(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-127302
(P2017-127302A)
(43)公開日　平成29年7月27日(2017.7.27)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
A01G 9/20	(2006.01)	A01G 9/20	B	2B022
A01G 7/00	(2006.01)	A01G 7/00	601B	2B029
A01G 7/02	(2006.01)	A01G 7/02		
A01G 9/18	(2006.01)	A01G 9/18		

審査請求 未請求　請求項の数 12　ＯＬ　（全 16 頁）

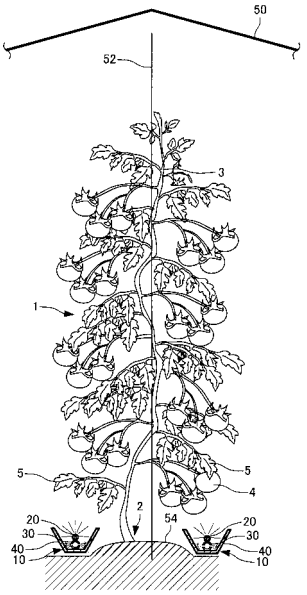
(21)出願番号　特願2016-196429 (P2016-196429)
(22)出願日　平成28年10月4日 (2016.10.4)
(31)優先権主張番号　特願2016-6283 (P2016-6283)
(32)優先日　平成28年1月15日 (2016.1.15)
(33)優先権主張国　日本国 (JP)

(71)出願人　000166432
戸田建設株式会社
東京都中央区京橋１丁目７番１号
(74)代理人　100090387
弁理士　布施　行夫
(74)代理人　100090398
弁理士　大渕　美千栄
(72)発明者　中島　広志
東京都中央区京橋一丁目７番１号　戸田建設株式会社内
(72)発明者　三浦　玄太
東京都中央区京橋一丁目７番１号　戸田建設株式会社内

Ｆターム(参考)　2B022 DA05　DA12
2B029 JA02　KB01　KB03

(54)【発明の名称】植物生育促進装置、該植物生育促進装置を用いた植物生育促進システム、及び植物生育促進方法

(57)【要約】
【課題】　施設園芸農業において植物の光合成を促進する植物生育促進装置、該植物生育促進装置を用いた植物生育促進システム、及び植物生育促進方法を提供することを目的とする。
【解決手段】　本発明に係る植物生育促進装置１０は、施設園芸農業において植物１の光合成を促進する植物生育促進装置である。植物生育促進装置１０は、植物１に対して下方から光を照射する発光部２０と、植物１に対して二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給部３０と、発光部２０で発光した光を反射させて植物１を下方から照らす反射部４０と、を含む。反射部４０は、二酸化炭素供給部３０から放出された二酸化炭素を発光部２０の光で照射された植物１の部分に誘導する。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
施設園芸農業において植物の光合成を促進する植物生育促進装置であって、
植物に対して下方から光を照射する発光部と、
植物に対して二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給部と、
前記発光部で発光した光を反射させて植物を下方から照らす反射部と、
を含み、
前記反射部は、前記二酸化炭素供給部から放出された二酸化炭素を前記発光部の光で照射された植物の部分に誘導することを特徴とする、植物生育促進装置。
【請求項２】
請求項１において、
前記反射部は、前記発光部及び前記二酸化炭素供給部を挟んで対向して配置する２つの反射面を有し、
前記２つの反射面は、下方から上方へ向かって互いの間隔が徐々に広がるように配置され、
前記二酸化炭素供給部は、前記発光部の下方に配置されることを特徴とする、植物生育促進装置。
【請求項３】
請求項１又は２において、
前記二酸化炭素供給部は、筒の内側に形成された輸送路と、該筒の壁を貫通する複数の放出孔と、を含み、
前記放出孔から放出された二酸化炭素が前記反射部に衝突して流れる方向が制限されることを特徴とする、植物生育促進装置。
【請求項４】
請求項１～３のいずれか１項において、
前記二酸化炭素供給部は、前記反射部の長手方向に沿って延びるカバー部の内側に配置され、
前記カバー部は、前記二酸化炭素供給部から放出された二酸化炭素が通過する複数の貫通孔を有し、
前記発光部は、前記カバー部に固定された複数のＬＥＤを含むことを特徴とする、植物生育促進装置。
【請求項５】
請求項１～４のいずれか１項において、
前記発光部は、複数のＬＥＤを有するテープ型ＬＥＤであることを特徴とする、植物生育促進装置。
【請求項６】
請求項１～４のいずれか１項において、
前記発光部は、フレキシブルチューブの内部に複数のＬＥＤを有することを特徴とする、植物生育促進装置。
【請求項７】
請求項１～６のいずれか１項において、
前記植物生育促進装置は、植物の根元付近に配置されることを特徴とする、植物生育促進装置。
【請求項８】
請求項１～６のいずれか１項に記載の前記植物生育促進装置を複数有し、
複数の前記植物生育促進装置を異なる高さ位置に配置することを特徴とする、植物生育促進システム。
【請求項９】
請求項１～６のいずれか１項に記載の前記植物生育促進装置を、植物の生育過程に合わせて複数の異なる高さ位置に移動して配置可能であることを特徴とする、植物生育促進シ

