

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6481663号
(P6481663)

(45) 発行日 平成31年3月13日(2019.3.13)

(24) 登録日 平成31年2月22日(2019.2.22)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 33/50 (2010.01)

C O 9 K 11/08 (2006.01)

C O 9 K 11/80 (2006.01)

C O 9 K 11/66 (2006.01)

C O 9 K 11/64 (2006.01)

H O 1 L 33/50

C O 9 K 11/08 J

C O 9 K 11/80 C P J

C O 9 K 11/66 C Q F

C O 9 K 11/64 C Q D

請求項の数 5 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-128835 (P2016-128835)

(22) 出願日 平成28年6月29日(2016.6.29)

(65) 公開番号 特開2018-6455 (P2018-6455A)

(43) 公開日 平成30年1月11日(2018.1.11)

審査請求日 平成29年8月2日(2017.8.2)

前置審査

(73) 特許権者 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(74) 代理人 110000707

特許業務法人竹内・市澤国際特許事務所

(72) 発明者 阿宮 美佳

徳島県阿南市上中町岡491番地100

日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 藤尾 多茂

徳島県阿南市上中町岡491番地100

日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 鈴木 朋和

徳島県阿南市上中町岡491番地100

日亜化学工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置及び植物栽培方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

380nm以上490nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する発光素子と、

前記発光素子からの光により励起されて580nm以上680nm未満の範囲に少なくとも一つの発光ピーク波長を有する光を発する第一蛍光体と、前記発光素子からの光により励起されて680nm以上800nm以下の範囲に少なくとも一つの発光ピーク波長を有する光を発する第二蛍光体とを備え、

前記第二蛍光体が、下記式(1)で表される組成を有し、

$$(L n_1 - x - y C e_x C r_y)_3 M_5 O_{12} \quad (1)$$

(式(1)中、Lnは、Yであり、Mは、Alであり、x及びyは、 $0.0002 < x < 0.50$ 、 $0.0001 < y < 0.05$ を満たす数である。)

380nm以上490nm以下の範囲における光量子束密度Bに対する620nm以上700nm未満の範囲における光量子束密度Rの比を示すR/Bが2.0以上4.0以下であり、

700nm以上780nm以下の範囲における光量子束密度FRに対する620nm以上700nm未満の範囲における光量子束密度Rの比を示すR/FRが0.7以上2.0以下である、植物栽培用の発光装置。

【請求項2】

第一蛍光体が、 Mn^{4+} で賦活されるフルオロジーマネート蛍光体、Sr及びCaから選択される少なくとも一種の元素と、Alとを組成に有し、 Eu^{2+}

10

20

で賦活されるシリコンナイトライドを含む蛍光体、

アルカリ土類金属元素からなる群より選択される少なくとも一種の元素と、アルカリ金属元素からなる群より選択される少なくとも一種の元素とを組成に有し、 Eu^{2+} で賦活されるアルミナイトライドを含む蛍光体、

Eu^{2+} で賦活されるCa又はSrの硫化物を含む蛍光体、及び

アルカリ金属元素及びアンモニウムイオン(NH_4^+)からなる群より選ばれる少なくとも一種の元素又はイオンと、第4族元素又は第14族元素からなる群より選ばれる少なくとも一種の元素とを組成に有し、 Mn^{4+} で賦活されるフッ化物を含む蛍光体からなる群より選択される少なくとも一種の蛍光体である、請求項1に記載の発光装置。

【請求項3】

第一蛍光体が、 Mn^{4+} で賦活されるフルオロジーマネート蛍光体と、

Sr及びCaから選択される少なくとも一種の元素と、Alとを組成に有し、 Eu^{2+} で賦活されるシリコンナイトライドを含む蛍光体を含み、

前記フルオロジーマネート蛍光体と前記シリコンナイトライドを含む蛍光体の配合比(前記フルオロジーマネート蛍光体：前記シリコンナイトライドを含む蛍光体)が50：50以上99：1以下である、請求項1又は2に記載の発光装置。

【請求項4】

植物栽培に用いる、請求項1から3のいずれか一項に記載の発光装置。

【請求項5】

請求項1から4のいずれか一項に記載の発光装置から発する光を植物に照射する植物栽培方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光装置及び植物栽培方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、気象変動・人為的環境破壊などによる環境変化が起こる中で、野菜の安定供給を可能とするため、野菜の生産効率を高め、且つ、生産調整が可能な植物工場への期待が高まっている。人為的に管理が可能な植物工場では、清浄で安全な野菜を市場に安定的に供給することが可能であるため、次世代の産業として期待されている。

完全に外部環境から隔離され、人為的に制御可能な植物工場は、植物の種別に応じて、生育方法・生育速度データ・収穫率データ等の各種データを採取することができる。これらのデータに基づいて、植物工場では、気象環境などの周囲の状況に左右されることなく、市場の需要と供給のバランスに応じた生産計画を立てて野菜等の植物を提供することが可能となる。特に、世界的な人口の増加に伴い、食糧の増産は必要不可欠である。気象環境などの周囲の状況に影響を受けることなく、植物を計画的に生産可能となれば、植物工場で生産された野菜等は、国内で安定供給のみならず、有望な製品として海外に輸出することも可能となる。

【0003】

通常、露地物といわれる屋外で育成された野菜は、太陽光を浴びて、光合成を行いつつ成長し、収穫される。このような露地物とは異なり、植物工場で育成される野菜は、短期間で収穫が可能となるか、通常の生育期間でも大きく成長することが求められる。

植物工場においては、露地物における太陽光に代わる光源として、どのような光源を採用するかは、植物の育成期間、成長等に影響する。近年は、従来から使用されてきた蛍光灯に代えて、消費電力の削減という観点から、LED照明が採用されている。

【0004】

例えば特許文献1には、強さが十分な異なる波長の光を発光させるために、625nm～690nmの波長域の光を発する第一のLED発光素子と、420nm～490nmの

10

20

30

40

50

波長域の光を発する第二のLED発光素子とをそなえた照明装置を用いて、予め定められたタイミングで、第一のLED発光素子及び／又は第二のLED発光素子からの発光を植物に照射する、植物育成方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-125007号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

10

しかし、特許文献1に開示の植物育成方法のように異なる波長の光を照射しただけでは、植物育成を促進させる効果が十分ではなく、植物育成の促進には更なる改善が求められている。

そこで、本発明の一実施態様は、植物の育成を促進することが可能な発光装置及び植物栽培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】

【0007】

前記課題を解決するための手段は、以下の通りであり、本発明は、以下の態様を包含する。

本発明の第一の態様は、380nm以上490nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する発光素子と、

20

前記発光素子からの光により励起されて580nm以上680nm未満の範囲に少なくとも一つの発光ピーク波長を有する光を発する第一蛍光体を備え、

380nm以上490nm以下の範囲における光量子束密度Bに対する620nm以上700nm未満の範囲における光量子束密度Rの比を示す R/B が2.0以上4.0以下であり、

700nm以上780nm以下の範囲における光量子束密度FRに対する620nm以上700nm未満の範囲における光量子束密度Rの比を示す R/FR が0.7以上13.0以下である、発光装置である。

【0008】

30

本発明の第二の態様は、前記発光装置から発する光を植物に照射する植物栽培方法である。

【発明の効果】

【0009】

本発明の一実施態様によれば、植物の育成を促進することが可能な発光装置及び植物栽培方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、発光装置の一例を示す概略断面図である。

