

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年7月26日(26.07.2018)



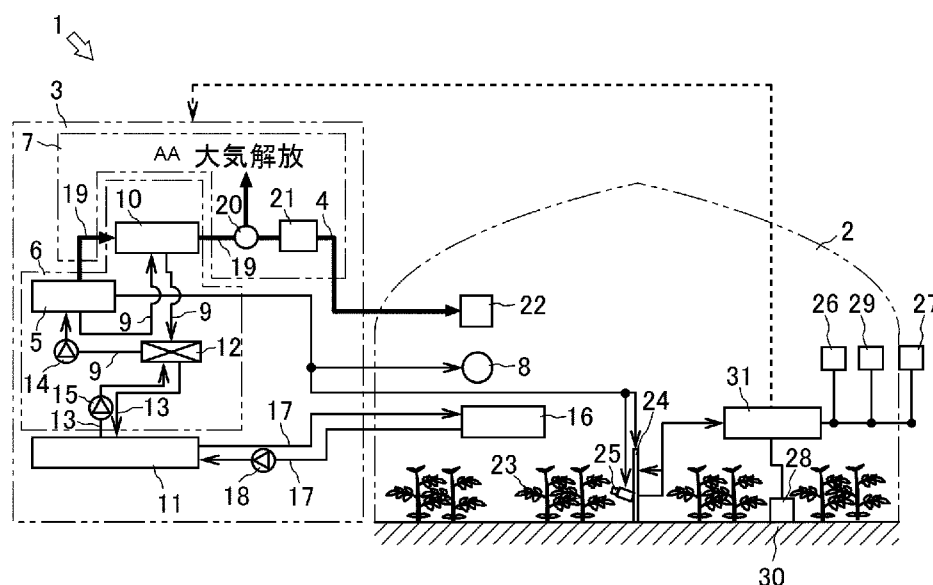
(10) 国際公開番号

WO 2018/135296 A1

- (51) 国際特許分類:
A01G 7/02 (2006.01) A01G 9/18 (2006.01)
A01G 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/047290
- (22) 国際出願日: 2017年12月28日(28.12.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-009706 2017年1月23日(23.01.2017) JP
- (71) 出願人: ヤンマー株式会社 (YANMAR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5308311 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 武本 徹(TAKEMOTO Toru); 〒5308311 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号 ヤンマー株式会社内 Osaka (JP). 石井 章夫(ISHII Akio); 〒5308311 大阪府大阪市北区茶屋町1番32号 ヤンマー株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人矢野内外国特許事務所 (YANO INTERNATIONAL PATENT ATTORNEYS OFFICE, P.C.); 〒5406134 大阪府大阪市中央区城見二丁目1番61号 ツイン21 MIDタワー34階 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: CARBON DIOXIDE FERTILIZING DEVICE

(54) 発明の名称: 二酸化炭素施肥装置



AA Release air

(57) **Abstract:** Provided is a carbon dioxide fertilizing device capable of optimally controlling the amount of supply of carbon dioxide in accordance with the state of photosynthesis of a plant. This carbon dioxide fertilizing device 1 determines the state of photosynthesis of a plant 23 on the basis of the difference in temperature of a leaf vein part 34 and a leaf blade part A of the plant 23 and the time, determines the rate of photosynthesis of the plant 23 on the basis of the temperature difference between the temperature in an agricultural facility and the leaf temperature of the plant 23, and controls the

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

amount of supply of carbon dioxide to the agricultural facility in which the plant 23 is grown on the basis of the state of photosynthesis of the plant 23 using the determined photosynthesis rate of the plant 23 as an index.

(57) 要約: 植物の光合成の状態に合わせて、最適な二酸化炭素の供給量の制御を行うことができる二酸化炭素施肥装置を提供する。二酸化炭素施肥装置 1 は、植物 2 3 の葉脈部 3 4 と葉身部 A との温度差と時刻とに基づいて、植物 2 3 の光合成の状態を判定し、農業施設内の温度と植物 2 3 の葉温との温度差に基づいて植物 2 3 の光合成の速度を判定し、判定した植物 2 3 の光合成の速度を指標として、植物 2 3 の光合成の状態に基づいて、植物 2 3 を生育させる農業施設内への二酸化炭素の供給量を制御する。

明 細 書

発明の名称：二酸化炭素施肥装置

技術分野

[0001] 本発明は、二酸化炭素施肥装置に関する。詳しくは、植物を生育させる施設の二酸化炭素施肥装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、植物の光合成の基質として二酸化炭素があり、光合成の速度は二酸化炭素の濃度に影響を受ける。光合成に必要な二酸化炭素が不足する場合、光合成の速度が減少する。農産物生産において、二酸化炭素を植物へ施肥して二酸化炭素の濃度を高く保ち、光合成の速度を増大させ、生育を促進することで収量増加および品質向上を達成することを二酸化炭素施肥という。二酸化炭素施肥技術として、植物の葉の近傍に十分な二酸化炭素を供給できる二酸化炭素マイクロバブル含有水供給方法および二酸化炭素マイクロバブル含有水供給装置が知られている。例えば、特許文献1に記載の如くである。

[0003] 特許文献1に記載の二酸化炭素マイクロバブル含有水供給方法は、マイクロバブル発生装置に二酸化炭素と水とを導入して二酸化炭素マイクロバブル含有水を生成し、この二酸化炭素マイクロバブル含有水を噴霧ダクトで植物の局所に対して微小水滴として吐出する。

[0004] 特許文献1に記載の技術において、二酸化炭素マイクロバブル含有水供給装置は、サーモグラフィなどで葉温を測定し、葉温が所定値を超えたときに二酸化炭素マイクロバブル含有水を噴霧する。これによって、二酸化炭素マイクロバブル含有水供給装置は、植物が多くの光を受けているときに多くの二酸化炭素を供給し光合成を促進する。しかし、植物が光を受けて葉温が高い場合でも、水分が不足する水ストレスが生じているときは、植物は水分を保持するため気孔を閉鎖し、気孔から二酸化炭素が取り込まれず、光合成の速度が著しく低下する。そこで、水ストレスが生じ光合成を実際に行えない場合でも、最適な二酸化炭素の供給量の制御を行うことができる二酸化炭素

施肥装置が求められていた。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2011-50293号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明の目的は、植物の光合成の状態に合わせて、最適な二酸化炭素の供給量の制御を行うことができる二酸化炭素施肥装置の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段を説明する。

[0008] 即ち、二酸化炭素施肥装置は、植物の葉脈部と葉身部との温度差に基づいて、植物の光合成の状態を判定し、植物の光合成の状態に基づいて、植物を生育させる施設内への二酸化炭素の供給量を制御するものである。

[0009] 二酸化炭素施肥装置は、施設内の温度と植物の葉温との温度差に基づいて、植物の光合成の速度を判定し、時刻に基づいて植物の光合成の状態を判定し、植物の光合成の速度を指標として、植物の光合成の状態に基づいて、植物を生育させる施設内への二酸化炭素の供給量を制御するものである。

[0010] 二酸化炭素施肥装置は、エンジン発電機と、エンジン発電機の廃熱回収手段と、エンジン発電機の排気ガスの二酸化炭素分離手段と、を備えたエネルギー供給装置により二酸化炭素を供給するものである。