ステム。
【請求項１０】
請求項１～６のいずれか１項に記載の前記植物生育促進装置を、植物の根元付近に配置して、前記発光部の光と前記二酸化炭素供給部の二酸化炭素とを植物の根元付近から上方に向かって植物に供給することを特徴とする、植物生育促進方法。
【請求項１１】
請求項１～６のいずれか１項に記載の前記植物生育促進装置を複数個用意し、複数の異なる高さ位置に前記植物生育促進装置を配置し、前記発光部の光と前記二酸化炭素供給部の二酸化炭素とを植物に対して下方から上方に向かって供給することを特徴とする、植物生育促進方法。
【請求項１２】
請求項１～６のいずれか１項に記載の前記植物生育促進装置を、植物の生育過程に合わせて複数の異なる高さ位置に移動して配置し、前記発光部の光と前記二酸化炭素供給部の二酸化炭素とを植物に対して下方から上方に向かって供給することを特徴とする、植物生育促進方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、施設園芸農業において植物の光合成を促進する、植物生育促進装置、該植物生育促進装置を用いた植物生育促進システム、及び植物生育促進方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、施設園芸農業において、栽培施設内に炭酸ガスを供給して光合成を促す装置が知られている。例えば、栽培施設内の植物へのＣＯ$_2$使用に当たり、ＣＯ$_2$排出源から回収したＣＯ$_2$をいったん貯蔵容器に蓄え、この貯蔵容器から必要な時と場所へＣＯ$_2$を供給するＣＯ$_2$供給システムが提案されている（特許文献１を参照）。このような施設内全体にＣＯ$_2$を供給する場合、太陽光が十分に当たっていない植物の部分では光合成が促進されず、ＣＯ$_2$の一部が無駄になっている。
【０００３】
また、例えば圃場、温室、植物工場、または培養液を入れた藻類の培養タンクなどの、栽培施設向けの炭酸ガス制御装置が提案されている（特許文献１を参照）。この装置は、植物の近傍に、炭酸ガス供給手段に接続した気体供給パイプを配備し、気体供給パイプから離れた植物過疎領域の炭酸ガス濃度が規定値を超えたら炭酸ガス供給手段からの炭酸ガス供給量を絞るというものである。このような装置であれば炭酸ガスの無駄は減らせるものの、太陽光を作物に効率的に照射する工夫については考慮されていない。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２０１２－１４７７５２号公報
【特許文献２】特開２０１５－４３７１１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
本発明は、施設園芸農業において植物の光合成を促進する植物生育促進装置、該植物生育促進装置を用いた植物生育促進システム、及び植物生育促進方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明は上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の態様または適用例として実現することができる。

【０００７】
［適用例１］
本適用例に係る植物生育促進装置は、
施設園芸農業において植物の光合成を促進する植物生育促進装置であって、
植物に対して下方から光を照射する発光部と、
植物に対して二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給部と、
前記発光部で発光した光を反射させて植物を下方から照らす反射部と、
を含み、
前記反射部は、前記二酸化炭素供給部から放出された二酸化炭素を前記発光部の光で照射された植物の部分に誘導することを特徴とする。
【０００８】
本適用例によれば、二酸化炭素と共に光を照射することで、施設園芸農業において植物の光合成を促進させることができる。特に、本適用例によれば、太陽光が届きにくい植物の部分であっても下方から光を照射することができ、しかもその光が照射された部分に二酸化炭素を供給することで、植物の光合成を促進させることができる。
【０００９】
［適用例２］
本適用例に係る植物生育促進装置において、
前記反射部は、前記発光部及び前記二酸化炭素供給部を挟んで対向して配置する２つの反射面を有し、
前記２つの反射面は、下方から上方へ向かって互いの間隔が徐々に広がるように配置され、
前記二酸化炭素供給部は、前記発光部の下方に配置することができる。
【００１０】
本適用例によれば、上方へ向かって互いの間隔が徐々に広がる２つの反射面によって発光部の光を上方へ集光すると共に、二酸化炭素を反射面に沿って上方へ導くことができる。また、本適用例によれば、二酸化炭素供給部が発光部の下方に配置されているため、発光部から上方へ向かう光を二酸化炭素供給部で遮ることがなく、効率的に光を植物に供給できる。
【００１１】
［適用例３］
本適用例に係る植物生育促進装置において、
前記二酸化炭素供給部は、筒の内側に形成された輸送路と、該筒の壁を貫通する複数の放出孔と、を含み、
前記放出孔から放出された二酸化炭素が前記反射部に衝突して流れる方向が制限されることができる。
【００１２】
本適用例によれば、放出孔から放出された二酸化炭素が反射部に衝突して流れる方向が制限されるように二酸化炭素供給部を配置することで、二酸化炭素が拡散することを防止して二酸化炭素を光合成に効率よく利用することができる。
【００１３】
［適用例４］
本適用例に係る植物生育促進装置において、
前記二酸化炭素供給部は、前記反射部の長手方向に沿って延びるカバー部の内側に配置され、
前記カバー部は、前記二酸化炭素供給部から放出された二酸化炭素が通過する複数の貫通孔を有し、
前記発光部は、前記カバー部に固定された複数のＬＥＤを含むことができる。
【００１４】
本適用例によれば、二酸化炭素供給部はカバー部の内側で所望の位置に配置することが

できる。また、本適用例によれば、カバー部の貫通孔を通過する二酸化炭素によってカバー部に固定された複数のＬＥＤを効率よく冷却することができる。

【００１５】

［適用例５］

本適用例に係る植物生育促進装置において、

前記発光部は、複数のＬＥＤを有するテープ型ＬＥＤであることができる。

【００１６】

本適用例によれば、光源としてＬＥＤを用いることでランニングコストの低減を図ることができ、テープ型ＬＥＤを用いることで、植物生育促進装置における発光部の取付位置の自由度を向上させることができる。

【００１７】

［適用例６］

本適用例に係る植物生育促進装置において、

前記発光部は、フレキシブルチューブの内部に複数のＬＥＤを有することができる。

【００１８】

本適用例によれば、光源としてＬＥＤを用いることでランニングコストの低減を図ることができ、フレキシブルチューブの内部に複数のＬＥＤを有することで、施設内における発光部の敷設の自由度を向上させることができる。

【００１９】

［適用例７］

本適用例に係る植物生育促進装置において、

前記植物生育促進装置は、植物の根元付近に配置されることができる。

【００２０】

本適用例によれば、太陽光が届きにくい植物の根元付近に植物生育促進装置を配置することで、植物の根元に近い葉にも光を供給することができ、しかも、光の供給と共に二酸化炭素も供給することで、通常光合成が行われにくい部分であっても、光合成を促進させることができる。