【図2】図2は、実施例1乃至5及び比較例1に係る発光装置の波長と相対光量子束密度のスペクトルを示す。

40

【図3】図3は、実施例1乃至5及び比較例1に係る発光装置からの光を照射して育成した各植物の収穫時の新鮮重（可食部）を示すグラフである。

【図4】図4は、実施例1乃至5及び比較例1に係る発光装置からの光を照射して育成した各植物中の硝酸態窒素含有量を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本開示に係る発光装置及び植物栽培方法の一実施態様に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施の一態様は、本発明の技術思想を具体化するための例示であって、本発明は、以下の発光装置及び植物栽培方法に限定されない。なお、色名と色度座標との関

50

係、光の波長範囲と単色光の色名との関係等は、J I S Z 8 1 1 0 に従う。また、組成物中の各成分の含有量は、組成物中に各成分に該当する物質が複数存在する場合、特に断らない限り、組成物中に存在する当該複数の物質の合計量を意味する。

【 0 0 1 2 】

〔 発光装置 〕

本発明の一実施態様は、380nm以上490nm以下の範囲（以下、「近紫外から青色領域」とも称する場合もある。）に発光ピーク波長を有する発光素子と、前記発光素子からの光により励起されて580nm以上680nm未満の範囲に少なくとも一つの発光ピーク波長を有する光を発する第一蛍光体を備えており、380nm以上490nm以下の範囲における光量子束密度Bに対する620nm以上700nm未満の範囲における光量子束密度Rの比を示す R/B が2.0以上4.0以下であり、700nm以上780nm以下の範囲における光量子束密度FRに対する620nm以上700nm未満の範囲における光量子束密度Rの比を示す R/FR が0.7以上13.0以下である、発光装置である。

10

【 0 0 1 3 】

本発明の一実施態様の発光装置の一例を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の一実施態様の発光装置100を示す概略断面図である。

【 0 0 1 4 】

発光装置100は、図1に示されるように、成形体40と、発光素子10と、蛍光部材50とを備える。成形体40は、第1のリード20及び第2のリード30と、熱可塑性樹脂又は熱硬化性樹脂を含む樹脂部42とが一体的に成形されてなるものである。成形体40は底面と側面を持つ凹部を形成しており、凹部の底面に発光素子10が載置されている。発光素子10は一对の正負の電極を有しており、その一对の正負の電極はそれぞれ第1のリード20及び第2のリード30とそれぞれワイヤ60を介して電氣的に接続されている。発光素子10は蛍光部材50により被覆されている。蛍光部材50は、例えば、発光素子10からの光を波長変換する蛍光体70と樹脂を含む。更に蛍光体70は、第一蛍光体71と第二蛍光体72とを含む。発光素子10の正負一对の電極に接続された第1のリード20及び第2のリード30は、発光装置100を構成するパッケージの外方に向けて、第1のリード20及び第2のリード30の一部が露出されている。これらの第1のリード20及び第2のリード30を介して、外部から電力の供給を受けて発光装置100を発光させることができる。

20

30

【 0 0 1 5 】

蛍光部材50は、発光素子10が発する光を波長変換するだけでなく、外部環境から発光素子10を保護するための部材としても機能する。図1において、蛍光体70は、第一蛍光体71及び第二蛍光体72が混合された状態で蛍光部材50に偏在しており、発光素子10に近接して配置されている。これにより、発光素子10からの光を蛍光体70で効率よく波長変換することができ、発光効率の優れた発光装置を提供できる。蛍光体70を含む蛍光部材50と、発光素子10の配置は、図1に示すように、蛍光体70を発光素子10に近接して配置する態様に限定されることなく、発光素子10から発生される熱の影響も考慮して、蛍光部材50中で発光素子10と間隙を設けて蛍光体70を配置することもできる。また、蛍光部材50中にほぼ均等に蛍光体70を配置することによって、発光装置100から色ムラが抑制された光を発することができる。図1において、蛍光体70は、第一蛍光体71及び第二蛍光体72が混合されて配置されているが、例えば、第一蛍光体71が層状に配置された上に第二蛍光体72が層状に配置されていてもよく、第二蛍光体72が層状に配置された上に第一蛍光体71が層状に配置されてもよい。

40

【 0 0 1 6 】

発光装置100は、発光素子10からの光により励起されて580nm以上680nm未満の範囲に一以上の発光ピーク波長を有する第一蛍光体71を備えており、更に発光素子10からの光により励起されて680nm以上800nm以下の範囲に一以上の発光ピーク波長を有する第二蛍光体72を備えることが好ましい。

50

第一蛍光体 7 1 及び第二蛍光体 7 2 は、例えば、発光素子 1 0 を覆う蛍光部材 5 0 に含有される。第一蛍光体 7 1 及び第二蛍光体 7 2 を含有する蛍光部材 5 0 により発光素子 1 0 が覆われた発光装置 1 0 0 は、発光素子 1 0 の発光の一部が第一蛍光体 7 1 に吸収されて、5 8 0 n m 以上 6 8 0 n m 未満の範囲に一以上の発光ピーク波長を有する光を発する。また、発光装置 1 0 0 は、発光素子 1 0 の発光の一部が第二蛍光体 7 2 に吸収され、6 8 0 n m 以上 8 0 0 n m 以下の範囲に一以上の発光ピーク波長を有する光を発する。

【 0 0 1 7 】

植物は、その葉緑体の中に存在する色素（クロロフィル a 及びクロロフィル b）が光を吸収するとともに、炭酸ガス及び水を取り込み、これらを光合成によって炭水化物（糖類）に変換することで、成長する。植物の育成促進に使用されるクロロフィル a 及びクロロフィル b は、特に 6 2 5 n m 以上 6 7 5 n m 以下の赤色領域と、4 2 5 n m 以上 4 7 5 n m 以下の青色領域に吸収ピークを有する。植物のクロロフィルによる光合成の作用は、主に 4 0 0 n m 以上 7 0 0 n m 以下の波長範囲内で起こるが、さらに、クロロフィル a 及びクロロフィル b は、7 0 0 n m 以上 8 0 0 n m 以下の領域においても、局所的な吸収ピークを有する。

例えば、クロロフィル a の赤色領域の吸収ピーク（6 8 0 n m 付近）よりも長波長の光を当てると、光合成の活性は急に下がるレッド・ドロップと呼ばれる現象が生じる。しかし、赤色領域の光とともに、近赤外領域を含む光を照射すると、これら 2 種類の光による相乗効果により光合成活性が速まることが知られている。この現象は、エマーソン効果と呼ばれている。

【 0 0 1 8 】

植物等に照射される光の強度は、光量子束密度で表される。光量子束密度（ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ）とは、単位時間あたりに単位面積に到達する光量子の数である。光合成作用の大きさは、光量子の数に依存するため、光量子束密度が同じであれば他の光学特性には依存しない。しかし、光合成作用を活性化する波長依存性は光合成色素により異なる。植物の光合成に必要な光の強度は、光合成光量子束密度（Photosynthetic Photon Flux Density：PPFD）と表される場合もある。

