを見出した。それより低い値では、作物収量が非常に低くなる（データは図示せず）。しかし、15%より上では連続的に百分率ポイントずつ増加させるごとに、補助光によって供給される所与の量のPAR（及びしたがって消費エネルギーの量）に対する作物収量の増加が、対応して低下していく。

40

【0031】

スペクトルの遠赤色部分（700 nmと800 nmとの間の波長領域の放射）は、植物の形態及びしたがって光の捕捉を支配する。遠赤色光の量が不十分であると、結果として密でコンパクトな形態となる植物成長につながる。そのような形態は、植物の大部分が光合成のための十分な光を捕捉することができないため、不都合である。そのため、遠赤色光は、植物が可能な限り多くの光を捕捉できることを保証する（例えば、ある葉が別の葉の陰になる可能性を最小にすることによる）。本発明者らは、PARのうち10%前後の遠赤色比率が、補助光によって供給される所与の量のPAR（及びしたがって消費エネルギーの量）に対する作物収量を最大にすることを発見した。しかし、10%より上では連続的に百分率ポイントずつ増加させるごとに、補助光によって供給される所与の量のPAR

50

(及びしたがって消費エネルギーの量)に対する作物収量の増加が、対応して低下していく。

【0032】

日光では、青色光の比率は、平均してPARのおよそ27%であり、遠赤色比率はおよそ36%である。しかし、日光は光合成に最適なスペクトルを必ずしも提供しない。そのため、日光を模倣することは、比較的効率の低い解決法につながる。そのため、日光中で観察される平均値、すなわちそれぞれ27%及び36%を上回る青色光の比率及び遠赤色比率は提供しないことが好ましい。

【0033】

そのため、最適な成長及び最大の収量のためには、PARが含んでいる青色光及び遠赤色光の比率は一定の最小限とすべきである。本システム、方法、及びコントローラは、これらの最小限の比率を考慮する。植物に与えられる光合成有効放射中の青色光及び遠赤色光の合計量が所定の最小値を上回ることを保証することにより、本開示は最適な成長と収量を保証する。

10

【0034】

図1から分かるように、最も大きい光合成反応は550~650nm前後に観察され、青色チャネル及び遠赤色光チャネルにおける光合成の効率は比較的低い。最適な成長及び形態を保証するのに必要とされる最小値を越えて青色光及び遠赤色光の比率を増すことでは不十分である。

【0035】

さらに、異なるLEDは通常、異なる効率を示す。青色光及び遠赤色光の光量子の生成は比較的高費用である。典型的なLED効率を以下に示す。

20

【0036】

【表1】

表1:LEDの能力(ドライバ損失を含む)

チャネル	能力($\mu\text{mol}/\text{J}$)
青色(450nm)	1.22
赤色(660nm)	1.92
遠赤(740nm)	1.53

30

【0037】

そのため、LED照明を使用して青色光及び遠赤色光を生成することは、赤色光の生成に比べて相対的にエネルギー的に非効率である。本システム、方法、及びコントローラは、消費エネルギー単位当たりのバイオマス収量の向上をもたらすPAR特性を提供する効率が最も低いLEDの使用を最小にすることにより、これらのLED効率を考慮に入れる。

【0038】

本システム、方法、及びコントローラの着目点は、例えば温室内で日光を補うために、補助照明又は人工照明を使用することである。したがって、追加光源は太陽光を含む。本明細書で使用される場合、用語「補助」及び「人工」は同義である。光は、自然の日光を補うために使用されるという意味で「補助」的である。しかし、本システム、方法、及びコントローラは、そのような温室内で、例えば日の出前や日没後など、日光が全くないときに使用されてもよいことが認識されよう。

40

【0039】

日光からの放射は1日を通じて変化することが認識されよう。そのため、青色光源及び遠赤色光源の出力を1日を通じて変化させて、日光の変化に応じて変化する、所定比率の青色光及び遠赤色光を有するある量の光合成有効放射を提供する。

【0040】

50

最小比率の青色光及び遠赤色光（これらの比率は日光中の対応する値よりも低い）だけが必要とされるため、また青色光及び遠赤色光は一般に赤色光と比べて生成が高費用であるため、本システム、方法、及びコントローラは、これらの最小比率が提供されるように、植物に与えられる光合成有効放射のスペクトル（すなわち補助光と日光との合計）を動的に変化させることにより、エネルギー効率の向上を提供する。人工的に生成される青色光及び遠赤色光の量を最小にすることにより、補助照明によって消費されるエネルギー量当たりの生成される赤色光が増える。先に触れたように、赤色光は光合成において植物によって最も効率的に利用され、これは、消費エネルギー当たりに生成される赤色光の量が増すと、その結果消費エネルギー当たりのバイオマス収量が向上することを意味する。