[0011] 二酸化炭素施肥装置は、植物の生育状態に応じて、葉脈部と葉身部との温度差を計測する対象の葉を変更するものである。

発明の効果

[0012] 本発明は、以下に示すような効果を奏する。

[0013] 二酸化炭素施肥装置においては、植物の光合成が実際に行われているか否かが判定される。これにより、植物の光合成の状態に合わせて、最適な二酸

化炭素の供給量の制御を行うことができる。

[0014] 二酸化炭素施肥装置においては、簡単な手法により植物の光合成を行うための外部環境が考慮されて、植物の光合成が実際に行われているか否かが判定される。これにより、植物の光合成の状態に合わせて、更に最適な二酸化炭素の供給量の制御を行うことができる。

[0015] 二酸化炭素施肥装置においては、エンジンから生産される電力と熱と二酸化炭素とを利用するトリジェネレーションシステムにより二酸化炭素が植物に供給される。これにより、トリジェネレーションシステムを用いて、植物の光合成の状態に合わせて、最適な二酸化炭素の供給量の制御を行うことができる。

[0016] 二酸化炭素施肥装置においては、植物の生育に効果的な位置の葉における、植物の光合成の状態が判定される。これにより、植物の光合成の状態に合わせて、最適な二酸化炭素の供給量の制御を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]二酸化炭素施肥装置を備える農業施設を示す斜視図。

[図2]二酸化炭素施肥装置の全体構成を示す概略図。

[図3]二酸化炭素施肥装置の制御装置の構成を示す図。

[図4]葉の構成を示す図。

[図5] (a) 水ストレスがない場合における葉の温度分布の状態を示す図、 (b) 水ストレスがある場合における葉の温度分布の状態を示す図、 (c) 水ストレスがない場合と水ストレスがある場合との温度の変化を示す図。

[図6] (a) 葉の温度を計測している状態を示す図、 (b) 植物が成長した場合のサーモカメラの移動を示す図。

[図7] トマトの実を大きくさせる場合の、葉の温度を計測している状態を示す図。

[図8] 二酸化炭素の供給量の制御を表すフローチャートを示す図。

[図9] 気温と葉温との温度差と、光合成速度との関係を示す図。

[0018] 以下に、図1および図2を用いて、二酸化炭素施肥装置の一実施形態に係

る二酸化炭素施肥装置 1 の全体構成について説明する。

[0019] 農業施設 2 は、各種野菜、果物、花等の植物を生育させる施設である。具体的には、ビニールハウス、ガラスハウスなどの閉塞された空間を形成するように構成された施設が挙げられる。

[0020] トリジェネレーション装置 3 は、農業施設 2 に電力、熱、および二酸化炭素を供給するものである。トリジェネレーション装置 3 は、農業施設 2 の近傍に設置される。トリジェネレーション装置 3 は、農業施設 2 の側面に沿って設けられている二酸化炭素供給経路 4 を通じて農業施設 2 内部へ二酸化炭素を供給している。トリジェネレーション装置 3 は、エンジン発電機 5、エンジン発電機 5 の廃熱回収手段 6、エンジン発電機 5 の排気ガスの二酸化炭素分離手段 7 等を具備する。なお、本実施形態においては、二酸化炭素供給手段としてトリジェネレーション装置 3 について説明を行うが、これに限定されるものではなく、二酸化炭素ポンプ等の二酸化炭素を供給できるものであればよい。

[0021] トリジェネレーション装置 3 が具備するエンジン発電機 5 は、エンジンの駆動力によって発電機を駆動して電力を生じるものである。エンジンとしては、排気ガスに二酸化炭素を含むものであれば、特に限定されるものではなく、例えば、バイオマスガスなどのガスを燃料とするガスエンジンを使用することができる。また、発電機によって得られた電力は、そのまま農業施設 2 内の照明等の各種電力負荷 8 に使用するものであってもよいし、不必要時に売電または蓄電池に蓄電し、必要に応じて使用するようになされたものであってもよい。

[0022] 廃熱回収手段 6 は、エンジン発電機 5 の廃熱を回収するものである。廃熱回収手段 6 は、エンジン発電機 5 を冷却する冷却水循環経路 9 と、排気ガスからの廃熱を回収する排気ガス熱交換器 10 と、エンジン発電機 5 および排気ガス熱交換器 10 から回収した廃熱を貯湯槽 11 からの水媒体と熱交換する廃熱熱交換器 12 と、廃熱熱交換器 12 で回収した廃熱を貯湯槽 11 へ供給する廃熱回収経路 13 とによって構成されている。

- [0023] 冷却水循環経路 9 は、エンジン発電機 5 を冷却した後の高温となった冷却水が、排気ガス熱交換器 10 を通過してさらに高温となった後、廃熱熱交換器 12 を通過する際、廃熱熱交換器 12 において、貯湯槽 11 からの水媒体と熱交換を行うように構成されている。熱交換後、低温となった冷却水は、ポンプ 14 によって再度エンジン発電機 5 を冷却し、その後、排気ガス熱交換器 10 から廃熱熱交換器 12 へ循環を繰り返すように構成されている。
- [0024] 一方、廃熱回収経路 13 は、貯湯槽 11 から取り出した水媒体をポンプ 15 によって廃熱熱交換器 12 へ供給し、エンジン発電機 5 の廃熱を回収して高温のお湯とした後、貯湯槽 11 の内部へ戻すように構成されている。貯湯槽 11 に蓄熱され温水媒体は、熱供給経路 17 を経由し暖房器 16 へ送られ暖房器 16 で放熱した後に、温度が低下した水媒体をポンプ 18 によって、貯湯槽 11 の内部へ戻される。このようにして、トリジェネレーション装置 3 は、農業施設 2 を暖房できる。
- [0025] 二酸化炭素分離手段 7 は、エンジン発電機 5 の排気ガスから二酸化炭素を分離し、農業施設 2 に供給するものである。二酸化炭素分離手段 7 は、エンジン発電機 5 から排気ガスを供給する排気ガス供給経路 19 と、排気ガスを供給する方向を切り換える切換弁 20 と、吸着剤を用いた圧力式分離方法（P S A 法）により二酸化炭素以外の成分を吸着する二酸化炭素分離装置 21 と、二酸化炭素分離装置 21 から二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給経路 4 とによって構成されている。エンジン発電機 5 から大気解放される排気ガスは、切換弁 20 によって二酸化炭素分離装置 21 に排気ガスを供給する状態に切り換えることで、二酸化炭素分離装置 21 により二酸化炭素が分離される。そして、二酸化炭素分離手段 7 は、農業施設内に設けた二酸化炭素供給ダクト 22 から、二酸化炭素を供給できる。トリジェネレーション装置 3 は、農業施設 2 に二酸化炭素を供給することで、農業施設内で栽培する植物 23 の光合成を促進することができる。
- [0026] サーモカメラ撮影対象変更装置 24 は、サーモカメラ 25 の位置や撮影方向を変更して、サーモカメラ 25 の撮影対象を変更するものである。サーモ

カメラ撮影対象変更装置 24 は、計測する対象の植物 23 の近傍に設けられている。サーモカメラ撮影対象変更装置 24 は、サーモカメラ 25 の上下の位置を変更可能、かつサーモカメラ 25 の撮影方向を変更可能なアクチュエータを介してサーモカメラ 25 が設けられている。なお、サーモカメラ撮影対象変更装置 24 を台車やロボット等に設け、台車やロボット等を移動させて計測する対象の植物 23 を変更可能な構成としてもよい。