【００２１】

［適用例８］

本適用例に係る植物生育促進システムは、

前記適用例に係る植物生育促進装置を複数有し、

複数の前記植物生育促進装置を異なる高さ位置に配置することを特徴とする。

【００２２】

本適用例によれば、比較的背の高い植物であっても、植物生育促進装置を多段に配置することで、全体で効率よく光合成を促進させることができる。

【００２３】

［適用例９］

本適用例に係る植物生育促進システムは、前記適用例に係る植物生育促進装置を、植物の生育過程に合わせて複数の異なる高さ位置に移動して配置可能であることを特徴とする。

【００２４】

本適用例によれば、植物の生育過程に合わせて植物生育促進装置を適宜移動して配置できるため、所望の植物の部分で光合成を促進させることができる。

【００２５】

［適用例１０］

本適用例に係る植物生育促進方法は、

前記適用例に係る植物生育促進装置を、植物の根元付近に配置して、前記発光部の光と前記二酸化炭素供給部の二酸化炭素とを植物の根元付近から上方に向かって植物に供給することを特徴とする。

【００２６】

本適用例によれば、太陽光が届きにくい植物の根元付近に植物生育促進装置を配置することで、植物の根元に近い葉にも光を供給することができ、しかも、光の供給と共に二酸化炭素も供給することで、通常光合成が行われにくい部分であっても、光合成を促進させることができる。

【００２７】

［適用例１１］

本適用例に係る植物生育促進方法は、

前記適用例に係る植物生育促進装置を複数個用意し、複数の異なる高さ位置に前記植物生育促進装置を配置し、前記発光部の光と前記二酸化炭素供給部の二酸化炭素とを植物に対して下方から上方に向かって供給することを特徴とする。

【００２８】

本適用例によれば、比較的背の高い植物であっても、植物生育促進装置を多段に配置することで、全体で効率よく光合成を促進させることができる。

【００２９】

［適用例１２］

本適用例に係る植物生育促進方法は、

前記適用例に係る植物生育促進装置を、植物の生育過程に合わせて複数の異なる高さ位置に移動して配置し、前記発光部の光と前記二酸化炭素供給部の二酸化炭素とを植物に対して下方から上方に向かって供給することを特徴とする。

【００３０】

本適用例によれば、植物の生育過程に合わせて植物生育促進装置を適宜移動して配置できるため、所望の植物の部分で光合成を促進させることができる。

【図面の簡単な説明】

【００３１】

【図１】一実施形態に係る植物生育促進装置の斜視図である。

【図２】図１の植物生育促進装置の縦断面図である。

【図３】一実施形態に係る植物生育促進方法を説明する図である。

【図４】変形例１に係る植物生育促進システムを説明する正面図である。

【図５】変形例２に係る植物生育促進装置の斜視図である。

【図６】変形例２に係る植物生育促進装置の縦断面図である。

【図７】変形例３に係る植物生育促進装置の縦断面図である。

【図８】実施例１における植物生育促進装置の光合成有効光量子束密度のグラフである。

【図９】実施例１における植物生育促進装置の光合成有効光量子束密度のグラフである。

【図１０】実施例２における植物生育促進装置の光合成有効光量子束密度のグラフである。

【図１１】実施例２における植物生育促進装置の光合成有効光量子束密度のグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００３２】

以下、本発明の好適な実施形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また、以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【００３３】

１．植物生育促進装置

図１及び図２を用いて、植物生育促進装置１０について説明する。図１は一実施形態に係る植物生育促進装置１０の斜視図であり、図２は図１の植物生育促進装置１０を正面から見た縦断面図である。

【００３４】

本実施形態に係る植物生育促進装置１０は、施設園芸農業において植物の光合成を促進

する植物生育促進装置１０であって、植物に対して下方から光を照射する発光部２０と、植物に対して二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給部３０と、発光部２０で発光した光を反射させて植物を下方から照らす反射部４０と、を含み、反射部４０は、二酸化炭素供給部３０から放出された二酸化炭素を発光部２０の光で照射された植物の部分に誘導することを特徴とする。

【００３５】

施設園芸農業は、園芸用ガラス室やハウス等の園芸用施設内で行われる例えば野菜、花き及び果樹等の植物を栽培する園芸農業である。

【００３６】

園芸用ガラス室は、ガラスで被覆された施設で、その中で栽培される作物の管理等を人が通常の作業姿勢でその中に入ったまま行いうる棟高を有するものである。ハウスは、塩化ビニルフィルム、ポリエチレンフィルム、硬質プラスチックフィルム、硬質プラスチック板等のガラス以外のもので被覆された施設で、その中で栽培される作物の管理等を人が通常の作業姿勢でその中に入ったまま行いうる棟高を有するものである。

【００３７】

通常、施設園芸農業においては、日中は太陽光で、夜間は必要に応じて投光器等で植物の光合成を促進している。通常、限られた施設設置面積内で植物を栽培するため、施設の天井付近の植物の部分は十分な光が当たるが、植物の根元部分に近づくにつれて光が当たりにくくなる傾向がある。

【００３８】

また、通常、施設園芸農業においては、植物の光合成を促進するために、対象となる植物が光合成を行うために必要な量の二酸化炭素を施設内に供給することが望ましい。

【００３９】

図１及び図２に示すように、植物生育促進装置１０は、発光部２０と、二酸化炭素供給部３０と、反射部４０と、を含む。

【００４０】

発光部２０は、植物に対して下方から光を照射する。発光部２０は、植物が光合成を行う光を照射するものであればよい。発光部２０の光源としては、例えば、高圧ナトリウムランプ、白色蛍光灯、白熱電球、水銀ランプ、発光ダイオード（light emitting diode、以下「ＬＥＤ」という）等を採用することができる。

【００４１】

光合成に最適な波長は、植物の種類や生育段階によって異なるものの、波長が４００ｎｍ～７００ｎｍの光が有効であり、光合成の作用が高くなる波長が６１０ｎｍ～７８０ｎｍの赤色光を含むことが望ましい。発光部２０の光源は、光合成の作用を考慮して、その植物の種類等に対して効果の高い波長の光を組み合わせて用いることができる。