【0041】

用語「変化させる」との関連で使用される用語「動的」は、変化させる段階が1日を通じて連続的に行われることを意味する。代替の態様では、変化させる段階は、例えば1日のサイクルを通じて1回、2回、若しくはそれ以上の回数など1日を通じて離散した間隔で行われ、又は1日を通じて定義された間隔で行われる（例えば、30秒、又は1、5、10、15、20、30、若しくは60分おき）。離散した間隔で変化させることは、例えば、1日を通じて天候が交互に曇りと晴天になるときに、ユーザ（温室作業者など）を補助照明の出力の常時の変化にさらさず、それによりユーザの快適性を向上させることにより、有利であることが認識されよう。変化させる段階は、それを行うように専用に適合されたコントローラによって行われる。

【0042】

追加光源は赤色光源からなってよい。この赤色光源は日光を補うものであるが、日光がないときにも使用されてよい。そのため、一態様では、追加光源は太陽光及び赤色光源からなる。先に触れたように、赤色光は光合成中に植物によって特によく利用される。さらに、赤色LEDは通例、青色及び遠赤色LEDと比べて高い効率を示す（表1参照）。そのため、補助赤色光源は、補助照明が使用されるときはいつでも最大出力とし、言い換えると、赤色光源の出力は変化させない。植物に与えられる光合成有効放射中の合計青色光及び合計遠赤色光の比率がそれぞれの最小値を超える場合には、植物に多量の赤色光を提供することが有利である。しかし、必要に応じて最大出力未満が使用されてもよい。一態様では、植物に提供される赤色光の量は、日光の量に応じて変化させる。植物に与えられる日光の量が、植物に与えられることが好ましい量のPARより低い（又は低くなることが予想される）場合は、赤色光の量を増して、低量の日光を賄う。

【0043】

青色光源及び遠赤色光源の出力を変化させることは、以下のようにして行われる。詳細には、コントローラは、光合成有効放射中の青色光の量、及び／又は光合成有効放射中の遠赤色光の量に対応する値に基づいて、光合成有効放射中の合計青色光の比率を判定するように構成される。

【0044】

好ましい態様では、光の「量」は、光量子束（単位時間当たりの単位表面積当たりの光量子数を単位とする）を判定することによって測定される。「量」は、光強度（単位時間当たりの単位表面積当たりのエネルギー量を単位とする）を判定することによって測定することも可能であるが、これはあまり好ましくない。これら2つの種類の測定は、当技術分野で知られるように交換可能である。

【0045】

用語「光合成有効放射中の合計青色光の比率」は、光合成有効放射のうちの合計光量子束の割合として表された、青色光、すなわち400～500nmの範囲内にある光の合計光量子束を意味する。同様に、用語「光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率」は、光合成有効放射のうちの合計光量子束の割合として表された、遠赤色光、すなわち700～800nmの範囲内にある光の合計光量子束を意味する。光合成有効放射の合計光量子束は、好ましくは400～700nmの範囲で測定される。

【0046】

10

20

30

40

50

まず、植物に与えられる光合成有効放射の量、並びにそのうちの青色光及び遠赤色光の比率が判定される。この判定は、放射を測定することによって行われる。測定は、当技術分野で知られる任意の手段、例えば、分光放射計などの光センサによって行われる。或いは、光合成有効放射の量は、既知の変量及び推定変量に基づいて判定される。例えば、人工光だけがあり、日光がないとき、青色光、赤色光、及び遠赤色光を使用して植物に与えられる光合成有効放射の量は、それぞれの光の既知の出力のみに基づいて判定される。さらに、存在する場合、日光の量は、気象データなどのデータに基づいて推定される。しかし、光の「量」を直接測定することが好ましい。