【 0 0 1 9 】

発光装置 1 0 0 は、3 8 0 n m 以上 4 9 0 n m 以下の範囲における光量子束密度 B に対する 6 2 0 n m 以上 7 0 0 n m 未満の範囲における光量子束密度 R の比を示す R / B が 2 . 0 以上 4 . 0 以下であり、7 0 0 n m 以上 7 8 0 n m 以下の範囲における光量子束密度 F R に対する 6 2 0 n m 以上 7 0 0 n m 未満の範囲における光量子束密度 R の比を示す $R / F R$ が 0 . 7 以上 1 3 . 0 以下である。

発光装置 1 0 0 から F R を含む光を照射された植物は、エマーソン効果により光合成作用が活性化すると推測され、植物の育成を促進することができる。また、F R を含む光を照射することで、植物に含まれる色素タンパク質であるフィトクロムが関与した赤色光照射と遠赤色光照射での可逆的な反応により、植物の育成を促進することができる。

【 0 0 2 0 】

植物の成長に必要な栄養素としては、窒素、リン酸、カリウム等が挙げられる。これらの中でも窒素は、硝酸態窒素（硝酸イオン： NO_3^- ）として植物に吸収される。この硝酸態窒素は、還元反応によって亜硝酸イオン（ NO_2^- ）に変化し、さらに亜硝酸イオンが脂肪酸アミンと反応するとニトロソアミンとなる。亜硝酸イオンは血中のヘモグロビン等に作用することが知られており、ニトロソ化合物は、人体の健康に影響を及ぼす場合があることが知られている。生体内における硝酸態窒素から亜硝酸イオンへの変換のメカニズムは複雑であり、硝酸態窒素の摂取量と人体の健康への影響の関連は明らかにはされていないが、人体の健康に影響を及ぼす虞がある硝酸態窒素の含有量は低いほうが望ましい。

そのため、窒素は、植物の成長に必要な栄養素の一つではあるが、食用の植物中における硝酸態窒素の含有量は、植物の育成を阻害しない範囲で低減されていることが好ましい。

10

20

30

40

50

発光装置 100 は、発光素子 10 からの光により励起されて 680 nm 以上 800 nm 以下の範囲に少なくとも一つの発光ピーク波長を有する第二蛍光体 72 を更に備え、前記 R / F R が 0.7 以上 5.0 以下であることが好ましい。さらに、前記 R / F R が 0.7 以上 2.0 以下であることがより好ましい。

【0021】

(発光素子)

発光素子 10 は、励起光源として用いられており、380 nm 以上 490 nm 以下の範囲に発光ピーク波長を有する光を発する発光素子である。これにより、高効率で入力に対する出力のリニアリティが高く、機械的衝撃にも強い安定した発光装置を得ることができる。

10

発光素子 10 の発光ピーク波長の範囲は、より好ましくは 390 nm 以上 480 nm 以下であり、さらに好ましくは 420 nm 以上 470 nm 以下であり、よりさらに好ましくは 440 nm 以上 460 nm 以下であり、特に好ましくは 445 nm 以上 455 nm 以下である。このような発光素子としては、窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $0 < x$ 、 $0 < y$ 、 $x + y < 1$) からなる発光素子を用いることが好ましい。

発光素子 10 の発光スペクトルの半値幅は、例えば、30 nm 以下とすることができる。

【0022】

(蛍光部材)

発光装置 100 に用いられる蛍光部材 50 は、第一蛍光体 71 及び封止材料を含むものであることが好ましく、更に第二蛍光体 72 を含むものであることがより好ましい。封止材料としては、熱可塑性樹脂及び熱硬化性樹脂を用いることができる。蛍光部材 50 は、蛍光体及び封止材料の他に、フィラー、光安定剤、着色剤等のその他の成分を含んでもよい。フィラーとしては、例えばシリカ、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム等を挙げることができる。

20

蛍光部材 50 中の、蛍光体 70 及び封止材料以外のその他の成分の含有量は、封止材料 100 質量部に対して、好ましくは 0.01 質量部以上 20 質量部以下である。

【0023】

蛍光部材 50 中の蛍光体 70 の総含有量は、例えば、封止材料 100 質量部に対して、5 質量部以上 300 質量部以下とすることができ、10 質量部以上 250 質量部以下が好ましく、15 質量部以上 230 質量部以下がより好ましく、15 質量部以上 200 質量部以下が更に好ましい。蛍光部材 50 中の蛍光体 70 の総含有量が、上記範囲内であると、発光素子 10 から発せられた光を蛍光体 70 で効率よく波長変換することができる。

30

【0024】

(第一蛍光体)

第一蛍光体 71 は、発光素子 10 からの光により励起されて 580 nm 以上 680 nm 未満の範囲に以上の発光ピーク波長を有する光を発する蛍光体である。第一蛍光体 71 としては、 Mn^{4+} 賦活フルオロジーマネート蛍光体、 Eu^{2+} 賦活窒化物蛍光体、 Eu^{2+} 賦活アルカリ土類硫化物蛍光体、及び Mn^{4+} 賦活ハロゲン化物蛍光体等が挙げられる。第一蛍光体 71 は、これらの蛍光体から選択された一種を単独で用いてもよく、二種以上を併用してもよい。第一蛍光体は、 Eu^{2+} 賦活窒化物蛍光体と、 Mn^{4+} 賦活フルオロジーマネート蛍光体を含むことが好ましい。

40

Eu^{2+} 賦活窒化物蛍光体は、Sr 及び Ca から選択される少なくとも一種の元素と、Al とを組成に有し、 Eu^{2+} で賦活されるシリコンナイトライドを含む蛍光体、又はアルカリ土類金属元素からなる群より選択される少なくとも一種の元素と、アルカリ金属元素からなる群より選択される少なくとも一種の元素とを組成に有し、 Eu^{2+} で賦活されるアルミナイトライドを含む蛍光体であることが好ましい。

Mn^{4+} で賦活されるハロゲン化物蛍光体は、アルカリ金属元素及びアンモニウムイオン (NH_4^+) からなる群から選択される少なくとも一種の元素又はイオンと、第 4 族元素及び第 14 族元素からなる群から選択される少なくとも一種の元素とを組成に有し、M

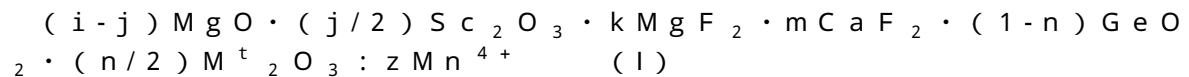
50

n^{4+} で賦活されるフッ化物を含む蛍光体であることが好ましい。

【0025】

第一蛍光体71は、具体的には、下記式(I)乃至(VI)で表される、いずれかの組成を有する蛍光体が挙げられる。

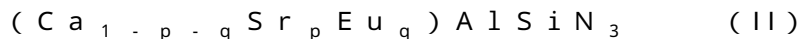
【0026】



式(I)中、 M^t はAl、Ga及Inからなる群から選択される少なくとも1種であり、 i 、 j 、 k 、 m 、 n 及び z はそれぞれ、 $2 \leq i \leq 4$ 、 $0 \leq j < 0.5$ 、 $0 < k < 1.5$ 、 $0 \leq m < 1.5$ 、 $0 < n < 0.5$ 、及び $0 < z < 0.05$ を満たす数である。