[0027] サーモカメラ 25 は、物体から放射される熱エネルギーの温度分布を撮影するものである。サーモカメラ 25 は、植物 23 の葉の温度分布を撮影し、サーモカメラ撮影対象変更装置 24 により撮影対象となる植物 23 の葉を変更可能に構成されている。サーモカメラ 25 は、制御装置 31 と接続され、撮影した温度分布は制御装置 31 に送られる。

[0028] 施設内温度計 26 は、農業施設内の温度を検出するものである。施設内温度計 26 は、制御装置 31 と接続され、検出した温度は制御装置 31 に送られる。

[0029] また、外気温度計 27、培地温度計 28、および二酸化炭素濃度計 29 等のセンサーが農業施設 2 に設けられ、計測された情報が植物 23 の生育に利用される。外気温度計 27 は農業施設 2 の外部の温度を検出し、培地温度計 28 は農業施設 2 の培地 30 の温度を検出し、二酸化炭素濃度計 29 は農業施設内の二酸化炭素濃度を検出する。外気温度計 27、培地温度計 28、および二酸化炭素濃度計 29 は、制御装置 31 と接続され、検出した値は、制御装置 31 に送られる。

[0030] 次に、図 3 を用いて、二酸化炭素施肥装置 1 が具備する制御装置 31 について説明する。

[0031] 制御装置 31 は、植物 23 の光合成の状態に合わせて、最適な二酸化炭素の供給量の制御を行うものである。制御装置 31 は、実体的には、CPU、ROM、RAM、HDD 等がバスで接続される構成であってもよく、あるいはワンチップのLSI 等からなる構成であってもよい。制御装置 31 は、制御するために種々のプログラムやデータが格納されている。

- [0032] 制御装置 31 は、サーモカメラ 25 に接続され、サーモカメラ 25 が撮影した葉の温度分布を取得することができる。
- [0033] 制御装置 31 は、入力装置 32 に接続されている。入力装置 32 には、キーボードやマウスが含まれており、オペレータによる入力に用いられる。
- [0034] 制御装置 31 は、施設内温度計 26 に接続され、施設内温度計 26 が検出した農業施設内の温度を取得することができる。
- [0035] 制御装置 31 は、時計 41 に接続され、現時点の時刻を取得することができる。
- [0036] 制御装置 31 は、エンジン発電機 5 に接続され、エンジン発電機 5 のエンジン負荷もしくは運転状態を制御することにより二酸化炭素の供給量を制御することができる。
- [0037] 制御装置 31 は、切換弁 20 に接続され、切換弁 20 を切り換えることにより二酸化炭素の供給量を制御することができる。
- [0038] 制御装置 31 は、サーモカメラ撮影対象変更装置 24 に接続され、サーモカメラ 25 の撮影対象を変更することができる。
- [0039] 次に、図 4 を用いて、葉の構成について説明する。なお、本実施例においては、植物 23 はトマトであるものとして説明するが、これに限定されるものではなく、葉脈部 34 と葉身部 A と気孔 35 とを備える植物 23 であればよい。
- [0040] 葉 33 は、植物 23 の光合成や呼吸を行う器官である。葉 33 は、葉脈部 34、葉身部 A、気孔 35 等を備える。
- [0041] 葉脈部 34 は、茎の維管束と連結して水や養分を供給し、デンプンなどの合成産物を運ぶものである。葉脈部 34 は、葉 33 の根元から先端へ中心になる葉脈部 34 が走り、その途中で側方へ枝の葉脈部 34 が伸びる。
- [0042] 葉身部 A は、葉 33 の本体であり植物 23 の光合成の主要な場となっているものである。葉身部 A は、茎から分かれて側方に伸びている部分である。葉身部 A の内部に葉脈部 34 が通っている。
- [0043] 気孔 35 は、呼吸および蒸散のために、外部と気体の交換を行うものであ

る。気孔35は、葉33の裏側の表皮に多く存在する。気孔35は、2つの細胞（孔辺細胞）が唇型に向かい合った構造になっており、孔辺細胞の形が変化することによって、気孔35の大きさが調節される。二酸化炭素は、主に気孔35を通じて供給される。さらに、葉33の内部で行われた植物23の光合成により生じた酸素も気孔35より排出されるほか、蒸散による空気中への水蒸気の放出も同様に、主に気孔35を通じて行われる。気孔35の開閉を調節する要素の一つに水がある。具体的には、植物23は、水ストレスがある場合、気孔35を閉じることで蒸散を抑え体内の水分減少を遅らせる。水ストレスとは、水分が不足するときに植物23が受けるストレスであり、土壌が乾燥している場合や、湿度が適正湿度より低下している場合に生じる。

[0044] 次に、図5を用いて水ストレスがない場合と水ストレスがある場合との、葉33の温度について説明する。なお、葉33は光合成に必要な光を受けているものとする。

[0045] 図5（a）に示すように、水ストレスがない場合、サーモカメラ25で撮影した葉の温度分布は、濃い色ほど高い温度であること表している。葉身部Aにある気孔が開いており蒸散が行われているため、葉身部Aは葉脈部34に比べて温度が低くなる。

[0046] 図5（b）に示すように、水ストレスがある場合、サーモカメラ25で撮影した葉の温度分布も、水ストレスがない場合と同様に濃い色ほど高い温度であること表している。葉33は、気孔を閉じて蒸散を抑えるため、葉脈部34と葉身部Aの温度が共に上昇し、温度差が減少する。

[0047] 図5（c）に示すように、グラフにより水ストレスがない場合と水ストレスがある場合とについて、葉脈部34と葉身部Aとの温度を比較する。葉33は、水ストレスがない場合、気温よりも葉脈部34の温度が高く、葉身部Aの温度は気温よりやや高い状態となる。葉33は、水ストレスがある場合、葉脈部34と葉身部Aの温度が共に上昇し、温度差が減少する。これは、水ストレスがある場合、水分を保持するために気孔が閉鎖して、蒸散による

潜熱伝達量が減少するためである。水ストレスがない場合と水ストレスがある場合とを比較すると、葉脈部 3 4 と葉身部 A の温度差が減少する（両矢印 B 参照）。

[0048] 次に、制御装置 3 1 が行う二酸化炭素の供給量の制御について説明する。

[0049] 制御装置 3 1 は、時計 4 1 から取得する現時点の時刻に基づいて、光合成可能時間か否かを判定する。光合成可能時間とは、日中の時間であり、例えば 6 時から 18 時である。制御装置 3 1 は、光合成可能時間ではなく、植物 2 3 が光合成を行っていないと判定した場合、エンジン発電機 5 のエンジン負荷を減少させる制御、または切換弁 2 0 の切り換えを行うことにより、二酸化炭素の供給量を減少または供給を遮断させる。なお、光合成可能時間は、季節や地域によって日の出および日没時間が変わるため、オペレータにより光合成可能時間を任意に設定可能な構成としてもよいし、制御装置 3 1 が季節に応じて自動的に光合成可能時間を設定する構成としてもよい。

[0050] 制御装置 3 1 は、光合成可能時間の場合、サーモカメラ 2 5 で撮影した温度分布の画像（図 5（a）および図 5（b）参照）から、画像認識により葉脈部 3 4 と葉身部 A との位置を判定する。制御装置 3 1 は、水ストレスがある場合、葉脈部 3 4 と葉身部 A との温度差が小さくなるため、葉脈部 3 4 と葉身部 A との温度差に基づいて、水ストレスがあるか否か、つまり植物 2 3 が光合成を行っているか否か（蒸散の有無）を判定する。