【0047】

一態様では、少なくとも3つの別個の光センサが設けられ、各センサは、植物に与えられるP A R中のそれぞれ青色光、赤色光、及び遠赤色光の放射を測定するように個別に構成される。或いは、光センサは、青色光、赤色光、及び遠赤色光放射それぞれのレベルを測定するように構成される。或いは、光センサは、追加光が日光である場合に、追加光のみの量を測定するように設けられる。日光のスペクトルは既知であり、ある程度一定であるので(例えば図1の日光スペクトルを参照)、日光中の青色光、赤色光、及び遠赤色光それぞれの量を推定することができる。補助光によって提供される青色光、赤色光、及び遠赤色光それぞれの量も推定できる(補助光に提供されるエネルギーの関数として)。そのため、日光スペクトルの知識と、日光の光レベルを測定する光センサと、補助光によって提供される青色光、赤色光、及び遠赤色光それぞれの量の推定値とを用いて、植物に与えられるP A R中の青色光及び遠赤色光の比率を導出することができる。

10

【0048】

2番目に、合計P A Rのうちの割合としての青色光及び遠赤色光の比率が計算される。或いは、400~800nmの範囲内にある光のうちの割合としての青色光及び遠赤色光の比率が計算される。計算は当技術分野で知られる手段によって行われる。コントローラが、比率を計算するように構成されてもよい。

20

【0049】

3番目に、青色光源及び遠赤色光源の出力を変化させて、植物に与えられる光合成有効放射のうちの青色光の比率及び遠赤色光の比率が、それぞれ青色光及び遠赤色光の最小比率よりも大きくなるようにする。光源の出力の変化は、当技術分野で知られる方式でコントローラによって行われる。例えば、コントローラは、例えはそれぞれの光源に供給される電圧及び/又は電流を変化させることにより光源を適宜減光又は増光するよう適合された可変スイッチを備える。

30

【0050】

開示されるシステム、方法、コントローラにはL E Dランプが光源として使用されることが好ましい。そのため、青色光源、遠赤色光源、及び/又は赤色光源は各々L E Dランプとして提供されてよい。しかし、蛍光ランプなどの非L E Dランプが、開示されるシステム、方法、及びコントローラと共に使用されてもよいことが認識されよう。これは、そのようなシステムから得られるバイオマス収量の向上は、消費エネルギー量当たりの青色光及び遠赤色光の最小化と、赤色光の最大化からも見られるためである。

40

【0051】

本開示は、これらの要因を考慮に入れる、補助照明を最適化するシステムを提供する。補助光の青色光源及び/又は遠赤色光源の出力を動的に変化させて、1日のサイクルの間に、光合成有効放射(すなわち、補助光及び日光、又は日光がないときには補助光のみ)が、定義された最小値よりも各々大きい青色光及び遠赤色光の比率を含むようにする。それら比率が定義された最大値未満であることを保証することにより、補助照明はさらに最適化される。

【0052】

1日の間で補助照明が点灯しているときには常に、青色光源及び/又は遠赤色光源の出力を変化させて、光合成有効放射中の合計青色光の比率が f_B と呼ばれる一定の値を超えるように、且つ光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率が $f_F R$ と呼ばれる一定の値を超える

50

るようとする。

【0053】

青色光源及び／又は遠赤色光源の出力は、光量子束を単位として測定され、それぞれ

【数1】

$$F_B^{LED}$$

及び

【数2】

$$F_{FR}^{LED}$$

と定義される。

【0054】

一態様では、「光合成有効放射」が、PARによって定義されるチャネル、すなわち400～700nmの範囲内にある光を意味するとき、光合成有効放射のうちの青色比率及び遠赤色比率は、それぞれ

【数3】

$$F_B^{Total} / F_{PAR}^{Total}$$

及び

【数4】

$$F_{FR}^{Total} / F_{PAR}^{Total}$$

と定義される。

【0055】

本開示のこの態様によれば、

【数5】

$$F_B^{LED}$$

は、

【数6】

$$f_B < F_B^{Total} / F_{PAR}^{Total} < 27\%$$

となるように動的に変化させる。同様に、

【数7】

10

20

30

40

50

$$F_{FR}^{LED}$$

は、

【数8】

$$f_{FR} < F_{FR}^{Total} / F_{PAR}^{Total} < 37\%$$

10

となるように動的に変化させる。

【0056】

そのため、青色光源及び遠赤色光源の出力はそれぞれ、光合成有効放射中の合計青色光及び合計遠赤色光の比率の関数として変化させる。

【0057】

光合成有効放射中で植物に提供される合計青色光及び合計遠赤色光の量は最小にされる。これは、植物に与えられる光合成有効放射中の合計青色光及び/又は合計遠赤色光の比率がそれぞれ最小値 f_B 及び f_{FR} に可能な限り近くなるように、青色光源及び/又は遠赤色光源の出力を変化させることによって行われる。