【００４２】

発光部２０は、フレキシブルチューブ２１の内部に複数のＬＥＤ２２を有する。光源としてＬＥＤ２２を用いることでランニングコストの低減を図ることができ、フレキシブルチューブ２１の内部に複数のＬＥＤ２２を有することで、施設内における発光部２０の敷設の自由度を向上させることができる。又、フレキシブルチューブ２１が防水機能を備えていることが望ましい。施設内での散水により電子部品であるＬＥＤ２２に影響が及ぶことを防止できるからである。フレキシブルチューブ２１は、合成樹脂製又は合成ゴム製の透明なチューブであり、例えばポリ塩化ビニル、シリコーンゴム等を用いることができる。

【００４３】

発光部２０は、主に上方へ向かって光が出射されるように植物生育促進装置１０に配置される。「上方」とは、植物生育促進装置１０を施設に設置した状態における発光部２０の上方であり、発光部２０の水平方向よりも上方を含む。発光部２０は、発光部２０の水平方向より下方へ向かう光を含んでもよい。実施形態の説明において、「上・下」は植物生育促進装置１０を設置した状態における上・下である。

【００４４】
又、発光部２０は、外周の全方向に光を出射するものであってもよい。上方を除く方向へ出射された光は反射部４０によって上方へ反射すればよいからである。
【００４５】
二酸化炭素供給部３０は、植物に対して二酸化炭素を供給する。二酸化炭素の供給源は、二酸化炭素ボンベであってもよいし、灯油などを燃焼させて燃焼時に発生する二酸化炭素であってもよい。
【００４６】
二酸化炭素供給部３０は、発光部２０の下方に配置される。二酸化炭素供給部３０が発光部２０の下方に配置されることで、発光部２０から上方へ向かう光を二酸化炭素供給部３０で遮ることがなく、効率的に光を植物に供給できる。二酸化炭素は、放出されると短時間で施設内に拡散してしまうため、光合成が行われている部分に向けて供給されることが望ましい。発光部２０と二酸化炭素供給部３０とが上下に重ねて配置されることで、光が供給される植物の部分に二酸化炭素が供給されるため、二酸化炭素が効率よく光合成で消費される。
【００４７】
二酸化炭素供給部３０は、筒３１の内側に形成された輸送路３４と、該筒３１の壁３２を貫通する複数の放出孔３３と、を含む。二酸化炭素は、輸送路３４を流れて施設内に運ばれ、放出孔３３から放出されて植物に供給される。放出孔３３から放出された二酸化炭素が反射部４０に衝突して流れる方向が制限されるように二酸化炭素供給部３０を配置する。このように配置することで、二酸化炭素が拡散することを防止して二酸化炭素を光合成に効率よく利用することができる。
【００４８】
筒３１は、合成樹脂製又は合成ゴム製であることができ、施設を容易にするため、容易に屈曲可能な柔軟な材質を用いることができる。放出孔３３は、筒３１の長手方向に沿って複数個所に設けられる。放出孔３３は、植物生育促進装置１０に配置された状態で、反射面４１，４２に対向する壁３２に開口する。反射面４１，４２に放出した二酸化炭素を衝突させるためである。なお、反射面４１，４２については後述する。又、放出孔３３の位置は、反射部４０及び発光部２０に開口を塞がれない位置である。このような位置にするのは、二酸化炭素供給部３０の上には発光部２０があるからである。
【００４９】
反射部４０は、発光部２０で発光した光を反射させて植物を下方から照らす。反射部４０は、二酸化炭素供給部３０から放出された二酸化炭素を発光部２０の光で照射された植物の部分に誘導する。太陽光が届きにくい植物の部分であっても下方から光を照射することができ、しかも二酸化炭素もその光が照射された部分に供給されるので、植物の光合成を促進させることができる。
【００５０】
反射部４０は、発光部２０及び二酸化炭素供給部３０を挟んで対向して配置する２つの反射面４１，４２を有する。２つの反射面４１，４２は、下方から上方へ向かって互いの間隔が徐々に広がるように配置される。上方へ向かって互いの間隔が徐々に広がる２つの反射面４１，４２によって発光部２０の光を上方へ集光すると共に、二酸化炭素を反射面４１，４２に沿って上方へ導くことができる。２つの反射面４１，４２が上方へ向かって互いの間隔が徐々に広がる形態は一例であって、２つの反射面４１，４２は、光の拡散方向を意図した範囲に制限できるように、反射面４１，４２の角度や大きさが調整される。
【００５１】
反射部４０は、底面４３と、底面４３の両端から上方へ延びる２つの反射面４１，４２と、を含む。底面４３の上には二酸化炭素供給部３０が載置され、二酸化炭素供給部３０の上には発光部２０が載置される。底面４３には支持部４４，４５が固定され、支持部４４と支持部４５との間に二酸化炭素供給部３０と発光部２０が重ねて配置される。支持部４４，４５は、上から二酸化炭素供給部３０及び発光部２０を押し込む際に広がるように

変形する、可撓性のある部材で形成される。支持部４４，４５は、反射部４０の長手方向に所定間隔を隔てて複数個所に設けられる。

【００５２】

反射部４０は、発光部２０及び二酸化炭素供給部３０の長手方向に延びる溝型の樋のような形状を有する。反射部４０の縦断面形状は、図２に示すような逆台形型であってもよく、例えば、半円弧型、Ｕ字型、Ｖ字型等であってもよい。又、反射部４０の縦断面形状は、より集光することで光合成を促進させるために、上方へ向かって互いの間隔が徐々に狭まるように配置されてもよい。発光部４０の縦断面形状は、対象となる植物の種類や栽培形態等に適合するように複数の異なる形態の反射部４０を用意して、その中から選択して使用してもよい。

【００５３】

反射面４１，４２は、二酸化炭素供給部３０よりも上方まで延在する。より具体的には、反射面４１，４２は放出孔３３よりも上方まで延在する。放出孔３３から放出された二酸化炭素を二酸化炭素供給部３０より上方へと反射面４１，４２に沿って導くためである。