[0051] 制御装置 3 1 は、水ストレスがなく植物 2 3 が光合成を行っている（蒸散あり）と判定した場合、サーモカメラ 2 5 が撮影した画像から葉温を計測する。制御装置 3 1 は、画像認識により葉と認識した部分の平均温度を葉温として算出する。気温（植物 2 3 が施設内にある場合は、施設内の温度）と葉温との温度差が植物 2 3 の光合成の速度と正の相関があるため、制御装置 3 1 は、農業施設内の温度と葉温との温度差に基づいて、植物 2 3 の光合成の速度を判定する。制御装置 3 1 は、判定した植物 2 3 の光合成の速度を指標として、エンジン発電機 5 のエンジン負荷もしくは運転状態の制御、または切換弁 2 0 の切り換えを行うことにより、二酸化炭素の供給量を制御する。

[0052] 制御装置 31 は、水ストレスがあり植物 23 が光合成を行っていない（蒸散なし）と判定した場合、制御装置 31 は、エンジン発電機 5 のエンジン負荷を減少させる制御、または切換弁 20 の切り換えを行うことにより、二酸化炭素の供給量を減少、または供給を遮断させる。これにより、制御装置 31 は、実際の光合成の状態に合わせて、適量の二酸化炭素を植物 23 に供給する。

[0053] このように構成することで、二酸化炭素施肥装置 1 は、簡単な手法により植物 23 の光合成を行うための外部環境を考慮し、植物 23 の葉脈部 34 と葉身部 A との温度差に基づいて、植物 23 の光合成の実施状況が判定される。また、エンジンの排気ガスに含まれる二酸化炭素が植物 23 に供給される。これにより、トリジェネレーションシステムを用いて、適切な二酸化炭素の供給量の制御を行うことができる。

[0054] 次に、図 6 および図 7 を用いて、サーモカメラ 25 の撮影方法について説明する。

[0055] 図 6 に示すように、サーモカメラ 25 は、トマト 36 の葉の裏側を撮影している。サーモカメラ 25 は、トマト 36 の茎を成長させる場合、成長点 38（茎の先端部）付近の光合成を促すことが効果的であるため、成長点 38 付近の葉 37a を撮影している（図 6（a）参照）。オペレータは、トマト 36 の茎が成長した場合、入力装置 32 を操作してサーモカメラ 25 を上に移動させ（矢印 C 参照）、サーモカメラ 25 の撮影対象を成長点 38 付近である葉 37b に変更する（図 6（b）参照）。制御装置 31 は、トマト 36 の茎や根の成長に適した位置の葉の光合成状態に基づいて、二酸化炭素の供給量を制御することで、トマト 36 の茎や根の成長を促進させる。

[0056] 図 7 に示すように、サーモカメラ 25 は、結実したトマト 36 の葉の裏側を撮影している。トマト 36 の実を大きくするため、トマト 36 の実の位置を基準として上下の葉の光合成を促すことが効果的である。そのため、オペレータは、トマト 36 の実 39 を大きくする場合、入力装置 32 を操作し、サーモカメラ 25 の撮影対象をトマト 36 の実 39 の位置を基準として上の

葉 3 7 c にする。制御装置 3 1 は、トマト 3 6 の実 3 9 の成長に適した位置の葉の光合成状態に基づいて、二酸化炭素の供給量を制御することで、トマト 3 6 の実 3 9 の成長を促進する。

[0057] このように構成することで、二酸化炭素施肥装置 1 は、植物 2 3 の生育に重要な葉の植物 2 3 の光合成の実施状況が判定される。これにより、植物 2 3 の光合成の状態に合わせて、適切な二酸化炭素の供給量の制御を行うことができる。

[0058] 次に、図 8 および図 9 を用いて、二酸化炭素施肥装置 1 の制御装置 3 1 における二酸化炭素の供給量の制御について具体的に説明する。

[0059] ステップ S 1 0 0 において、制御装置 3 1 は、時刻から光合成可能時間帯か否かを判断する。

その結果、光合成可能時間帯であると判定された場合、制御装置 3 1 はステップ S 1 1 0 に移行させる。

一方、光合成可能時間帯でないと判定された場合、制御装置 3 1 はステップ S 1 7 0 に移行させる。

[0060] ステップ S 1 1 0 において、制御装置 3 1 は、葉脈部 3 4 と葉身部 A との温度差があるか否かを判断する。なお、この判断においては閾値が設定されており、制御装置 3 1 は、閾値以上の温度差があるか否かを判断する。

その結果、葉脈部 3 4 と葉身部 A との温度差があると判定された場合、制御装置 3 1 はステップ S 1 2 0 に移行させる。

一方、葉脈部 3 4 と葉身部 A との温度差がないと判定された場合、制御装置 3 1 はステップ S 1 6 0 に移行させる。

[0061] ステップ S 1 2 0 において、制御装置 3 1 は、植物 2 3 の水ストレスがないと判定しステップ S 1 3 0 に移行させる。

[0062] ステップ S 1 3 0 において、制御装置 3 1 は、植物 2 3 が光合成を行っているかと判定しステップ S 1 4 0 に移行させる。

[0063] ステップ S 1 4 0 において、制御装置 3 1 は、農業施設内の温度と葉温との温度差に基づいて判定される光合成速度を指標として、二酸化炭素の供給

量を算出しステップS 1 5 0に移行させる。例えば、制御装置3 1は、気温と葉温との温度差と、光合成速度との関係（図9参照）に基づいて、光合成速度が速くなるように二酸化炭素の供給量を算出する。

[0064] ステップS 1 5 0において、制御装置3 1は、S 1 4 0で算出した供給量の二酸化炭素を供給する制御を行い二酸化炭素施肥装置1の制御の処理を終了させる。

[0065] ステップS 1 6 0において、制御装置3 1は、植物2 3の水ストレスがあると判定しステップS 1 7 0に移行させる。

[0066] ステップS 1 7 0において、制御装置3 1は、植物2 3が光合成を行っていないと判定しステップS 1 8 0に移行させる。

[0067] ステップS 1 8 0において、制御装置3 1は、二酸化炭素の供給量を減少させる制御、または供給を遮断する制御を行い二酸化炭素施肥装置1の制御の処理を終了させる。

[0068] 上述の実施形態は、代表的な形態を示したに過ぎず、一実施形態の骨子を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。さらに種々なる形態で実施し得ることは勿論のことであり、本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲に記載の均等の意味、および範囲内のすべての変更を含む。