20

【0058】

加えて、光合成有効放射中の合計青色光及び/又は合計遠赤色光の比率の最大値が設定される。光合成有効放射中の合計青色光の比率は、第1の最大値未満であるか、且つ/又は光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率は、第2の最大値未満である。

【0059】

光合成有効放射中の合計青色光の比率は最小値 f_B よりも大きく、最小値 f_B は、5%、6%、7%、8%、9%、10%、11%、12%、13%、14%、15%、16%、17%、18%、19%、20%、21%、22%、23%、24%、又は25%である。最小値の好ましい値は、5%、7%、9%、12%、又は15%である。最も好ましい値は15%である。光合成有効放射中の合計青色光の比率は最大値未満とする。最大値は27%とすることができる、これは、太陽光中で平均して観察される青色光の比率に対応する。必要な場合は、27%より高い比率を提供することが可能である。16%、18%、19%、20%、21%、又は22%など、他の最大比率が可能である。最大値の好ましい値は、20%、18%、又は16%である。或いは、最大値は、最小値 f_B よりも0.1%、0.2%、0.3%、0.5%、1%、2%、3%、4%、又は5%ポイント上の値に対応する。例えば、 f_B が15%であれば、 f_B よりも3%ポイント上は18%になる。

30

【0060】

開示されるシステム、方法、及びコントローラの利点は、エネルギー消費を最小にするために、最小値 f_B に可能な限り近くなるように光合成有効放射中の合計青色光の比率を変化させるとときに最も好適に実現される。

40

【0061】

光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率は最小値 f_{FR} よりも大きく、最小値 f_{FR} は、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%、11%、12%、13%、14%、15%、16%、17%、18%、19%、又は20%である。最小値の好ましい値は、4%、6%、8%、又は10%である。最も好ましい値は10%である。光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率は、最大値未満とする。最大値は36%とすることができる、これは、太陽光中で平均して観察される遠赤色光の比率に対応する。必要な場合は、36%より高い比率を提供することが可能である。13、14、15、16、又は17%など、他の最大比率が可能である。最大値の好ましい値は、15%、13%、又は11%である。或い

50

は、最大値は、最小値 f_{FR} よりも 0.1%、0.2%、0.3%、0.5%、1%、2%、3%、4%、又は 5% ポイント上の値に対応する。例えば、 f_{FR} が 10% で、最大値が f_{FR} よりも 3% ポイント上であれば、最大値は 13% になる。

【0062】

開示されるシステム、方法、及びコントローラの利点は、エネルギー消費を最小にするために、最小値 f_{FR} に可能な限り近くなるように合計遠赤色光の比率を変化させるときに最も好適に実現される。

【0063】

開示されるシステム、方法、及びコントローラの利点は、光合成有効放射のうち 15% の合計青色光の最小値と、10% の合計遠赤色光の最小値とが共に使用されるときに最も好適に実現される。しかし、13% の f_B 及び 8% の f_{FR} 、14% の f_B 及び 9% の f_{FR} 、16% の f_B 及び 11% の f_{FR} 、17% の f_B 及び 12% の f_{FR} 、並びに 18% の f_B 及び 13% の f_{FR} など、合計青色光及び遠赤色光の最小値の他の値が可能である。

10

【0064】

さらに、開示されるシステム、方法、及びコントローラの利点は、合計の青色光比率及び遠赤色光比率の両方が可能な限り f_B 及び f_{FR} に近く保たれるときに最も好適に実現され、それによりエネルギー消費が最小になる。例えば、利点は、青色比率及び遠赤色比率についての以下の最大値のペア、すなわち、それぞれ 16% と 11%、17% と 12%、18% と 13%、19% と 14%、及び 20% と 15% が使用されるときに実現される。