【００５４】

反射面４１，４２は、発光部２０よりも上方まで延在する。発光部２０の側方に出射された光を反射して発光部２０より上方を反射光で照射するためである。反射面４１，４２は、光を効率よく反射する材質であることが望ましい。反射面４１，４２は、高反射率を有する反射シートを貼り付けてもよいし、反射部４０がアルミニウムやステンレス等の金属であればその内表面を鏡面仕上げにしてもよい。

【００５５】

又、反射部４０の底面４２には水抜きの孔があるのが望ましい。施設内での散水により発光部２０及び二酸化炭素供給部３０の機能に影響が及ぶことを防止できるからである。

【００５６】

２．植物生育促進方法

図３を用いて植物生育促進方法について説明する。図３は、一実施形態に係る植物生育促進方法を説明する図である。

【００５７】

一実施形態に係る植物生育促進方法は、植物生育促進装置１０を、植物１の根元２付近に配置して、発光部２０の光と二酸化炭素供給部３０の二酸化炭素とを植物１の根元２付近から上方に向かって植物１に供給することを特徴とする。

【００５８】

図３に示すように、植物１は、ハウス５０内で、地面５４（畝）から上方へ延びる紐５２に主軸３を固定されて栽培されている。紐５２は、図示しない固定手段でハウス５０内の所定の高さで保持されている。植物１の固定方法は、公知の方法を採用できる。

【００５９】

植物１は、施設園芸農業で栽培されるものであれば特に限定されず、野菜、花き及び果樹等である。図１では、植物１としてトマトの栽培を図示する。

【００６０】

植物１は、地面５４から出た主軸３が根元２から上方へ延び、主軸３に沿って多数の実４及び葉５を有する。

【００６１】

植物１は、図３の前後方向（畝に沿って）に複数本（図示しない）が並べて栽培されている。前述した植物生育促進装置１０を、植物１の根元２付近に配置する。ここでは、複数の植物１が並んで栽培される方向に沿うように、植物生育促進装置１０の長手方向を配置している。植物１の根元２を挟んで左右両側に植物生育促進装置１０，１０を配置しているが、植物生育促進装置１０は左右いずれか一方であってもよい。

【００６２】

植物生育促進装置１０は、発光部２０の光と二酸化炭素供給部３０の二酸化炭素とを植

物１の根元２付近から上方に向かって植物１に供給する。このように、太陽光が届きにくい植物１の根元２付近に植物生育促進装置１０，１０を配置することで、植物１の根元２に近い葉５にも光を供給することができ、しかも、光の供給と共に二酸化炭素も供給することで、通常光合成が行われにくい部分であっても、光合成を促進させることができる。

【００６３】

なお、葉５における光合成は、光が当たる部分が葉５の上面であっても下面であっても効果に大きな差が無いことが知られている。

【００６４】

植物生育促進装置１０の発光部２０から出射された直接光は上方にある葉５に照射され、又、反射面４１，４２で反射された反射光も上方にある葉５に照射される。最も根元２に近い部分の葉５に最も強い光が照射される。

【００６５】

植物生育促進装置１０の二酸化炭素供給部３０から放出された二酸化炭素は、反射面４１，４２に衝突して上方へ誘導され、発光部２０の光が照射されている葉５に供給される。二酸化炭素は、大気中に放出されるとすぐに拡散してしまうが、このように反射面４１，４２によって拡散を防止し、所定の方向（光のあたっている葉及びその近傍）へ誘導することで、効率よく葉５における光合成を促進させることができる。

【００６６】

３．植物生育促進システム

図４を用いて、植物生育促進システム１２について説明する。図４は、植物生育促進システム１２を説明する正面図である。

【００６７】

一実施形態に係る植物生育促進システム１２は、植物生育促進装置１０を複数有し、複数の植物生育促進装置１０を異なる高さ位置に配置することを特徴とする。植物生育促進システム１２によれば、比較的背の高い植物１であっても、植物生育促進装置１０を多段に配置することで、全体で効率よく光合成を促進させることができる。

【００６８】

図４に示すように、植物生育促進システム１２は、地面５４から鉛直方向に延びる支柱１６と、支柱１６から水平方向に延びる複数個の台座１５と、を含む、架台１４である。架台１４は、植物１が植えられている畝に沿って所定間隔に複数個が並んで配置され、隣の台座１５との間に掛け渡されるように植物生育促進装置１０が載置される。異なる高さ位置に設けられた各台座１５上には植物生育促進装置１０が載置される。

【００６９】

一実施形態に係る植物生育促進方法は、植物生育促進システム１２を用いて行うことができる。図４に示すように、植物生育促進方法は、植物生育促進装置１０を複数個（ここでは４個）用意し、複数の異なる高さ位置に植物生育促進装置１０を配置し、発光部２０の光と二酸化炭素供給部３０の二酸化炭素とを植物１に対して下方から上方に向かって供給することを特徴とする。この方法によれば、比較的背の高い植物１であっても、植物生育促進装置１０を多段に配置することで、全体で効率よく光合成を促進させることができる。

【００７０】

４．変形例１

変形例１に係る植物生育促進システムは、植物生育促進装置１０を、植物１の生育過程に合わせて複数の異なる高さ位置に移動して配置可能であることを特徴とする。変形例１に係る植物生育促進システムによれば、植物１の生育過程に合わせて適宜植物生育促進装置１０を移動して配置できるため、所望の植物１の部分で光合成を促進させることができる。

【００７１】

変形例１に係る植物生育促進システムは、図４に示した架台１４を用いることができる。例えば、最初に、一番下の台座１５上に植物生育促進装置１０を載置して、植物１の根

元２付近の葉５の光合成を促進させ、根元２付近を生育する。次に、植物生育促進装置１０を下から番目の台座１５上に移動し、植物１の対応部分の葉５の光合成を促進させ、植物１の対応部分を生育する。さらに、その上の台座１５へと徐々に植物１の生育過程に合わせて植物生育促進装置１０を移動して配置する。