10

【0027】



式(II)中、 p 及び q は、 $0 \leq p \leq 1.0$ 、 $0 < q < 1.0$ 及び $p+q < 1.0$ を満たす数である。

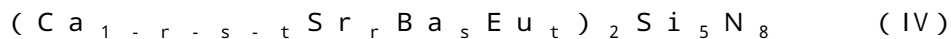
【0028】



式(III)中、 M^a は、Ca、Sr、Ba及びMgからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 M^b は、Li、Na及びKからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 M^c は、Eu、Ce、Tb及びMnからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 v 、 w 、 f 、 g 及び h は、それぞれ $0.80 \leq v \leq 1.05$ 、 $0.80 \leq w \leq 1.05$ 、 $0.001 < f \leq 0.1$ 、 $0 \leq g \leq 0.5$ 、 $3.0 \leq h \leq 5.0$ を満たす数である。

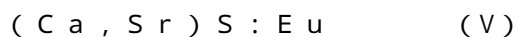
20

【0029】

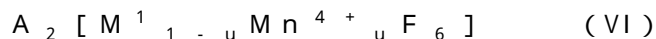


式(IV)中、 r 、 s 及び t は、 $0 \leq r \leq 1.0$ 、 $0 \leq s \leq 1.0$ 、 $0 < t < 1.0$ 及び $r+s+t \leq 1.0$ を満たす数である。

【0030】



【0031】



式(VI)中、 A は、K、Li、Na、Rb、Cs及び NH_4^+ からなる群から選択される少なくとも1種であり、 M^1 は、第4族元素及び第14族元素からなる群から選ばれる少なくとも1種の元素であり、 u は $0 < u < 0.2$ を満たす数である。

30

【0032】

蛍光部材50中の第一蛍光体71の含有量は、380nm以上490nm以下の範囲における光量子束密度Bに対する620nm以上700nm未満の範囲における光量子束密度Rの比を示す R/B が2.0以上4.0以下となる量であれば特に限定されない。蛍光部材50中の第一蛍光体71の含有量は、封止材料100質量部に対して、例えば1質量部以上であり、好ましくは5質量部以上、より好ましくは8質量部以上であり、好ましくは200質量部以下、より好ましくは150質量部以下、さらに好ましくは100質量部以下である。蛍光部材50中の第一蛍光体71の含有量が前記範囲内であると、発光素子10から発せられた光を第一蛍光体71で効率よく波長変換することができ、植物の育成を促進することが可能な光を発光装置から照射することができる。

40

【0033】

第一蛍光体71は、二種以上の蛍光体を含むことが好ましく、二種以上の蛍光体を含む場合には、 Mn^{4+} で賦活されるフルオロジーマネート蛍光体(以下、「MGF蛍光体」と称する場合がある。)と、Sr及びCaから選択される少なくとも一種の元素と、Alとを組成に有し、 Eu^{2+} で賦活されるシリコンナイトライドを含む蛍光体(以下、「CASN蛍光体」と称する場合がある。)を含むことが好ましい。

第一蛍光体71が二種以上の蛍光体を含み、二種の蛍光体がMGF蛍光体とCASN蛍

50

光体である場合には、その配合比（M G F 蛍光体：C A S N 蛍光体）は、質量比で、好ましくは 5 0：5 0 以上 9 9：1 以下であり、より好ましくは 6 0：4 0 以上 9 7：3 以下であり、さらに好ましくは 7 0：3 0 以上 9 6：4 以下である。第一蛍光体が二種の蛍光体を含む場合において、その二種の蛍光体が M G F 蛍光体と C A S N 蛍光体であり、その質量比が前記範囲内であると、発光素子 1 0 から発せられた光が第一蛍光体 7 1 で効率よく波長変換される。それとともに、3 8 0 n m 以上 4 9 0 n m 以下の範囲における光量子束密度 B に対する 6 2 0 n m 以上 7 0 0 n m 未満の範囲における光量子束密度 R の比を示す R/B を 2.0 以上 4.0 以下に調整することが可能となり、7 0 0 n m 以上 7 8 0 n m 以下の範囲における光量子束密度 F R に対する 6 2 0 n m 以上 7 0 0 n m 未満の範囲における光量子束密度 R の比を示す R/FR を 0.7 以上 1 3.0 以下に調整しやすくなる。

10

【0034】

（第二蛍光体）

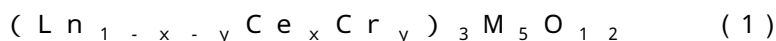
第二蛍光体 7 2 は、発光素子 1 0 からの光により励起されて 6 8 0 n m 以上 8 0 0 n m 以下の範囲に一以上の発光ピーク波長を有する光を発する蛍光体である。

本発明の一実施態様の発光装置に使用される第二蛍光体 7 2 は、C e を除く希土類元素からなる群より選択される少なくとも一種の元素を含む第一元素 L n と、A l、G a 及び I n からなる群より選択される少なくとも一種の元素を含む第二元素 M と、C e、C r を含み、アルミン酸塩の組成を有する蛍光体であって、第二元素 M のモル組成比を 5 としたときに、C e のモル組成比が x と 3 の積であり、C r のモル組成比が y と 3 の積であり、前記 x が 0.0002 を超えて 0.50 未満の数であり、前記 y が 0.0001 を超えて 0.05 未満の数であることが好ましい。

20

【0035】

第二蛍光体 7 2 は、下記式（1）で表される組成を有する蛍光体であることが好ましい。



式（1）中、L n は、C e を除く希土類元素からなる群より選択される少なくとも一種の希土類元素であり、M は、A l、G a 及び I n からなる群より選択される少なくとも一種の元素であり、x 及び y は、 $0.0002 < x < 0.50$ 、 $0.0001 < y < 0.05$ を満たす数である。

30

【0036】

この場合、第二蛍光体 7 2 は、ガーネット構造を構成する組成であるため、熱、光及び水分に強く、励起吸収スペクトルの吸収ピーク波長が 4 2 0 n m 以上 4 7 0 n m 付近であり、発光素子 1 0 からの光を十分に吸収して、第二蛍光体 7 2 の発光強度を高めることができるため好ましい。また、第二蛍光体 7 2 は、3 8 0 n m 以上 4 9 0 n m 以下の範囲に発光ピーク波長を有する光によって励起され、6 8 0 n m 以上 8 0 0 n m 以下の範囲に一以上の発光ピーク波長を有する光を発する。

【0037】

第二蛍光体 7 2 において、結晶構造の安定性の観点から、L n は、Y、G d、L u、L a、T b 及び P r からなる群から選択される少なくとも一種の希土類元素であることが好ましく、M は、A l 又は G a であることが好ましい。

40

【0038】

第二蛍光体 7 2 において、x は、0.0005 以上 0.400 以下（ $0.005 \leq x \leq 0.400$ ）を満たす数であることがより好ましく、0.001 以上 0.350 以下（ $0.001 \leq x \leq 0.350$ ）を満たす数であることがさらに好ましい。

また、第二蛍光体 7 2 において、y は、0.0005 を超えて 0.040 未満（ $0.005 < y < 0.040$ ）を満たす数であることがより好ましく、0.001 以上 0.026 以下（ $0.001 \leq y \leq 0.026$ ）を満たす数であることがさらに好ましい。

x は、C e の賦活量であり、x が 0.0002 を超えて 0.50 未満（ $0.0002 < x < 0.50$ ）を満たす数であり、前記 y は、C r の賦活量であり、y が 0.0001 を