20

【0065】

一態様では、光合成有効放射中の合計青色光の比率は、第 1 の定数とする。光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率は、第 2 の定数とする。コントローラは、青色光源及び / 又は遠赤色光源の出力を変化させるように構成され、これは、コントローラが光それぞれの出力を継続的に変化させるときに、光合成有効放射中で青色光及び / 又は遠赤色光の一定の比率を提供するのに特に好適である。それぞれの比率が変動しないことを保証することにより（特に、必要以上に高く比率を増大させないことにより）、エネルギー使用が最小にされる。しかし、実際には、そのような値は、例えば、光センサや制御機構内の不精密さ、ノイズ、システム遅延等によって生じる、小さい変動を示し得ることが認識されよう。そのような小さい変動、例えば定数値以内の 0.1%、0.2%、0.3%、0.5%、1%、又は 1.5% ポイントの変動があっても、開示されるシステム、方法、及びコントローラの利点は得られる。

30

【0066】

このように、本開示は、最適な成長をエネルギーの最小の使用と両立させることを可能にする。

【0067】

十分な日光があり、植物に与えられる光合成有効放射が、最小値 f_B よりも大きい青色光の比率及び / 又は最小値 f_{FR} よりも大きい遠赤色光の比率を含むときには、人工光を使用して補助青色光又は遠赤色光を提供する必要はないことが認識されよう。その場合には、青色光及び遠赤色光は、青色光及び遠赤色光の比率が f_B 及び f_{FR} を下回るまで消灯しておくことができる。

40

【0068】

さらなる態様において、本開示は、追加光の存在下で植物を照光する方法を提供し、この方法は、青色光を提供するステップと、遠赤色光を提供するステップと、青色光と、遠赤色光と、追加光とを組み合わせて、植物を照光するためのある量の光合成有効放射を提供するステップと、追加光が変化するときに、光合成有効放射中の合計青色光の比率が第 1 の所定の最小値以上となるように青色光を変化させる、且つ / 又は、追加光が変化するときに、光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率が第 2 の所定の最小値以上となるように遠赤色光を変化させるステップと、を有する。

【0069】

50

さらなる態様において、本開示は、追加光の存在下で植物を照光する方法を提供し、この方法は、青色光を提供するステップと、遠赤色光を提供するステップと、青色光と、遠赤色光と、追加光とを組み合わせて、植物を照光するためのある量の光合成有効放射を提供するステップと、(i)追加光が変化するときに、光合成有効放射中の合計青色光の比率が第1の所定の最小値以上となるように青色光を自動的に変化させる、且つ/又は、(ii)追加光が変化するときに、光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率が第2の所定の最小値以上となるように遠赤色光を自動的に変化させるステップと、を有する。

【0070】

用語「自動的に」は、変化させる段階が人間によって行われるのではないことを意味する。例えば、機械的又は電気的装置が、人間による制御と関係なくそれらの段階を行うように構成される。そのような装置は、装置の設定時又は保守管理ときに何らかの人間による入力を必要とすることがあるが、それ以外では人間による入力なしに機能することができる。そのような機械的又は電気的装置は、本開示のコントローラなどのコントローラを構成する。

10

【0071】

さらなる態様において、光合成有効放射中の合計青色光の比率は第1の定数とし、この第1の定数は、第1の所定の最小値以上であるか、若しくは第1の所定の最小値以上、且つ第1の所定の最小値よりも1%ポイント上の値以下であり、及び/又は、光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率は第2の定数とし、この第2の定数は、第2の所定の最小値以上であるか、若しくは第2の所定の最小値以上、且つ第2の所定の最小値よりも1%ポイント上の値以下である。

20

【0072】

上記のシステムは、追加光の存在下で植物を照光する方法で使用するのに特に好適であることが認識されよう。したがって、本システムのすべての態様はそのような方法に組み込まれ得る。

【0073】

さらなる態様において、本開示は、青色光源及び遠赤色光源を備える照明器具に使用するためのコントローラを提供し、このコントローラは、光合成有効放射中の合計青色光の比率に対応する値、及び/又は光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率に対応する値を受信するように構成された第1の信号ポートであって、青色光と、遠赤色光と、追加光とが組み合わさって光合成有効放射を提供する、第1の信号ポートと、青色光源の出力及び/又は遠赤色光源の出力を制御するように構成された第2の信号ポートと、コンピュータ可読プログラムであって、実行されると、(i)追加光が変化するときに、光合成有効放射中の合計青色光の比率が第1の所定の最小値以上となるように青色光源の出力を変化させ、及び/又は、(ii)追加光が変化するときに、光合成有効放射中の合計遠赤色光の比率が第2の所定の最小値以上となるように遠赤色光源の出力を変化させる、コンピュータ可読プログラムと、を備える。

