

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7141036号

(P7141036)

(45)発行日 令和4年9月22日(2022.9.22)

(24)登録日 令和4年9月13日(2022.9.13)

(51)国際特許分類

F I

A 0 1 C 1/00 (2006.01)

A 0 1 C 1/00

C

A 0 1 G 22/22 (2018.01)

A 0 1 G 22/22

Z

請求項の数 6 (全15頁)

(21)出願番号	特願2018-147258(P2018-147258)	(73)特許権者	504139662
(22)出願日	平成30年8月3日(2018.8.3)		国立大学法人東海国立大学機構
(65)公開番号	特開2020-18278(P2020-18278A)		愛知県名古屋市千種区不老町 1 番
(43)公開日	令和2年2月6日(2020.2.6)	(74)代理人	110000648
審査請求日	令和3年7月26日(2021.7.26)		特許業務法人あいち国際特許事務所
		(74)代理人	100087723
			弁理士 藤谷 修
		(74)代理人	100165962
			弁理士 一色 昭則
		(74)代理人	100206357
			弁理士 角谷 智広
		(73)特許権者	518133201
			富士通クライアントコンピューティング株式会社
			神奈川県川崎市幸区鹿島田一丁目 1 番 2
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 イネの生産方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イネの種子に大気圧非平衡プラズマを照射して、イネの成長を促進させる イネの生産方法において、

前記プラズマを照射する前に、第 1 の所定時間、イネの前記種子に吸水させる物理的吸水を行い、

その後、前記物理的吸水の温度よりも高い温度で、第 2 の所定時間、前記種子に吸水させる生理的吸水を行い、

前記物理的吸水と前記生理的吸水との間において、前記プラズマを前記種子に所定の短時間だけ照射する

ことを特徴とするイネの生産方法。

【請求項 2】

前記生理的吸水の期間において、前記プラズマを前記種子に所定の短時間だけ照射することを特徴とする請求項 1 に記載のイネの生産方法。

【請求項 3】

前記物理的吸水の温度は、0 以上 10 以下であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のイネの生産方法。

【請求項 4】

前記生理的吸水の温度は、25 以上 35 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか 1 項に記載のイネの生産方法。

【請求項 5】

前記所定の短時間は、10秒以下であることを特徴とする請求項1乃至請求項4の何れか1項に記載のイネの生産方法。

【請求項 6】

前記種子は、種子の胚がプラズマにより刺激されるように、前記プラズマに照射されることを特徴とする請求項1乃至請求項5の何れか1項に記載のイネの生産方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書の技術分野は、イネの生産方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

プラズマ技術は、電気、化学、材料の各分野に応用されている。プラズマの内部では、電子やイオン等の荷電粒子の他に、紫外線やラジカルが発生する。これらには、生体組織の殺菌をはじめとして、生体組織に対する種々の効果があることが分かってきている。

【0003】

例えば、特許文献1には、水にプラズマを照射することにより水中の微生物等を殺菌する技術が開示されている。また、特許文献1のプラズマ装置は、水中に電流を流すことなくプラズマを水中に照射することができる。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2009-183867号公報

特開2014-195450号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、特許文献2には、酵母に大量の大気圧プラズマを照射した場合には酵母の生菌数は減少するが、酵母に少量の大気圧プラズマを照射した場合に酵母の生菌数は増加することが記載されている。このように、プラズマを照射することにより酵母を活性化する可能性および死滅させる可能性について研究されてきている。しかし、その他の生物へのプラズマの影響については必ずしも明らかではない。

30

【0006】

ところで、お米は日本国内で主に食用米として消費されている。また、山田錦に代表される酒造好適米（酒米）は、酒造に用いられる。また、国内のお米の消費量が減少傾向にある中でお米の輸出量は増加傾向にある。他方では、少子高齢化が急激に進む我が国においては生産者が減少の一途をたどっており、生産性の維持が問題となっている。このような状況下において、お米の生産技術の向上が望まれている。

【0007】

本明細書の技術は、前述した従来の技術が有する問題点を解決するためになされたものである。すなわちその課題とするところは、大気圧プラズマを用いてイネの成長を促進することを図ったイネの生産方法を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

第1の態様におけるイネの生産方法は、イネの種子に大気圧非平衡プラズマを照射して、イネの発芽及び成長を促進させるイネの生産方法において、プラズマを照射する前に、第1の所定時間、イネの種子に吸水させる物理的吸水を行い、その後、物理的吸水の温度よりも高い温度で、第2の所定時間、種子に吸水させる生理的吸水を行い、物理的吸水と生理的吸水との間において、レーザを種子に所定の短時間だけ照射するイネの生産方法である。