産業上の利用可能性

[0069] 本発明は、植物を生育させる施設の二酸化炭素施肥装置に利用可能である。

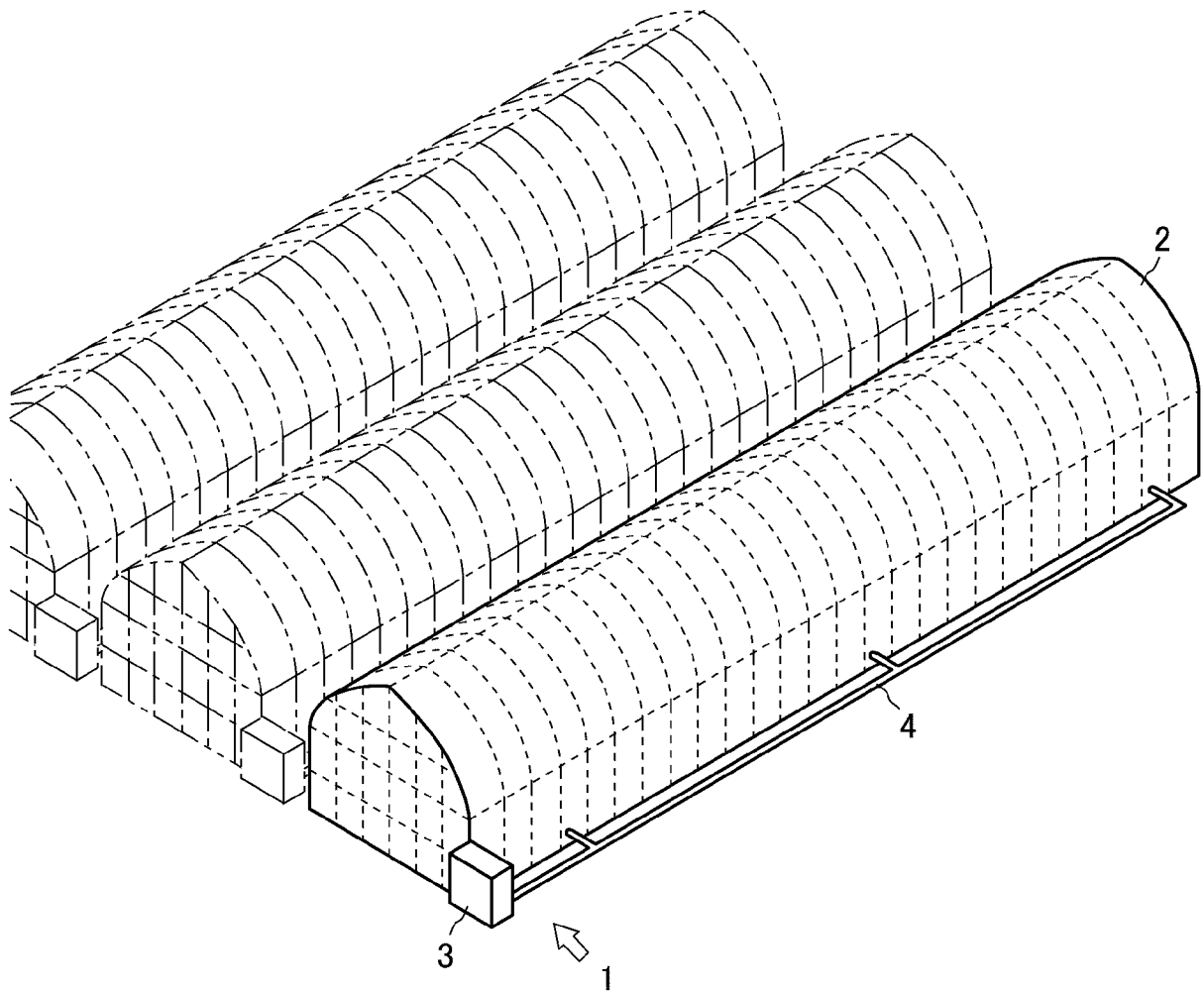
符号の説明

[0070] 1 二酸化炭素施肥装置
 2 3 植物
 3 4 葉脈部
 A 葉身部

請求の範囲

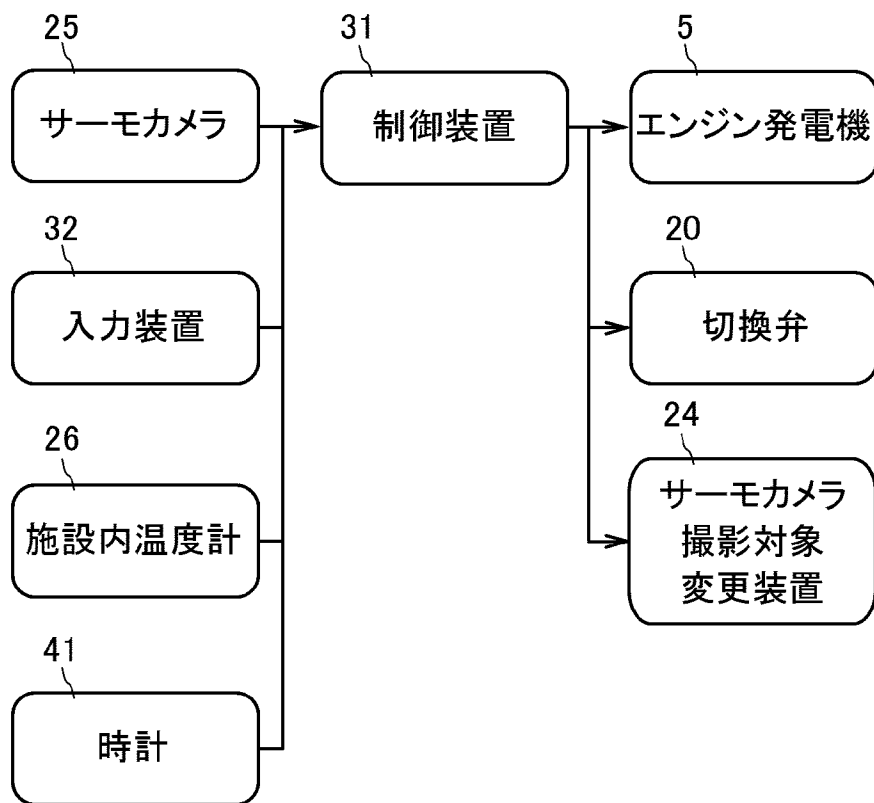
- [請求項1] 植物の葉脈部と葉身部との温度差に基づいて、前記植物の光合成の状態を判定し、
前記植物の光合成の状態に基づいて、前記植物を生育させる施設内への二酸化炭素の供給量を制御する二酸化炭素施肥装置。
- [請求項2] 前記施設内の温度と前記植物の葉温との温度差に基づいて、前記植物の光合成の速度を判定し、
時刻に基づいて前記植物の光合成の状態を判定し、
前記植物の光合成の速度を指標として、
前記植物の光合成の状態に基づいて、前記植物を生育させる施設内への二酸化炭素の供給量を制御する請求項1に記載の二酸化炭素施肥装置。
- [請求項3] エンジン発電機と、
前記エンジン発電機の廃熱回収手段と、
前記エンジン発電機の排気ガスの二酸化炭素分離手段と、を備えたエネルギー供給装置により二酸化炭素を供給する請求項1または請求項2に記載の二酸化炭素施肥装置。
- [請求項4] 前記植物の生育状態に応じて、前記葉脈部と葉身部との温度差を計測する対象の葉を変更する請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の二酸化炭素施肥装置。

[図1]