30

【0074】

コントローラは、個別に調光可能な青色光及び遠赤色光を備える任意の照明器具システムと組み合わせられてよい。例えば、開示されるシステム、方法、及びコントローラと共に使用するのに特に有用な照明器具システムは、個別に制御可能な青色、赤色、及び遠赤色チャネルを備えた、Philipsの「Philips GreenPowerリサーチモジュール」と呼ばれる、個別調光チャネルを備えた園芸栽培用の3チャネルLED照明器具である。

40

【0075】

さらなる態様において、本開示は、コンピュータ可読プログラムを内部に備えたコンピュータ可読記憶媒体を提供し、コンピュータ可読プログラムは、本開示によるシステム内で実行されると、本開示による方法を行う。

【0076】

特許請求される本発明を実施する際に、図面、本開示、及び添付の特許請求の範囲の考察

50

から、開示される実施形態に対する他の変形例が当業者により理解され、実施されることが可能である。特許請求の範囲では、単語「を含む」は他の要素又はステップを排除せず、不定冠詞「a」又は「a n」は複数形を排除しない。单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いくつかの項目の機能を実現する。ある手段が、相互に異なる従属請求項に記載されているという单なる事実は、それらの手段の組み合わせを有利に使用できないということを意味するものではない。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、光学記憶媒体や固体媒体などの適切な媒体に記憶及び／又は配布されるが、インターネット又は他の有線若しくは無線の遠隔通信システムを介してなど、他の形態で配布されることも可能である。特許請求の範囲の範囲に参照符号がある場合でも、範囲を限定するものとはみなすべきでない。

10

【0077】

本発明は、以下の非制限的な実施例により理解される。

【実施例】

【0078】

以下の実施例は、オランダの晴れた冬の日における典型的な温室に基づく。日の出と日没は、それぞれおよそ午前6時及び午後6時である。

【0079】

補助照明設備は、 $15 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{秒}$ の最大レベルの青色光、 $85 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{秒}$ の最大レベルの赤色光、及び $10 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{秒}$ の最大レベルの遠赤色光を提供することができる。青色チャネル及び遠赤色チャネルは調光可能である。

20

【0080】

この典型的な日の間に植物に与えられる各色チャネルの補助照明は、図2に示される通りである。補助照明は午前4ときに点灯され、午後10ときに再び消灯される（午前11ときに消灯される遠赤色チャネルを除く）。照明を突然消灯するのではなく、照明は、1日の終わりに遠赤色光だけを1時間余分に提供することにより、徐々に消灯される。

【0081】

合計PARに基づくと、最小比率である f_B 及び f_{FR} はそれぞれ15%及び10%である。設備は、青色比率及び遠赤色比率をそれぞれ15%及び10%まで最小にするよう、青色光及び遠赤色光の出力を変化させるように設定される。

30

【0082】

赤色チャネルは、光周期全体にわたって最大出力で点灯され、1日の間の光合成有効放射が植物の必要を満たすことを保証する。青色チャネル及び遠赤色チャネルは、日光成分が存在しないときに最大出力で点灯され（すなわち、午前4時から午前6時前後まで、及び午後6時から午後10時前後まで）、それによって f_B 及び f_{FR} の最小値を満たす。

【0083】

日が昇り、日光が光合成有効放射に寄与し始めるとすぐに、節電のために青色チャネル及び遠赤色チャネルが減光されるが、 f_B 及び f_{FR} についての制限条件は常に満たす。午前7時又は8時前後から、日光が十分な青色光及び遠赤色光を提供するようになり、 f_B 及び f_{FR} についての最低条件を満たす。したがって、補助の青色光及び遠赤色光を提供する必要はなくなり、そのため青色チャネル及び遠赤色チャネルが消灯される。

40

【0084】

これと逆のことが、1日の終わりに日光からの青色及び遠赤色の寄与が減り、 f_B 及び f_{FR} に関する条件を保証するために人工照明の青色チャネル及び遠赤色チャネルが補うときに発生する。

【0085】

図3に描かれる実験結果に関連して、表1に列挙される波長及び能力を持つLEDによって提供される青、赤、及び遠赤の色チャネルに基づく温室の補助照明について典型的な事例を再度考えたい。赤色光と比べて青色光及び遠赤色光が成長のために相対的に非効率的であることを実証する目的で、本発明者らは、2つのシナリオに予想される成長効率を定量化した。その結果を図3に示す。成長効率は、補助照明によって消費される1kWhの