50

【 0 0 0 9 】

このイネの生産方法においては、イネの成長を促進することができる。また、イネの種子にプラズマを照射した第 1 のグループのイネと、イネの種子にプラズマを照射していない第 2 のグループのイネと、を準備することができる。この場合には、第 1 のグループのイネは、早期収穫することができる。そのため、収穫時期の異なる 2 種類のグループを設定することができ、農家が意図的に収穫時期を拡張することができる。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本明細書では、大気圧プラズマを用いてイネの成長を促進することを図ったイネの生産方法が提供されている。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】図 1 . A は第 1 のプラズマ発生装置の構成を示す断面図であり、図 1 . B は電極の形状を示す図である。

【図 2】図 2 . A は第 2 のプラズマ発生装置の構成を示す断面図であり、図 2 . B は電極の形状を示す図である。

【図 3】第 1 の実施形態におけるプラズマ照射工程の実施時期を説明するための図である。

【図 4】第 1 の実施形態におけるイネの種子への大気圧プラズマの照射方法を説明するための図である。

【図 5】実験 A の実験手順を説明するための図である。

【図 6】実験 A における大気圧プラズマの照射時間とイネの発芽率との関係を示すグラフである。

【図 7】実験 B の実験手順を説明するための図である。

【図 8】実験 B におけるイネの発芽した様子を示す写真である。

【図 9】実験 B における大気圧プラズマの照射のタイミングとイネの子葉鞘長との間の関係を示すグラフ（その 1）である。

【図 10】実験 B における大気圧プラズマの照射のタイミングとイネの子葉鞘長との間の関係を示すグラフ（その 2）である。

【図 11】実験 C の実験手順を説明するための図である。

【図 12】実験 C における幼苗の構造を示す模式図である。

【図 13】実験 C における幼苗の葉鞘の長さを示すグラフである。

【図 14】実験 D の実験手順を説明するための図である。

【図 15】実験 D における葉齢の日数経過を示すグラフである。

【図 16】実験 D における播種から出穂までの日数を示すグラフである。

【図 17】実験 D における玄米の収穫量を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、具体的な実施形態について、イネの生産方法を例に挙げて図を参照しつつ説明する。なお、プラズマ発生装置の寸法等は例示であり、例示されている数値範囲以外の数値を用いてもよい。

【 0 0 1 3 】

（第 1 の実施形態）

第 1 の実施形態について説明する。第 1 の実施形態のイネの生産方法においては、イネの種子に大気圧プラズマを直接照射する。そのため、まず、プラズマを照射するプラズマ照射装置について説明する。

【 0 0 1 4 】

1 . プラズマ装置

1 - 1 . 第 1 のプラズマ発生装置

図 1 . A はプラズマ発生装置 P 1 0 の概略構成を示す断面図である。ここで、プラズマ発生装置 P 1 0 は、プラズマを点状に噴出する第 1 のプラズマ発生装置である。図 1 . B

10

20

30

40

50

は、図 1 . A のプラズマ発生装置 P 1 0 の電極 2 a、2 b の形状の詳細を示す図である。

【 0 0 1 5 】

プラズマ発生装置 P 1 0 は、筐体部 1 0 と、電極 2 a、2 b と、電圧印加部 3 と、を有している。筐体部 1 0 は、アルミナ (Al_2O_3) を原料とする焼結体から成るものである。そして、筐体部 1 0 の形状は、筒形状である。筐体部 1 0 の内径は 2 mm 以上 3 mm 以下である。筐体部 1 0 の厚みは 0 . 2 mm 以上 0 . 3 mm 以下である。筐体部 1 0 の長さは 1 0 cm 以上 3 0 cm 以下である。筐体部 1 0 の両端には、ガス導入口 1 0 i と、ガス噴出口 1 0 o とが形成されている。ガス導入口 1 0 i は、プラズマを発生させるためのガスを導入するためのものである。ガス噴出口 1 0 o は、プラズマを筐体部 1 0 の外部に照射するための照射部である。なお、ガスの移動する向きは、図中の矢印の向きである。