【００７２】

変形例１に係る植物生育促進方法は、植物生育促進装置１０を、植物１の生育過程に合わせて複数の異なる高さ位置に移動して配置し、発光部２０の光と二酸化炭素供給部３０の二酸化炭素とを植物１に対して下方から上方に向かって供給することを特徴とする。変形例１に係る植物生育促進方法によれば、植物１の生育過程に合わせて適宜植物生育促進装置１０を移動して配置できるため、所望の植物１の部分で光合成を促進させることができる。

【００７３】

５．変形例２

図５及び図６を用いて、変形例２に係る植物生育促進装置１００について説明する。図５は変形例２に係る植物生育促進装置１００の斜視図であり、図６は変形例２に係る植物生育促進装置１００の縦断面図である。

【００７４】

図５及び図６に示すように、変形例２に係る植物生育促進装置１００は、発光部２０と、二酸化炭素供給部３０と、反射部４０と、を含み、基本的な構成は図１等を用いて説明した植物生育促進装置１０と同様である。以下の説明では植物生育促進装置１０と同様の構成についての重複する説明は省略する。

【００７５】

植物生育促進装置１００は、二酸化炭素供給部３０が反射部４０の長手方向に沿って延びるカバー部１４４の内側に配置される。カバー部１４４は、二酸化炭素供給部３０の筒３１を少なくとも図５における左右両側及び上側から覆うように形成される。カバー部１４４の下端は、反射部４０の底面４３に固定してもよい。このようにすることで二酸化炭素供給部３０の筒３１が例えばフレキシブルチューブであっても、カバー部１４４を上から被せるだけでカバー部１４４の内側で筒３１の移動を制限することができ、筒３１を所定位置に配置することができる。

【００７６】

カバー部１４４は、二酸化炭素供給部３０から放出された二酸化炭素が通過する複数の貫通孔を有する。二酸化炭素供給部３０には複数の放出孔３３が設けられているため、放出孔３３から放出された二酸化炭素をカバー部１４４の内側から効率よく排出するためである。図５及び図６では、カバー部１４４が網状体で形成されている。したがって、カバー部１４４の内側に放出された二酸化炭素を、カバー部１４４の全体に形成された網の目から二酸化炭素を効率よく排出できる。カバー部１４４は、網状体に限らず、例えば複数の孔が形成されたパンチングメタルを用いることもできる。

【００７７】

図６に示すように、カバー部１４４は、縦断面が矩形状であり、上面１４５及び筒３１の左右に配置された側面１４６，１４７を有する。上面１４５を設けることで、テープ型ＬＥＤ１２１を貼り付けるのに有利であるからである。また、カバー部１４４は縦断面の形状が矩形状に限らず、半円形であってもよいし、多角形であってもよい。

【００７８】

発光部２０は、カバー部１４４に固定された複数のＬＥＤ１２２を含む。発光部２０は、例えば、複数のＬＥＤ１２２を有するテープ型ＬＥＤ１２１であることができる。光源としてＬＥＤ１２２を用いることでランニングコストの低減を図ることができ、テープ型ＬＥＤ１２１を用いることで、植物生育促進装置１００における発光部２０の取付位置の自由度を向上させることができる。

【００７９】

テープ型ＬＥＤ１２１は、例えばフレキシブル基板に複数のＬＥＤ１２２（ＬＥＤチッ

プ）が取り付けられたＬＥＤテープ、テープＬＥＤなどの市販のものを使用することができる。テープ型ＬＥＤ１２１は、チューブ型ＬＥＤに比べると高出力のものを選択できるため、植物の生育に有利である。ここで、「テープ型」とは、幅が狭く、長い帯状の形態をいう。テープ型ＬＥＤ１２１は、テープの一方の面に複数のＬＥＤ１２２が実装されている。

【００８０】

テープ型ＬＥＤ１２１は、カバー部１４４の上面１４５の上に両面テープ等で貼り付けて固定することができる。カバー部１４４の上面にテープ型ＬＥＤ１２１を配置することで、ＬＥＤ１２２の発光を効率よく上方へ向けることができる。テープ型ＬＥＤ１２１のＬＥＤ１２２はテープの一方の面に発光面を有するからである。図５及び図６では、４本のテープ型ＬＥＤ１２１が上面１４５に固定されているが、４本に限らない。テープ型ＬＥＤ１２１の本数を増減することにより、所望の光の強さを調整することができる。テープ型ＬＥＤ１２１は、フレキシブル基板の周囲をシリコン等の高分子によってカバーされた防滴型または防水型のものが好ましい。植物に供給する水による故障を防止するためである。

【００８１】

ＬＥＤ１２２は高出力になると発熱も多くなるが、カバー部１４４の貫通孔を通過する二酸化炭素によってカバー部１４４に固定された複数のＬＥＤ１２２を効率よく冷却することができる。カバー部１４４は、金属製網状体によって形成されることが好ましい。熱伝導率を高くして、冷却効率を高めるためである。カバー部１４４は、植物への給水による錆びを考慮して、例えばステンレス製とすることができる。

【００８２】

反射部４０は、反射面４１，４２の角度θを変更できるように、反射面４１，４２と底面４３との間に例えば図示しないヒンジを設けてもよい。反射面４１，４２の角度θを変更することにより、対象とする植物に応じて、植物生育促進装置１００の上方における所望の光量子量の範囲を調整することができるからである。

【００８３】

また、対象とする植物に応じて、植物生育促進装置１００が設置される位置から生育を促進したい植物の葉までの高さも変化する。対象とする植物の光補償点を考慮し、補光範囲が適切となるように、反射面４１，４２の角度θを変更し、またＬＥＤ１２２の出力や波長を調整し、さらにテープ型ＬＥＤ１２１の本数や貼り付け箇所を調整することが望ましい。光補償点とは、植物の光合成において、光合成速度と呼吸速度とが等しくなり、見かけ上、二酸化炭素の収支がゼロになる光の強度である。植物ごとに光補償点が知られており、例えばイチゴの光補償点は光合成有効光量子束密度（以下ＰＰＦＤ）が１７μｍｏｌ／ｍ^2／ｓ前後であることが知られている。ＰＰＦＤは、クロロフィルが吸収できる４００ｎｍ～７００ｎｍまでの波長領域だけの光量子束密度である。