50

超えて0.05未満($0.0001 < y < 0.05$)を満たす数であることによって、蛍光体の結晶構造中に含まれる発光中心となるCeの賦活量及びCrの賦活量が最適な範囲となり、発光中心が少なくなることによる発光強度の低下を抑制することができ、逆に賦活量が多くなることによって生じる濃度消光による発光強度の低下を抑制し、発光強度を高くすることができる。

【0039】

(第二蛍光体の製造方法)

第二蛍光体72を製造する方法としては、以下の方法が挙げられる。

Ceを除く希土類元素からなる群より選択される少なくとも一種の希土類元素Lnを含む化合物と、Al、Ga及びInからなる群より選択される少なくとも一種の元素Mを含む化合物と、Ceを含む化合物、Crを含む化合物とを、前記Mの合計モル組成比5を基準としたときに、前記LnとCeとNdとの合計モル組成比が3であり、Ceのモル組成比が3とxの積であり、Crのモル組成比が3とyの積である場合に、前記xが0.0002を超えて0.50未満の数であり、前記yが0.0001を超えて0.05未満の数となるように各原料を混合して、原料混合物を得て、この原料混合物を熱処理し、その後分級等して、第二蛍光体を得る方法が挙げられる。

10

【0040】

(希土類元素Lnを含む化合物)

希土類元素Lnを含む化合物としては、Ceを除く希土類元素からなる群より選択される少なくとも一種の希土類元素Lnを含む、酸化物、水酸化物、窒化物、酸窒化物、フッ化物、塩化物等が挙げられる。これらの化合物は、水和物であってもよい。希土類元素を含む化合物のうち、少なくとも一部は金属単体又は希土類元素を含む合金を用いてもよい。希土類元素を含む化合物としては、Y、Gd、Lu、La、Tb及びPrからなる群より選択される少なくとも一種の希土類元素Lnを含む化合物であることが好ましい。希土類元素を含む化合物として、希土類元素を含む化合物は、一種を単独で用いてもよく、二種以上を組み合わせて用いてもよい。

20

希土類元素を含む化合物は、酸化物であることが好ましい。酸化物は、他の材料と比較して、目的とする組成以外の元素を含まないからである。具体的には、 Y_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Lu_2O_3 、 La_2O_3 、 Tb_4O_7 、 Pr_6O_{11} 等が挙げられる。

【0041】

30

(Mを含む化合物)

Al、Ga及びInからなる群より選択される少なくとも一種の元素Mを含む化合物としては、Al、Ga又はInを含む酸化物、水酸化物、窒化物、酸窒化物、フッ化物、塩化物等が挙げられる。これらの化合物は、水和物であってもよい。また、Al金属単体、Ga金属単体、In金属単体、Al合金、Ga合金又はIn合金を用いてもよく、化合物の少なくとも一部に代えて金属単体又は合金を用いてもよい。Al、Ga又はInを含む化合物は、一種を単独で用いてもよく、二種以上を組み合わせて用いてもよい。Al、Ga及びInから選択される少なくとも一種の元素を含む化合物は、酸化物であることが好ましい。理由としては、酸化物は、他の材料と比較して、目的とする組成以外の他の元素を含んでおらず、目的とする組成の蛍光体を得易いためである。目的とする組成以外の元素を含む化合物を用いた場合には、得られた蛍光体中に残留不純物元素が存在する場合があります、この残留不純物元素が発光に関してキラー要素となり、著しく発光強度の低下を招くおそれがある。

40

Al、Ga又はInを含む化合物として、具体的には、 Al_2O_3 、 Ga_2O_3 、 In_2O_3 等が挙げられる。

【0042】

(Ceを含む化合物、Crを含む化合物)

Ceを含む化合物又はCrを含む化合物としては、セリウム(Ce)又はクロム(Cr)を含む酸化物、水酸化物、窒化物、フッ化物、塩化物等が挙げられる。これらの化合物は、水和物であってもよい。Ce金属単体、Ce合金、Cr金属単体又はCr合金を用い

50

てもよく、化合物の少なくも一部に代えて金属単体又は合金を用いてもよい。Ceを含む化合物又はCrを含む化合物は、一種を単独で用いてもよく、二種以上を組み合わせ用いてもよい。Ceを含む化合物又はCrを含む化合物は、酸化物であることが好ましい。理由としては、酸化物は、他の材料と比較して、目的とする組成以外の他の元素を含んでおらず、目的とする組成の蛍光体を得易いためである。また、目的とする組成以外の元素を含む化合物を用いた場合には、得られた蛍光体中に残留不純物元素が存在する場合があります、この残留不純物元素が発光に関しキラーとなり、著しく発光強度の低下を招くおそれがある。

Ceを含む化合物として、具体的にはCeO₂等が挙げられ、Crを含む化合物としては、具体的にはCr₂O₃等が挙げられる。

10

【0043】

原料混合物は、必要に応じてハロゲン化物等のフラックスを含んでいてもよい。原料混合物にフラックスが含有されることにより、原料同士の反応が促進され、固相反応がより均一に進行しやすい。これは、原料混合物を熱処理する温度が、フラックスとして用いるハロゲン化物等の液相の生成温度とほぼ同じであるか、前記生成温度よりも高い温度であるため、反応が促進されると考えられる。

ハロゲン化物としては、希土類金属、アルカリ土類金属、アルカリ金属のフッ化物、塩化物等が挙げられる。フラックスとして、希土類金属のハロゲン化物を用いる場合には、目的とする組成となるような化合物としてフラックスを加えることもできる。フラックスとして具体的には、例えば、BaF₂、CaF₂等が挙げられる。BaF₂が好ましい。フラックスにフッ化バリウムを用いることにより、ガーネット結晶構造が安定し、ガーネット結晶構造の組成に成りやすいからである。

20

原料混合物がフラックスを含む場合、フラックスの含有量は、原料混合物(100質量%)を基準として、好ましくは20質量%以下、より好ましくは10質量%以下であり、好ましくは0.1質量%以上である。フラックス含有量が前記範囲であると、フラックスが少ないために粒子成長の不足により、ガーネット結晶構造を形成し難くなることなく、また、フラックスが多すぎて、ガーネット結晶構造を形成し難くなることはないからである。

【0044】

原料混合物は、各原料を所望の配合比となるように秤量した後、例えばボールミル等の乾式粉碎機を用いて粉碎混合してもよく、乳鉢と乳棒等を用いて粉碎混合してもよく、例えばリボンブレンダー等の混合機を用いて混合してもよく、乾式粉碎機と混合機の両方を用いて粉碎混合してもよい。また、必要に応じて、工業的に通常用いられている沈降槽等の湿式分離機、サイクロン等の乾式分級器を用いて分級してもよい。また、混合は、乾式混合でもよく、溶媒等を加えて湿式混合してもよい。混合は、乾式混合することが好ましい。湿式よりも乾式の方が工程時間を短縮でき、生産性の向上に繋がるからである。

30

【0045】

原料混合物は、各原料を混合した後、酸に溶解し、その溶解液を例えばシュウ酸等で共沈させ、共沈によって生成された生成物を焼成して酸化物とし、原料混合物として用いてもよい。

40

【0046】

原料混合物は、黒鉛等の炭素材質、窒化ホウ素(BN)、酸化アルミニウム(アルミナ)、タングステン(W)、モリブデン(Mo)の材質のルツボ、ボート等に入れて熱処理することができる。