10

【 0 0 1 6 】

電極 2 a、2 b は、対向して配置されている対向電極対である。電極 2 a、2 b の対向面方向の長さは、筐体部 1 0 の内径より小さい。例えば 1 mm 程度である。電極 2 a、2 b には、図 1 . B に示すように、対向面のそれぞれに多数の凹部 (ホロー) H が形成されている。そのため、電極 2 a、2 b の対向面は、微細な凹凸形状となっている。なお、この凹部 H の深さは、0 . 5 mm 程度である。

【 0 0 1 7 】

電極 2 a は、筐体部 1 0 の内部であってガス導入口 1 0 i の近傍に配置されている。電極 2 b は、筐体部 1 0 の内部であってガス噴出口 1 0 o の近傍に配置されている。そのため、プラズマ発生装置 P 1 0 では、電極 2 a の対向面の反対側からガスを導入するとともに、電極 2 b の対向面の反対側にガスを噴出するようになっている。そして、電極 2 a、2 b 間の距離は、例えば 2 4 cm である。電極 2 a、2 b 間の距離は、これより小さい距離であってもよい。

20

【 0 0 1 8 】

電圧印加部 3 は、電極 2 a、2 b 間に交流電圧を印加するためのものである。電圧印加部 3 は、商用交流電圧である、6 0 H z、1 0 0 V を用いて 9 k V に昇圧するとともに、電極 2 a、2 b 間に電圧を印加する。

【 0 0 1 9 】

ガス導入口 1 0 i からアルゴン等の希ガスを導入するとともに、電圧印加部 3 により、電極 2 a、2 b 間に電圧を印加すると、筐体部 1 0 の内部にプラズマが発生する。図 1 . A の斜線で示すように、プラズマが発生する領域をプラズマ発生領域 P とする。プラズマ発生領域 P は、筐体部 1 0 に覆われている。

30

【 0 0 2 0 】

1 - 2 . 第 2 のプラズマ発生装置

図 2 . A はプラズマ発生装置 P 2 0 の概略構成を示す断面図である。ここで、プラズマ発生装置 P 2 0 は、プラズマを線状に噴出する第 2 のプラズマ発生装置である。図 2 . B は、図 2 . A のプラズマ発生装置 P 2 0 のプラズマ発生領域 P の長手方向に垂直な断面における部分断面図である。

【 0 0 2 1 】

プラズマ発生装置 P 2 0 は、筐体部 1 1 と、電極 2 a、2 b と、電圧印加部 3 と、を有している。筐体部 1 1 は、アルミナ (Al_2O_3) を原料とする焼結体から成るものである。筐体部 1 1 の両端には、ガス導入口 1 1 i と、多数のガス噴出口 1 1 o とが形成されている。ガス導入口 1 1 i は、図 2 . A の左右方向を長手方向とするスリット形状をしている。ガス導入口 1 1 i からプラズマ発生領域 P の直上までのスリット幅 (図 2 . B の左右方向の幅) は、例えば 1 mm である。

40

【 0 0 2 2 】

ガス噴出口 1 1 o は、プラズマを筐体部 1 1 の外部に照射するための照射部である。ガス噴出口 1 1 o は、円筒形状もしくはスリット形状である。円筒形状の場合のガス噴出口 1 1 o は、プラズマ発生領域の長手方向に沿って一直線状に形成されている。ガス噴出口 1 1 o の内径は 1 mm 以上 2 mm 以下の範囲内である。また、スリット形状の場合には、

50

ガス噴出口 11o のスリット幅を 1 mm 以下とすることが好ましい。これにより、安定したプラズマが形成される。また、ガス導入口 11i は、電極 2a と電極 2b とを結ぶ線と交差する向きにガスを導入するようになっている。

【0023】

電極 2a、2b および電圧印加部 3 については、図 1 に示したプラズマ発生装置 P10 と同じものである。そして、同様に、商用交流電圧を用いて、電極 2a、2b 間に電圧を印加する。これにより、プラズマを一直線状に噴出することができる。

【0024】

また、この一直線状にプラズマを噴出するプラズマ発生装置 P20 を図 2 . B の左右方向に列状に並べて配置すれば、プラズマをある長方形の領域にわたって平面的に噴出することができる。

10

【0025】

2 . プラズマ発生装置により発生されるプラズマ

プラズマ発生装置 P10、P20 により発生されるプラズマは、非平衡大気圧プラズマである。ここで、大気圧プラズマとは、0 . 5 気圧以上 2 . 0 気圧以下の範囲内の圧力であるプラズマをいう。