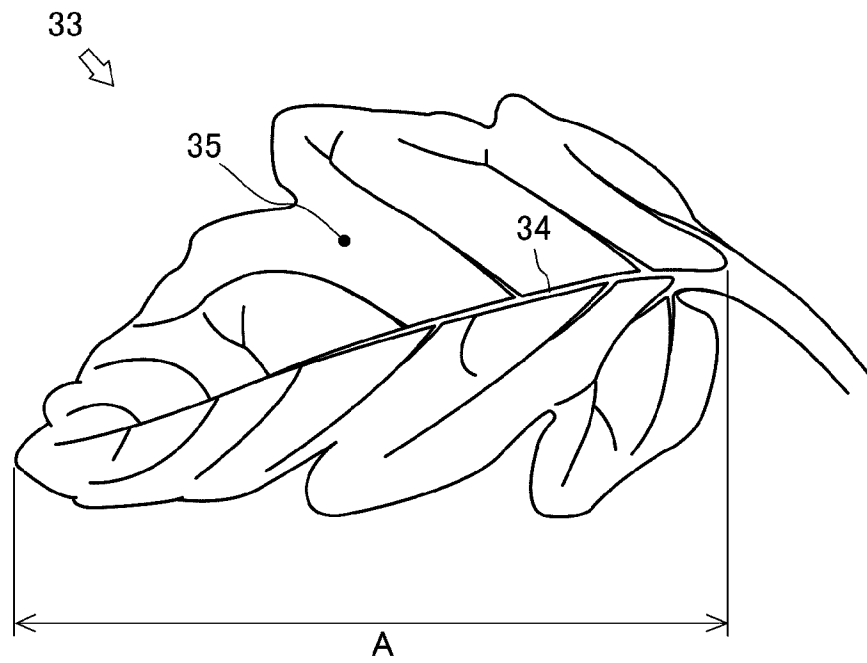


The diagram illustrates a plant cultivation system (2) enclosed in a dashed box. The system is divided into two main sections: a control unit (3) on the left and a cultivation area (30) on the right. The control unit (3) contains a complex network of pipes and components, including a water supply system (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21) and a gas exchange system (22). The cultivation area (30) features plants (23) growing in a bed (30), with a water distribution system (24, 25, 26, 27, 28, 29, 31) and a gas exchange system (22) integrated into the setup. The system is designed to manage water and gas flow for optimal plant growth.

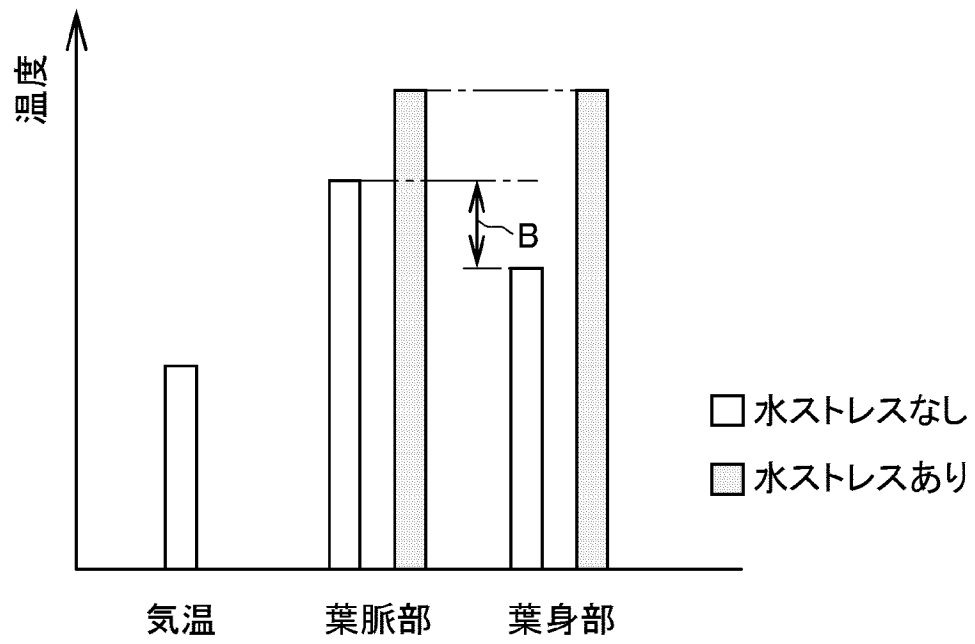
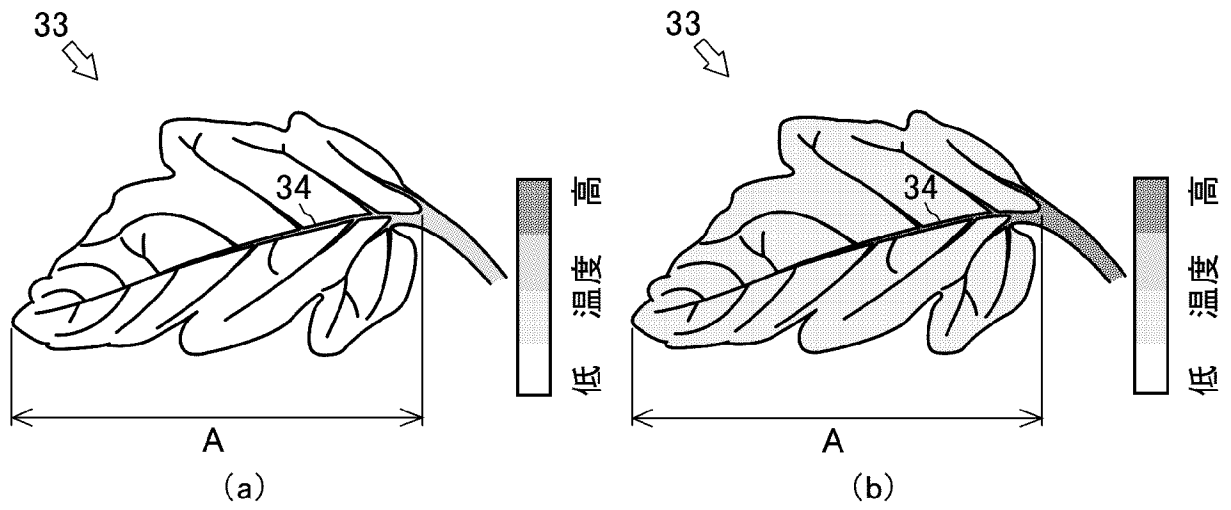
[図3]

1
↓

[図4]

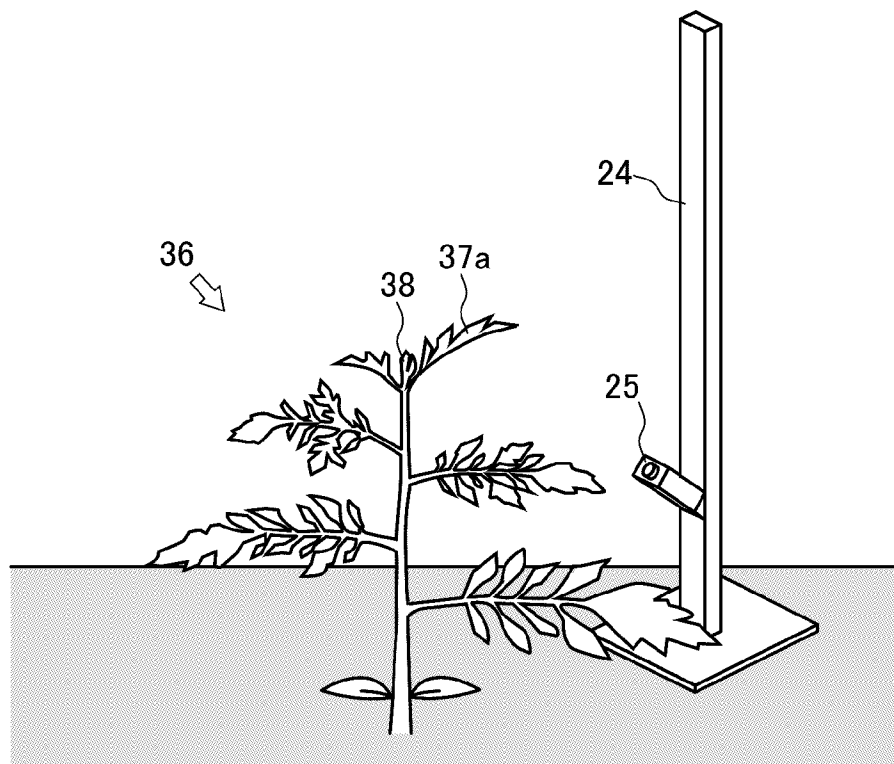


[図5]