【0047】

原料混合物を熱処理する温度は、結晶構造の安定性の観点から、好ましくは1000以上2100以下、より好ましくは1100以上2000以下、さらに好ましくは1200以上1900以下、特に好ましくは1300以上1800以下である。熱処理は、例えば、電気炉、ガス炉等を使用することができる。

【0048】

50

熱処理時間は、昇温速度、熱処理雰囲気等によって異なり、熱処理温度に達してから、好ましくは1時間以上、より好ましくは2時間以上、さらに好ましくは3時間以上であり、好ましくは20時間以下、より好ましくは18時間以下、さらに好ましくは15時間以下である。

【0049】

原料混合物を熱処理する雰囲気は、アルゴン、窒素等の不活性雰囲気、水素等を含む還元雰囲気、又は大気中又は弱還元性雰囲気にて行なうことができる。原料混合物は、黒変の防止等の観点から大気中又は弱還元性雰囲気中で熱処理する第一熱処理と、特定の発光ピーク波長を有する光の吸収効率を高める観点から還元雰囲気中で熱処理する第二熱処理を二段階の熱処理を行なってもよい。ガーネット構造を構成する蛍光体は、還元雰囲気のように還元力の高い雰囲気中で、原料混合物の反応性がよくなり、加圧することなく大気圧下で熱処理することができる。例えば、「特願2014-260421」号に開示の方法により熱処理を行なうことができる。

10

【0050】

得られた蛍光体は、洗浄、ろ過等の方法による固液分離、真空乾燥等の方法による乾燥、乾式ふるい等による分級等の後処理工程を行なってもよく、これらの後処理工程により、所望の平均粒径を有する蛍光体を得られる。

【0051】

(その他の蛍光体)

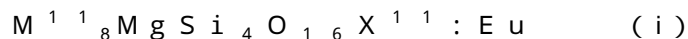
発光装置100は、第一蛍光体71に加えて、他の種類の蛍光体を含んでいても良い。

20

他の種類の蛍光体としては、発光素子10から出射された光の一部を吸収して、緑色に発光する緑色蛍光体や、黄色に発光する黄色蛍光体、680nmを超える波長範囲に発光ピーク波長を有する蛍光体等が挙げられる。

【0052】

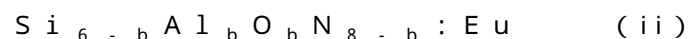
緑色蛍光体としては、具体的には、下記式(i)乃至(iii)で表される、いずれかの組成を有する蛍光体が挙げられる。



式(i)中、 M^{11} はCa、Sr、Ba及びZnからなる群から選択される少なくとも1種であり、 X^{11} はF、Cl、Br及びIからなる群から選択される少なくとも1種である。

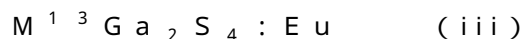
30

【0053】



式(ii)中、bは $0 < b < 4.2$ を満たす。

【0054】

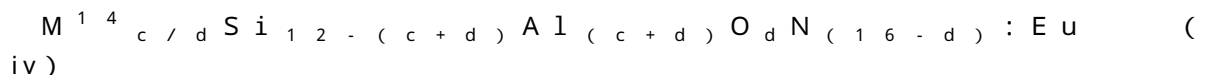


式(iii)中、 M^{13} は、Mg、Ca、Sr及びBaからなる群から選ばれる少なくとも1種である。

【0055】

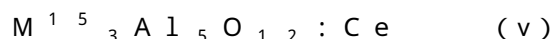
黄色蛍光体としては、具体的には、下記式(iv)乃至(v)で表される、いずれかの組成を有する蛍光体が挙げられる。

40



式(iv)中、 M^{14} は、Sr、Ca、Li及びYからなる群から選ばれる少なくとも1種である。cは0.5から5であり、dは0から2.5であり、dは M^{14} の電荷である。

【0056】



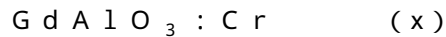
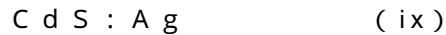
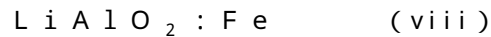
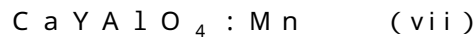
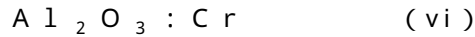
式(v)中、 M^{15} は、YまたはLuからなる群から選ばれる少なくとも1種である。

【0057】

680nmを超える波長範囲に発光ピーク波長を有する蛍光体としては、具体的には、

50

下記式(vi)乃至(x)で表される、いずれかの組成を有する蛍光体が挙げられる。



【0058】

発光装置100は、植物の光合成作用を活性化し、良好な形態又は重量を有するように植物の育成を促進することができる、植物栽培用の発光装置として利用できる。

【0059】

(植物栽培方法)

本発明の一実施形態の植物栽培方法は、発光装置100から発する光を植物に照射することにより、植物を栽培する方法である。植物栽培方法において、完全に外部環境から隔離され、人為的に制御可能な植物工場において、発光装置100からの光を植物に照射することができる。植物の種類は特に限定されないが、本発明の一実施形態の発光装置は、植物の光合成作用を活性化し、植物の茎、葉、根又は果実等を良好な形態又は重量を有するように植物の育成を促進することができるため、光合成を行なう葉緑素が多く含まれる野菜、花卉類等の栽培に適用することが好ましい。野菜としては、ガーデンレタス、カールレタス、ラムズレタス、ロメインレタス、エンダイブ、ロロロッサ、ルッコラレタス、フリルレタス等のレタス、春菊等のキク科の野菜、ハウレンソウ等のアサガオ科の野菜、イチゴ等のバラ科の野菜、キク、ガーベラ、バラ、チューリップ等の花卉類が挙げられる。

【実施例】

【0060】

以下、本発明を実施例により具体的に説明する。

【0061】

[参考例1乃至3、及び実施例4、5]

(第一蛍光体)

第一蛍光体71として、660nmに発光ピークを有する Mn^{4+} で賦活されるフルオロジーマネート蛍光体と、660nmに発光ピークを有する Eu^{2+} で賦活されるシリコンナイトライドを含む蛍光体の二種の蛍光体を用いた。第一蛍光体71において、MGF蛍光体とCASN蛍光体の質量比(MGF: CASN)は、95:5であった。

【0062】

(第二蛍光体)

第二蛍光体72として、以下の製造方法により得られる蛍光体を用いた。

まず、原料として、 Y_2O_3 (Y_2O_3 含有量100質量%)を55.73g、 CeO_2 (CeO_2 含有量: 100質量%)を0.78g、 Cr_2O_3 (Cr_2O_3 含有量: 100質量%)を0.54g、 Al_2O_3 (Al_2O_3 含有量: 100質量%)を42.95g秤量し、フラックスとして BaF_2 を5.00g添加した原料を、1時間、ボールミルにより、乾式混合し、原料混合物を得た。

得られた原料混合物をアルミナ坩堝に充填し、蓋をして、 H_2 が3体積%、 N_2 が97体積%の還元雰囲気中で、1500、10時間熱処理することで、焼成物を得た。この焼成物を乾式ふるいに通し、第二蛍光体を得た。得られた第二蛍光体について、誘導結合プラズマ発光分析装置(Perkin Elmer(パーキンエルマー)社製)を用いて、ICP-AES発光分析法により、組成分析を行なった。得られた第二蛍光体の組成は、 $(\text{Y}_{0.977}\text{Ce}_{0.009}\text{Cr}_{0.014})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (以下、「YAG:Ce,Cr」と称する場合がある。)であった。