【0026】

本実施の形態では、プラズマ発生ガスとして、主に Ar ガスを用いる。プラズマ発生装置 P10、P20 により発生されるプラズマの内部では、もちろん、電子と、Ar イオンとが生成されている。そして、Ar イオンは、紫外線を発生させる。また、このプラズマは大気中に放出されているため、酸素ラジカルや窒素ラジカル等を発生させる。

20

【0027】

このプラズマのプラズマ密度は、 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲内である。なお、誘電体バリア放電により発生されるプラズマにおけるプラズマ密度は、 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下の程度である。したがって、プラズマ発生装置 P10、P20 により発生されるプラズマのプラズマ密度は、誘電体バリア放電により発生されるプラズマのプラズマ密度に比べて、3 桁程度大きい。したがって、このプラズマの内部では、より多くの Ar イオンが生成する。そのため、ラジカルや、紫外線の発生量も多い。なお、このプラズマ密度は、プラズマ内部の電子密度にほぼ等しい。

【0028】

30

そして、このプラズマ発生時におけるプラズマ温度は、およそ 1000 K 以上 2500 K 以下の範囲内である。また、このプラズマにおける電子温度は、ガスの温度に比べて大きい。しかも、電子の密度が $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲内の程度であるにもかかわらず、ガスの温度はおよそ 1000 K 以上 2500 K 以下の範囲内である。このプラズマの温度は、プラズマの発生しているプラズマ発生領域 P での温度である。したがって、プラズマの条件や、ガス噴出口から対象物までの距離を異なる条件とすることにより、対象物の位置でのプラズマ温度を室温程度とすることができる。

【0029】

3 . イネの生産方法

図 3 に示すように、本実施形態のイネの生産方法は、イネの種子の吸水工程の途中で大気圧プラズマをイネの種子に直接照射する。

40

【0030】

3 - 1 . 発芽工程

イネの種子を発芽させるために、イネの種子を水に漬ける吸水工程を実施する。そして、その吸水工程の途中で、イネの種子に大気圧プラズマを直接照射する。

【0031】

3 - 1 - 1 . 吸水工程

吸水工程は、数日間実施される。そして後述するように、吸水工程の途中で、後述するプラズマ照射工程を実施する。吸水工程の初期（1 日程度）には、例えば 0 以上 10 以下の低温の水中でイネの種子に吸水させる（物理的吸水）。水温は例えば 4 程度であ

50

るとよい。そして、吸水工程の後期（２日程度）には、例えば２５ 以上３５ 以下の水中でイネの種子に吸水させる（生理的吸水）。このときの水温は例えば３０ 程度であるとよい。生理的吸水の途中で、イネは発芽する。生理的吸水における水温は、物理的吸水における水温より高い。

【００３２】

３ - １ - ２ . プラズマ照射工程

図４に示すように、吸水工程の途中で、プラズマ照射工程を実施する。具体的には、物理的吸水が終わったイネの種子Ｃ１に、非平衡大気圧プラズマを直接照射する。このとき、大気圧プラズマをイネの種子Ｃ１の胚Ｅ１に向けて照射する。そのために、イネの胚Ｅ１とプラズマ発生装置Ｐ１０、Ｐ２０の照射口とを向かい合わせにした状態で、大気圧プラズマを照射する。

10

【００３３】

イネの種子Ｃ１に大気圧プラズマを照射する際のプラズマ密度時間積は、 $6 \times 10^{16} \text{ s e c} \cdot \text{c m}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{17} \text{ s e c} \cdot \text{c m}^{-3}$ 以下であるとよい。この数値範囲は、例えば、プラズマ密度が $2 \times 10^{16} \text{ c m}^{-3}$ の大気圧プラズマを３秒以上１０秒以下で照射した場合に相当する。プラズマ密度時間積は、イネの種子Ｃ１に照射するプラズマ生成物のおおよその量を規定する量である。

【００３４】

また、大気圧プラズマの発光領域が、イネの胚Ｅ１に接触していても、接触していなくてもよい。プラズマの照射距離は、５ｍｍ以上３０ｍｍ以下であるとよい。プラズマの照射距離とは、プラズマ発生装置Ｐ１０、Ｐ２０の照射口からイネの胚Ｅ１までの距離である。プラズマの照射距離は、上記の範囲外であってもよい。プラズマ生成物がイネの胚Ｅ１に照射されることに変わりないからである。