50

エネルギー当たりに生成される新たなバイオマスの量として表されている。

【 0 0 8 6 】

一方のシナリオ（実線）では、青色光の比率である f_B を変化させる一方、遠赤色の比率である f_{FR} は 10 % に一定に保たれる。この場合、青色比率の変化は、青色、赤色、及び遠赤色の比率の合計が 100 % に等しくなるように、赤色比率 f_R がそれに等しく、しかし逆方向に変化することを示唆する。第 2 のシナリオ（破線）では、遠赤色比率を変化させる一方、青色比率は 15 % に一定に保たれる。遠赤色比率の変化は、青色、赤色、及び遠赤色の比率の合計が 100 % に等しくなるように、赤色比率がそれに等しく、しかし逆方向に変化することを示唆する。両シナリオとも、青色光の比率又は遠赤色光の比率を増すと成長効率が負の影響を受ける（すなわち低下する）ことを実証している。この主たる理由は、(i) $MCCR$ 曲線によると、赤色光は、青色光及び遠赤色光と比べて光合成のための効率が高いこと（図 1 参照）、及び (ii) 表 1 によると、青色光又は遠赤色光を発する LED の能力は、赤色光を発する LED よりも低いことである。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

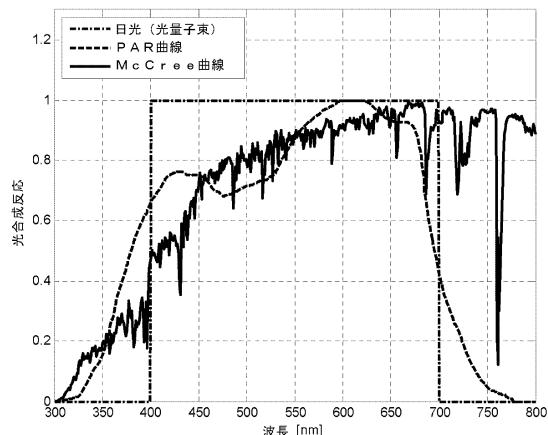


図 1

【図 2】

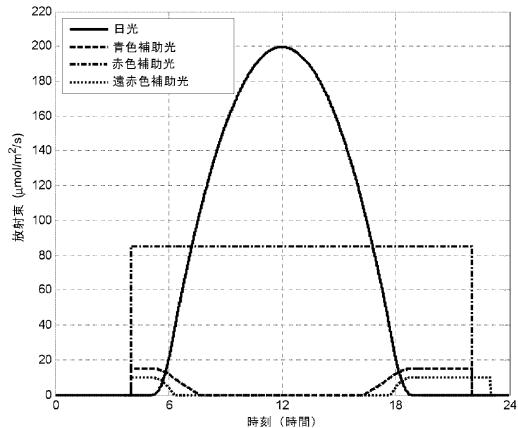


図 2

【図 3】

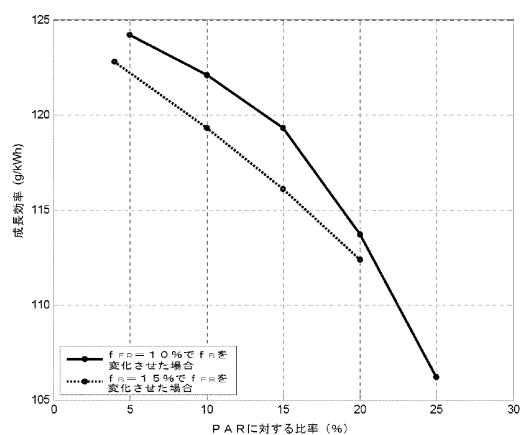


図 3

10

20

30

40

50

フロントページの続き

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 坂田 誠

(56)参考文献 特開2014-23473 (JP, A)

特開平10-178899 (JP, A)

特開2012-70727 (JP, A)

特開2007-282544 (JP, A)

特開2012-70642 (JP, A)

特表2016-518146 (JP, A)

特開2014-166178 (JP, A)

特開平6-209654 (JP, A)

特表2010-536156 (JP, A)

米国特許出願公開第2012/0218750 (US, A1)

国際公開第2016/113330 (WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

A01G 7/00