【0063】

(発光装置)

発光装置100は、発光ピーク波長が450nmである窒化物半導体を発光素子10と

して用いた。

蛍光部材 50 を構成する封止材料としてシリコン樹脂を用い、シリコン樹脂 100 質量部に、第一蛍光体 71 又は第二蛍光体 72 を表 1 に示す配合比（質量部）で添加し、さらにシリカフィラー 15 質量部を添加して、混合分散した後、脱泡して蛍光部材を構成する樹脂組成物を得た。実施例 1 から 5 の各樹脂組成物において、表 1 に示すように、第一蛍光体 71 と第二蛍光体 72 の配合比を調節し、380 nm 以上 490 nm 以下の範囲における光量子束密度 B に対する 620 nm 以上 700 nm 未満の範囲における光量子束密度 R の比を示す R/B が 2.0 以上 2.4 以下であり、700 nm 以上 780 nm 以下の範囲における光量子束密度 F R に対する 620 nm 以上 700 nm 未満の範囲における光量子束密度 R の比を示す R/FR が 1.4 以上 6.0 以下となるように配合した。

10

この樹脂組成物を、成形体 40 の凹部の発光素子 10 上に注入して、前記凹部に充填し、さらに 150 で 4 時間加熱し、樹脂組成物を硬化させ、蛍光部材 50 を形成し、実施例 1 乃至 5 の各実施例について図 1 に示されるような発光装置 100 を製造した。

【0064】

[比較例 1]

比較例 1 は、発光ピーク波長が 450 nm である半導体発光素子からなる発光装置 X と、発光ピーク波長が 660 nm である半導体発光素子からなる発光装置 Y を用いて、380 nm 以上 490 nm 以下の範囲における光量子束密度 B に対する 620 nm 以上 700 nm 未満の範囲における光量子束密度 R の比を示す R/B が 2.5 となるよう調節した。

【0065】

20

< 評価 >

[光量子束密度]

実施例 1 乃至 5 にかかる発光装置 100 並びに比較例 1 にかかる発光装置 X 及び Y から発する光の光量子束密度を、光量子測定装置（LI-250A、Li-COR 社製）を用いて測定した。各実施例及び比較例の発光装置から発する光の 380 nm 以上 490 nm 以下の範囲における光量子束密度 B と、620 nm 以上 700 nm 未満の範囲における光量子束密度 R と、700 nm 以上 780 nm 以下の範囲における光量子束密度 F R と、前記光量子束密度 B に対する前記光量子束密度 R の比を示す R/B と、前記光量子束密度 F R に対する前記光量子束密度 R の比を示す R/FR を表 1 に記載した。また、図 2 は、各実施例及び比較例の発光装置における波長と相対光量子束密度の関係を示すスペクトルを示す。

30

【0066】

[植物の栽培試験]

植物栽培方法としては、「RGB 光源による生育期間（以下、「第 1 育成期間」と称する。）」と、本発明の一実施形態の発光装置を光源とした「植物育成用光源による育成期間（以下「第 2 育成期間」と称する。）」により行なう方法が挙げられる。

「第 1 育成期間」は、RGB 光源を用い、この RGB 光源としては、一般的に知られた RGB 型 LED を使用することが可能である。植物生育の初期段階で、RGB 型 LED を植物に照射するのは、植物生育の初期段階での茎部の長さ・本葉の数やサイズを揃え、第 2 育成期の光質の違いによる影響を明確にするためである。

40

「第 1 育成期間」は、2 週間程度であることが好ましい。「第 1 育成期間」が 2 週間未満の場合には、本葉 2 枚が展開していること、根が「第 2 育成期間」に確実に吸水できる長さに達していることを確認する必要がある。「第 1 育成期間」が 2 週間を越え長くなると、第 2 育成期間でのバラツキが大きくなる傾向がある。このようなバラツキは、茎部の伸長がおこり易い蛍光灯より、伸長が抑制的な RGB 光源で制御しやすい。

「第 1 育成期間」が終了後、直ちに「第 2 育成期間」に入る。第 2 育成期間において、本発明の一実施形態の発光装置から発する光を植物に照射することが好ましい。本発明の一実施形態の発光装置から発する光を植物に照射することによって、植物の光合成作用を活性化し、良好な形態又は重量を有するように植物の育成を促進することができる。

第 1 育成期間及び第 2 育成期間のトータルの生育期間は、4 週間から 6 週間程度であり

50

、この期間内に出荷可能な植物が得られることが好ましい。

具体的には、以下の方法により行なった。

栽培植物としてロメインレタス（グリーンロメイン、中原採取場株式会社製）を用いた。

（第1育成期間）

プラスチックトレイにロメインレタスを播種済みのウレタンスポンジ（サラダウレタン、M式水耕研究所社製）を並べ、RGB-LED光源（株式会社シバサキ製）からの光を照射し、植物を栽培した。室温22～23℃、湿度50～60%、発光装置からの光量子束密度100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、日長16時間/日の条件で16日間栽培した。発芽までは水のみを与え、発芽して（およそ4日後）からは養液に、大塚ハウス1号（大塚化学株式会社製）と大塚ハウス2号（大塚化学株式会社製）の質量比を3：2の割合で混合したものを水に溶かして使用した（大塚A処方）。また、養液の導電率を1.5 $\text{ms} \cdot \text{cm}^{-1}$ とした。

10

（第2育成期間）

第1育成期間後、実施例1乃至5及び比較例1の発光装置からの光を照射し、植物を水耕栽培した。

室温22～24℃、湿度60～70%、CO₂濃度600～700ppm、発光装置からの光量子束密度125 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、日長16時間/日の条件で19日間栽培した。養液は、大塚A処方を使用した。また、養液の導電率を1.5 $\text{ms} \cdot \text{cm}^{-1}$ とした。第2育成期間において、発光装置から植物に照射した光のR/B及びR/FRの値を表1に記載した。

20

【0067】

[新鮮重（可食部）の測定]

栽培後の植物を収穫し、地上部、根部に分けて湿重量を測定した。実施例1乃至5及び比較例1の発光装置から光を照射して水耕栽培した各栽培植物（6個数）の地上部の湿重量を新鮮重（可食部）（g）として測定した。その結果を表1及び図3に示す。

【0068】

[硝酸態窒素含有量の測定]

栽培植物の株元を5cm程度除いた可食部約20gを液体窒素で凍結し、ジュースミキサー（ラボミルサー LM-PLUS、株式会社大阪ケミカル製）で1分間破碎した液をMiracloth（Milipore社製）でろ過、ろ液を4℃、15,000rpmで5分間遠心した。上清を小型反射式光度計システム（品名：RQフレックスシステム、メルク株式会社製）と、試験紙（品名：リフレクトファイント（登録商標）、関東化学株式会社）を用いて、栽培植物中の硝酸態窒素含有量（mg/100g）を測定した。その結果を表1及び図4に示す。