20

【００３５】

なお、プラズマを照射する段階では、イネの種子Ｃ１は籾殻のついた状態である。また、イネの種子Ｃ１は、発芽する前の状態である。

【００３６】

３ - ２ . 育苗工程

次に、発芽した種子を苗代に播種する。そして、種子から苗に成長させる。

【００３７】

30

３ - ３ . 田植え

よく育った苗を水田に植える。または、人工気象器の内部で成長させてもよい。

【００３８】

３ - ４ . その後の工程

その後、苗は通常の育成方法により育てられる。

【００３９】

４ . プラズマをイネに直接照射する効果

イネの胚Ｅ１に大気圧プラズマを照射することにより、後述するように、イネの成長速度は早くなる。日照時間が短くなってから出穂までの日にちが短縮される。

【００４０】

40

そのため、例えば、（グループ a）プラズマ処理されたイネを栽培する水田、（グループ b）プラズマ処理されていないイネを栽培する水田、の２つのグループを設置する。これにより、早く収穫できるグループ a のイネを収穫した後に、通常の収穫時期のグループ b のイネを収穫すればよい。このように、イネの収穫時期を意図的にずらすことができる。したがって、農家の負担が軽減される。

【００４１】

また、日照時間が短くなってから出穂までの日にちが短いため、夏が短い地域でもイネの生産が可能となる可能性がある。つまり、イネの品種ごとの北限が向上する可能性がある。

【００４２】

50

5 . 変形例

5 - 1 . イネの籾殻

本実施形態では、籾殻のついた状態のイネの種子 C 1 にプラズマを照射する。しかし、籾殻を取り除いた後に、イネの種子にプラズマを照射してもよい。

【 0 0 4 3 】

5 - 2 . イネの発芽

イネの種子 C 1 が発芽した後にプラズマをイネの胚 E 1 に照射してもよい。

【 0 0 4 4 】

5 - 3 . イネの配置

イネにプラズマを照射する際に、イネの胚 E 1 を上に向けた状態でイネの種子を並べる。そして、プラズマ発生装置 P 1 0、P 2 0 の照射口を下に向けた状態でイネの胚 E 1 に向けて大気圧プラズマを照射するとよい。例えば、上記のペン型プラズマ発生装置を用いると、イネの胚 E 1 にプラズマを照射することが容易である。

10

【 0 0 4 5 】

5 - 4 . 小型化したプラズマ発生装置

プラズマ発生装置 P 1 0、P 2 0 等をさらに小型化してもよい。十分に小型化することにより、ペン型のプラズマ発生装置を製造することができる。その場合であっても、プラズマ発生装置 P 1 0、P 2 0 と同等のプラズマ密度が得られる。

【 0 0 4 6 】

5 - 5 . 組み合わせ

上記の変形例を適宜組み合わせてもよい。

20

【実施例】

【 0 0 4 7 】

1 . 実験 A (プラズマ照射時間)

1 - 1 . イネ

本実験では、酒造好適米の山田錦 (イネの品種) を栽培した。

【 0 0 4 8 】

1 - 2 . イネの吸水工程

まず、イネの種子を 4 の水に一晩浸漬した (物理的吸水)。その後、イネの種子を 3 の水に 2 日間浸漬した (生理的吸水)。この段階において、イネの種子は発芽した。つまり、生理的吸水の途中で、イネの種子は発芽した。

30

【 0 0 4 9 】

1 - 3 . プラズマの直接照射

図 5 に示すように、生理的吸水の直前に大気圧プラズマをイネの種子の胚に向けて直接照射した。その際に、プラズマ発生装置 P 2 0 を用いた。プラズマ発生装置 P 2 0 におけるプラズマ密度は、 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ であった。プラズマガスはアルゴンガスであった。照射時間については、適宜変更した。

【 0 0 5 0 】

1 - 4 . 実験結果

図 6 は、大気圧プラズマの照射時間とイネの発芽率との関係を示すグラフである。図 6 の横軸はプラズマの照射時間である。図 6 の縦軸はイネの発芽率である。図 6 に示すように、10 mm、15 mm、20 mm の照射距離を採用した。なお、図 6 中の c t r l の表記は、プラズマを照射しなかったイネを示している。

40

【 0 0 5 1 】

図 6 に示すように、プラズマの照射時間が長くなるほど、イネの発芽率は減少する傾向にある。ただし、プラズマの照射時間が 10 秒以内であれば、イネの発芽率はおよそ 80 % 以上であった。