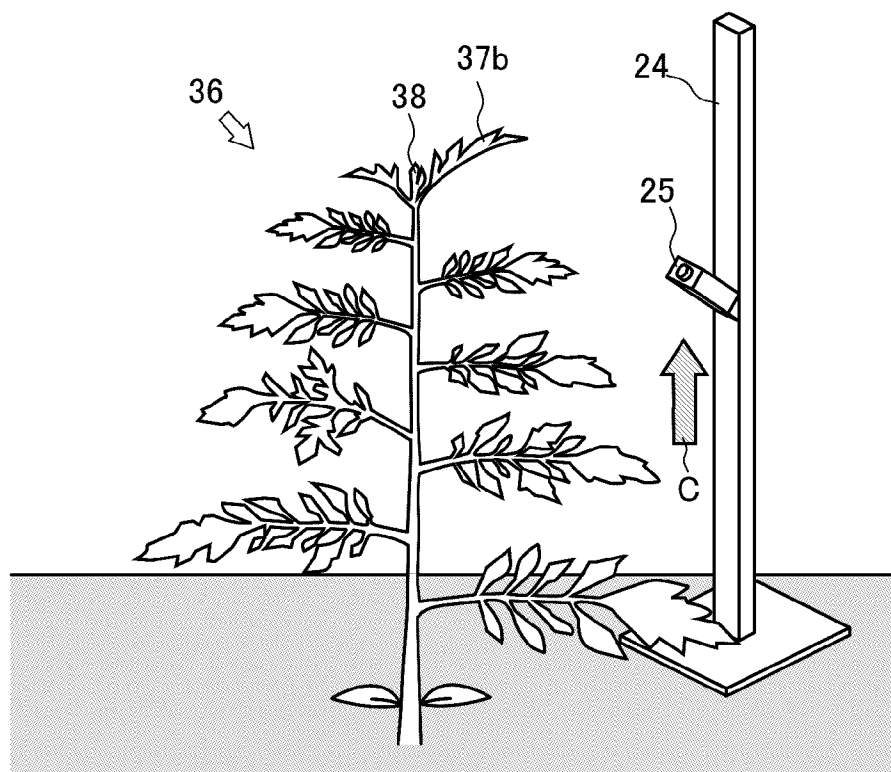


(c)

[図6]

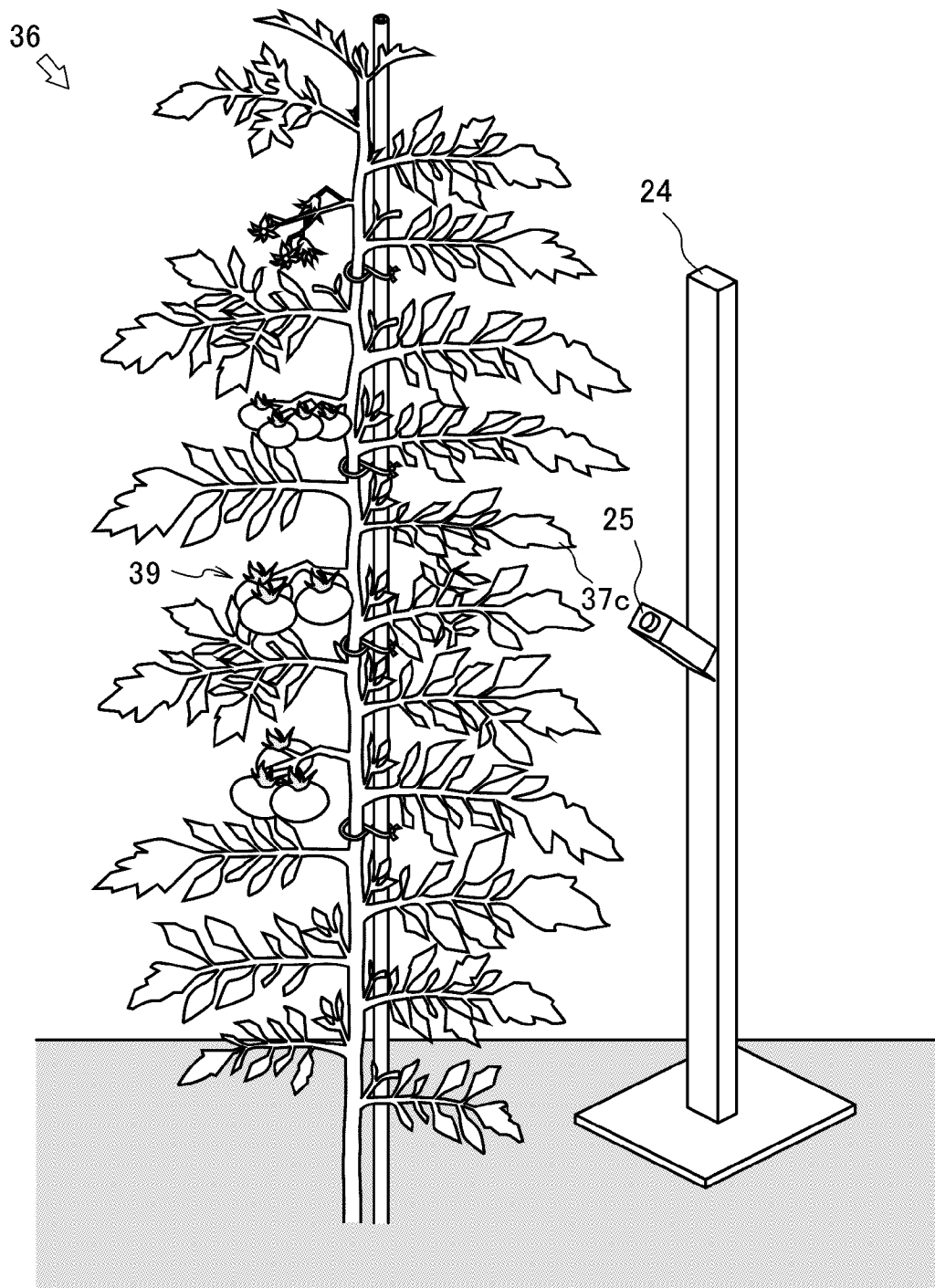


(a)