30

【0069】

【表 1】

	蛍光体 (質量部)		光量子束密度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)			光量子束密度の比		新鮮重 (可食部) (g)	硝酸態窒素 含有量 (mg/100g)
	第一蛍光体 (MGF/CASN=95:5)	第二蛍光体 (YAG:Ce,Cr)	B	R	FR	R/B	R/FR		
比較例1	-	-	35.5	88.8	0.0	2.5	-	26.2	361.2
参考例1	60	-	31.5	74.9	12.6	2.4	6.0	35.4	430.8
参考例2	50	10	28.5	67.1	21.7	2.4	3.1	34.0	450.0
参考例3	40	20	25.8	62.0	28.7	2.4	2.2	33.8	452.4
実施例4	30	30	26.8	54.7	33.5	2.0	1.6	33.8	345.0
実施例5	25	39	23.4	52.8	38.1	2.3	1.4	28.8	307.2

【0070】

表1に示すように、実施例1乃至5の発光装置は、光量子束密度の比(R/B)が2.0以上4.0以下の範囲に含まれており、光量子束密度の比(R/FR)が0.7以上1

10

20

30

40

50

3.0以下の範囲に含まれている。これらの実施例1乃至5の発光装置から光を照射して栽培したロメインレタスは、表1及び図3に示すように、比較例1の発光装置から光を照射して栽培したロメインレタスよりも新鮮重（可食部）が増加し、植物の育成が促進された。

図2に示すように、実施例1の発光装置100は、380nm以上490nm以下の範囲と、580nm以上680nm未満の範囲に一以上の相対光量子密度の極大値を有していた。実施例2乃至5の発光装置100は、380nm以上490nm以下の範囲と、580nm以上680nm未満の範囲と、680nm以上800nm以下の範囲にそれぞれ一以上の相対光量子密度の極大値を有していた。なお、380nm以上490nm以下の範囲における相対光量子密度の極大値は、380nm以上490nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する発光素子の発光によるものであり、580nm以上680nm未満の範囲における相対光量子密度の極大値は、580nm以上680nm未満の範囲に少なくとも一つの発光ピーク波長を有する光を発する第一蛍光体によるものであり、680nm以上800nm以下の範囲における相対光量子密度の極大値は、680nm以上800nm以下の範囲に少なくとも一つの発光ピーク波長を有する光を発する第二蛍光体によるものである。

【0071】

表1に示すように、実施例4及び5の発光装置100は、光量子束密度の比（R/B）がそれぞれ2.0、2.3であり、光量子束密度の比（R/FR）がそれぞれ1.6、1.4であり、これらの光量子束密度の比は、R/Bが2.0以上4.0以下の範囲に含まれており、R/FRが0.7以上2.0以下の範囲に含まれている。これらの発光装置100から光を照射して栽培したロメインレタスは、表1及び図4に示すように、硝酸態窒素含有量が比較例1よりも小さくなり、植物の育成を阻害しない範囲で、人体の健康に影響を及ぼす虞のある硝酸態窒素含有量が低減された植物を育成できた。

【産業上の利用可能性】

【0072】

本発明の一実施形態の発光装置は、光合成作用を活性化し、植物の育成を促進可能な、植物栽培用の発光装置として利用できる。また、本発明の一実施形態の発光装置から発する光を植物に照射する植物栽培方法は、比較的短期間で収穫が可能となる植物を栽培することができ、植物工場で利用できる。

【符号の説明】

【0073】

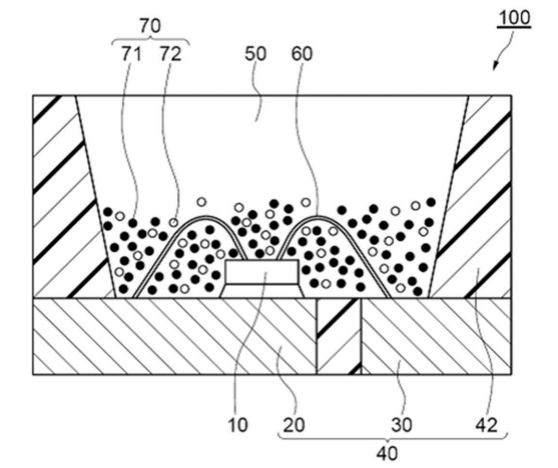
10：発光素子、40：成形体、50：蛍光部材、71：第一蛍光体、72：第二蛍光体、100：発光装置。

10

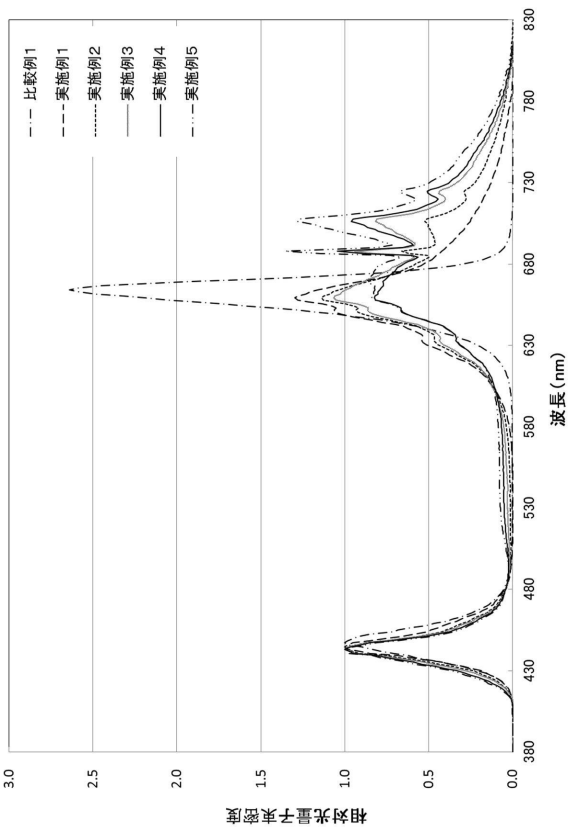
20

30

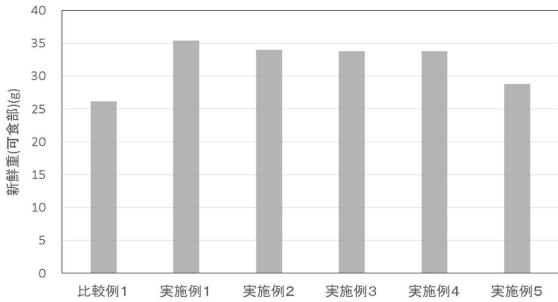
【 図 1 】



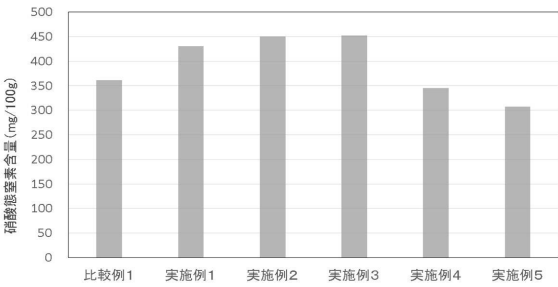
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I		
C 0 9 K	11/61	(2006.01)	C 0 9 K	11/61	C P F
C 0 9 K	11/67	(2006.01)	C 0 9 K	11/67	C P P
A 0 1 G	7/00	(2006.01)	A 0 1 G	7/00	6 0 1 C

審査官 小濱 健太

(56) 参考文献 国際公開第 2 0 1 0 / 0 5 3 3 4 1 (W O , A 1)
特開 2 0 1 6 - 1 1 1 1 9 0 (J P , A)

(58) 調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 3 3 / 0 0 - 3 3 / 6 4
C 0 9 K 1 1 / 0 0 - 1 1 / 8 9