【００８４】

植物生育促進装置１００における反射面４１，４２の角度θは、６０度～７５度であることができる。植物生育促進装置１００によれば、この範囲のＰＰＦＤにおける集光効率が高いからである。

【００８５】

６．変形例３

図７を用いて、変形例３に係る植物生育促進装置１０２について説明する。図７は、変形例３に係る植物生育促進装置１０２の縦断面図である。

【００８６】

植物生育促進装置１０２は、テープ型ＬＥＤ１２１がカバー部１４４の上面１４５ではなく反射面４１，４２に固定されている以外は変形例２の植物生育促進装置１００と同様である。

【００８７】

テープ型ＬＥＤ１２１を反射面４１，４２に取り付けることで、植物生育促進装置１０

２の上方に、変形例２の植物生育促進装置１００に近い光の強さを得ることができる。植物生育促進装置１０２における反射面４１，４２の角度θは、４５度～６０度であることができる。植物生育促進装置１０２によれば、この範囲のＰＰＦＤにおける集光効率が高いからである。

【００８８】

また、例えば、変形例２の植物生育促進装置１００の反射面４１，４２に、変形例３のようにテープ型ＬＥＤ１２１を固定してもよい。変形例２の植物生育促進装置１００では、カバー部１４４の上面１４５の面積によってテープ型ＬＥＤ１２１の本数が制限されるが、反射面４１，４２を利用することにより、さらに強い光を得ることができるからである。

【実施例１】

【００８９】

実施例１として、図５及び図６に示した変形例２の植物生育促進装置１００を用いて、反射面４１，４２の角度θを０度（ａ）、４５度（ｂ）、６０度（ｃ）、７５度（ｄ）、９０度（ｅ）に変化させて光量子量を測定した。具体的には、光量子量の測定には、ウイジン社製の電圧ロガー（ＵＩＺ５０４１）を用いて、光量子センサーを上面１４５の幅Ｄの方向の中心と、その左右に１０ｃｍ置きに３箇所ずつ、合計７箇所配置した取付棚を、上面１４５からの高さが３０ｃｍ、６０ｃｍ、９０ｃｍの位置に移動させて、各箇所での電圧を測定後、ＰＰＦＤに変換して図８及び図９にグラフで示した。グラフの縦軸の単位は、「μｍｏｌ／ｍ^2／ｓ」であった。グラフの横軸の単位はｃｍであるが、「Ｎｏ．４」が上面１４５の中心の直上であり、上面１４５の幅Ｄの方向に１０ｃｍごとに左に「Ｎｏ．３」～「Ｎｏ．１」と右に「Ｎｏ．５」～「Ｎｏ．７」とした。上面１４５の幅Ｄは５０ｍｍであり、反射面４１，４２の幅Ｌは１５０ｍｍであった。テープ型ＬＥＤ１２１は６０ｃｈｉｐ／ｍを４本用いた。

【００９０】

図８及び図９によれば、植物生育促進装置１００を設置した接地面に対する反射面４１，４２の角度θが０度～９０度において中心（Ｎｏ．４）付近におけるＰＰＦＤが高く、特に６０度～７５度において集光効率が高かった。

【００９１】

実施例１では反射面４１，４２の角度θが６０度～７５度の範囲であれば中心からの幅が左右２０ｃｍ以内で高さ６０ｃｍまでの範囲で集光効率が高いことから、イチゴ等の丈の低い植物の光合成促進効果が期待できる。

【実施例２】

【００９２】

実施例２として、図７に示した変形例３の植物生育促進装置１０２を用いて、反射面４１，４２の角度θを０度（ａ）、４５度（ｂ）、６０度（ｃ）、７５度（ｄ）、９０度（ｅ）に変化させて、実施例１と同様に、光量子量を測定した。その測定結果を図１０及び図１１にグラフで示した。

【００９３】

図１０及び図１１によれば、反射面４１，４２の角度θが４５度～６０度において集光効率が高かった。

【００９４】

実施例２では反射面４１，４２の角度θが４５度～６０度の範囲であれば中心からの幅が左右２０ｃｍ以内で高さ６０ｃｍまでの範囲で光合成促進効果が期待できる。

【００９５】

［比較例１］

比較例１として、変形例２の植物生育促進装置１００のテープ型ＬＥＤ１２１を上面１４５から側面１４６，１４７に移して固定した装置で同様に光量子量を測定した。比較例１の装置では集光効果がほとんど得られなかった。

【００９６】

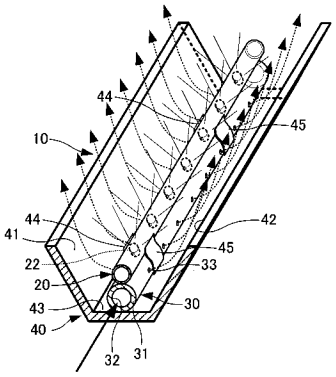
本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、さらに種々の変形が可能である。例えば、本発明は、実施形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法、及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

【符号の説明】

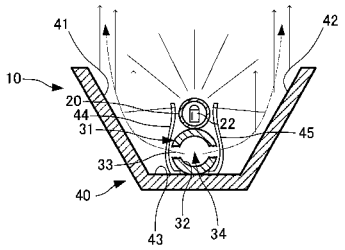
【００９７】

１…植物、２…根元、３…主軸、４…実、５…葉、１０…植物生育促進装置、１２…植物生育促進システム、１４…架台、１５…台座、１６…支柱、２０…発光部、２１…フレキシブルチューブ、２２…ＬＥＤ、３０…二酸化炭素供給部、３１…筒、３２…壁、３３…放出孔、３４…輸送路、４０…反射部、４１，４２…反射面、４３…底面、４４，４５…支持部、５０…ハウス、５２…紐、５４…地面、１００，１０２…植物生育促進装置、１２１…テープ型ＬＥＤ１２１、１２２…ＬＥＤ、１４４…カバー部、１４５…上面、１４６，１４７…側面、Ｄ…上面の幅、Ｌ…反射面の幅、θ…反射面の角度