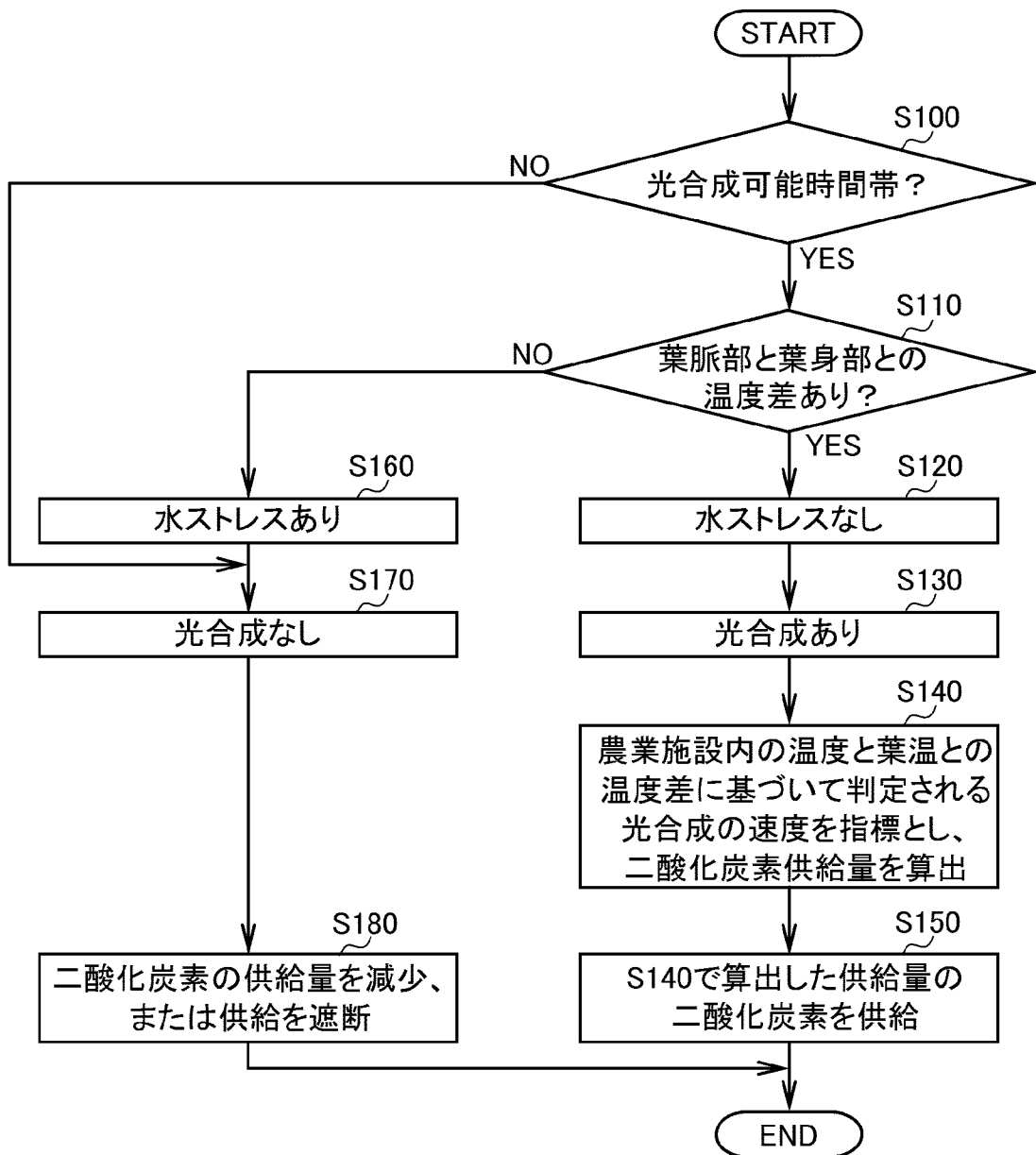


(b)

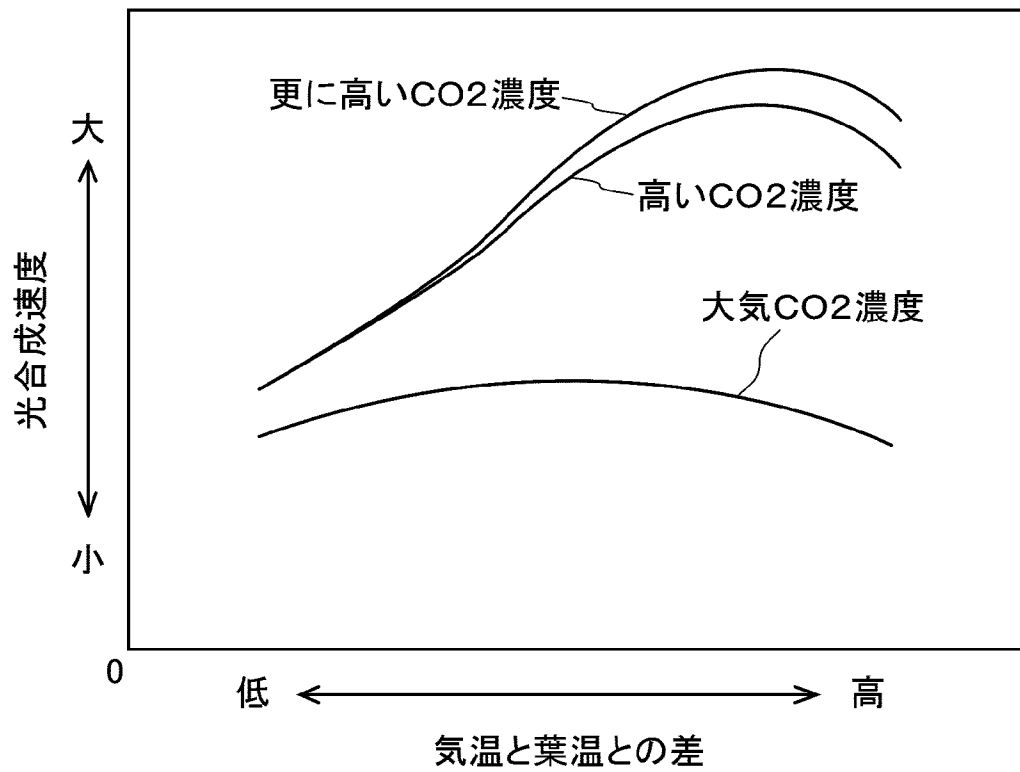
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/047290

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. A01G7/02 (2006.01) i, A01G7/00 (2006.01) i, A01G9/18 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. A01G7/02, A01G7/00, A01G9/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-111073 A (MITSUBISHI ELECTRIC PLANT ENGINEERING CORP.) 10 June 2013, entire text, all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2011-50293 A (UNIV EHIME) 17 March 2011, entire text, all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2012-110315 A (KADOKAMI, Yoichi) 14 June 2012, entire text, all drawings (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 02.03.2018	Date of mailing of the international search report 13.03.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/047290

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015/0282440 A1 (GREENHOUSE HVAC LLC) 08 October 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A01G7/02(2006.01)i, A01G7/00(2006.01)i, A01G9/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A01G7/02, A01G7/00, A01G9/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-111073 A（三菱電機プラントエンジニアリング株式会社） 2013.06.10, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-4
A	JP 2011-50293 A（国立大学法人愛媛大学） 2011.03.17, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-4
A	JP 2012-110315 A（門上 洋一） 2012.06.14, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-4

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.03.2018

国際調査報告の発送日

13.03.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

門 良成

2 B

2907

電話番号 03-3581-1101 内線 3237

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2015/0282440 A1 (GREENHOUSE HVAC LLC) 2015.10.08, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4