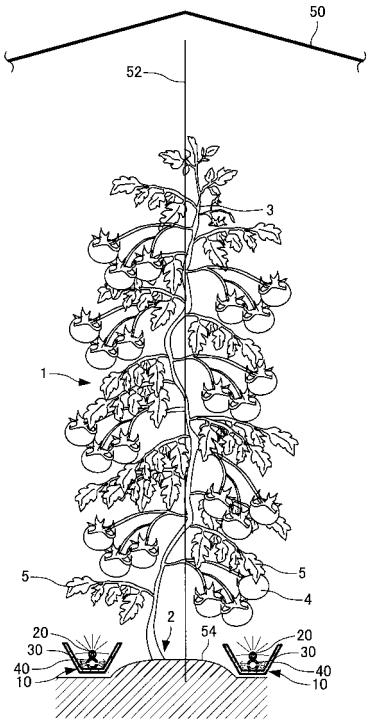
【図１】



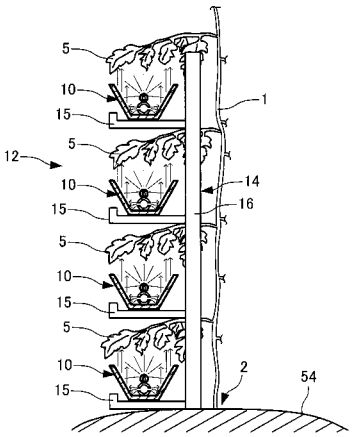
【図２】



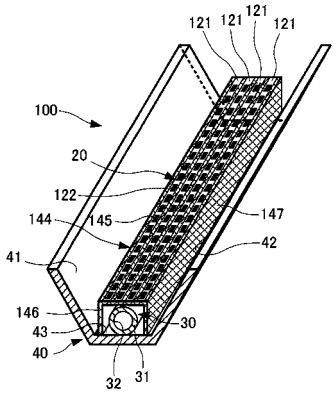
【図３】



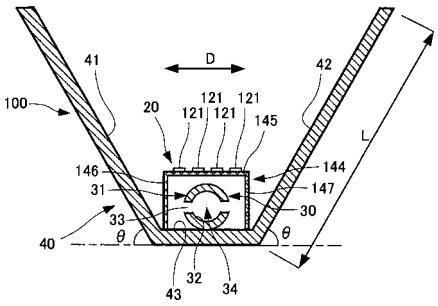
【図４】



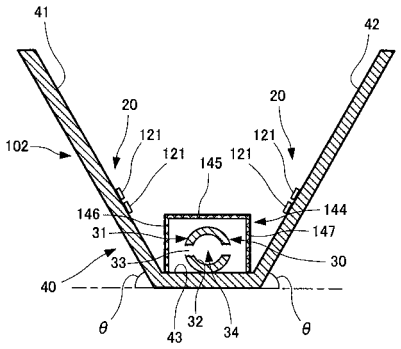
【図５】



【図６】

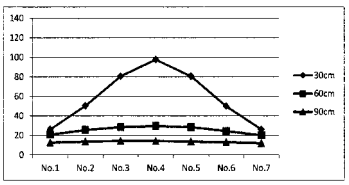


【図７】

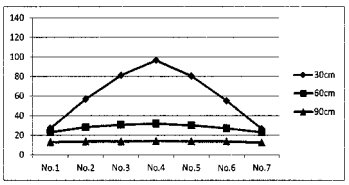


【図８】

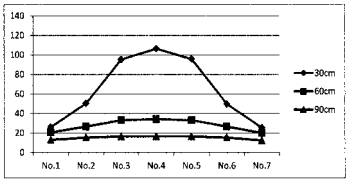
(a)反射面の角度θ＝0度



(b)反射面の角度θ＝45度

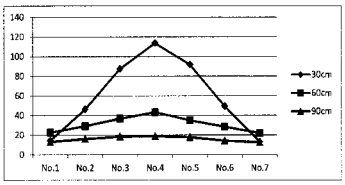


(c)反射面の角度θ＝60度

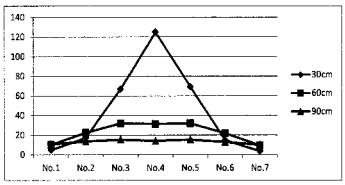


【図９】

(d)反射面の角度θ＝75度

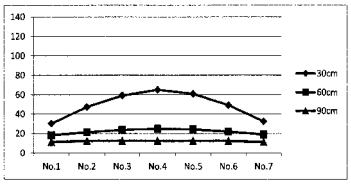


(e)反射面の角度θ＝90度

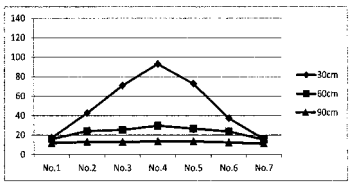


【図１０】

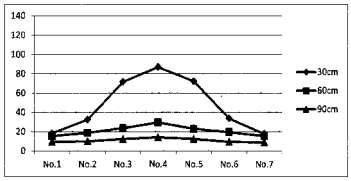
(a)反射面の角度θ＝0度



(b)反射面の角度θ＝45度

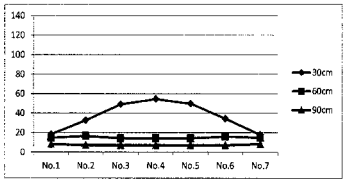
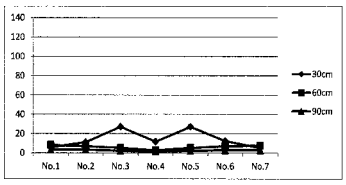


(c)反射面の角度θ＝60度



【図１１】

(d)反射面の角度θ＝75度



(e)反射面の角度θ＝90度