【 0 0 5 2 】

また、プラズマの照射距離が短いほど、イネの発芽率はやや減少する傾向にある。プラズマの照射距離が長くなるほど、プラズマ密度が低くなることに対応していると考えられ

50

る。図 6 に示すように、プラズマの照射距離の影響は、プラズマの照射時間に比べてそれほど大きくはない。

【 0 0 5 3 】

2 . 実験 B (プラズマ照射のタイミング)

2 - 1 . イネの吸水工程

実験 B のイネの品種は実験 A と同じである。実験 B のイネの吸水工程についても、実験 A と同じである。

【 0 0 5 4 】

2 - 2 . プラズマの直接照射

図 7 に示すように、生理的吸水の直前に第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 を設定し、生理的吸水の 1 日経過後に第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 を設定した。第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 と第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 との少なくとも一方でプラズマを照射した。第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 の段階では、発芽すなわち子葉鞘の伸長が目視で確認できる種子も含まれている。プラズマ発生装置 P 2 0 およびその他のプラズマ条件は実験 A と同様である。なお、照射距離として 1 0 mm を採用した。

【 0 0 5 5 】

2 - 3 . 実験結果

図 8 は、イネの発芽した様子を示す写真である。図 8 に子葉鞘長を示す。

【 0 0 5 6 】

図 9 および図 1 0 は、大気圧プラズマの照射のタイミングとイネの子葉鞘長との間の関係を示すグラフである。図 9 および図 1 0 の縦軸は子葉鞘長である。なお、図 9 および図 1 0 のグラフは、異なる日に行った実験結果である。

【 0 0 5 7 】

図 9 および図 1 0 において、「 5 s 」の表記は、第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 に 5 秒のプラズマ照射を行い、第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 にプラズマを照射しなかったことを意味している。「 1 0 s 」の表記も 1 回当たりの照射時間が異なるが、同様である。「 5 s × 2 」の表記は、第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 および第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 の双方において 5 秒ずつプラズマ照射を行ったことを意味している。「 1 0 s × 2 」の表記も 1 回当たりの照射時間が異なるが、同様である。「 5 s (+ 1 d) 」の表記は、第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 にプラズマを照射せず、第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 に 5 秒のプラズマ照射を行ったことを意味している。

【 0 0 5 8 】

図 9 および図 1 0 に示すように、プラズマを照射しなかった場合 (c t r l) には、子葉鞘長は 6 ~ 7 mm 程度であった。第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 に 5 秒のプラズマを照射した場合には、子葉鞘長は 1 1 mm 程度であった。第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 に 5 秒のプラズマを照射した場合には、子葉鞘長は 1 1 mm 程度であった。第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 および第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 に 5 秒ずつプラズマを照射した場合には、子葉鞘長は 1 2 mm 程度であった。第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 および第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 に 1 0 秒ずつプラズマを照射した場合には、8 mm 程度であった。第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 に 1 0 秒のプラズマを照射した場合には、子葉鞘長は 1 0 mm 程度であった。

【 0 0 5 9 】

このように、少量のプラズマを照射した場合には、子葉鞘が十分に大きく成長する。また、第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 および第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 に 5 秒ずつプラズマを照射すると、子葉鞘が最も長くなった。このように、プラズマを照射することにより、イネの生育は促進される。

【 0 0 6 0 】

3 . 実験 C (幼苗)

3 - 1 . イネの吸水工程

イネの品種は山田錦であった。実験 C のイネの吸水工程は、実験 A と同じである。

【 0 0 6 1 】

3 - 2 . プラズマの直接照射

図 1 1 に示すように、生理的吸水の直前に大気圧プラズマをイネの種子の胚に向けて直接照射した。プラズマ発生装置 P 2 0 およびその他のプラズマ条件は実験 A と同様である。なお、照射時間については、適宜変更した。

【 0 0 6 2 】

3 - 3 . 育苗

その後、人工気象器の内部で 2 週間にわたって苗を成長させた。人工気象器は、蛍光灯型 LED 照明と、メタルハライドランプと、制御ソフトと、を有する。制御ソフトは、これらの照明による日照時間を制御することができる。人工気象器の温度は 3 0 であつた。

10

【 0 0 6 3 】

3 - 4 . 実験結果

図 1 2 は、幼苗の構造を示す模式図である。幼苗は、第 1 不完全葉と、第 2 葉鞘と、第 3 葉鞘と、第 4 葉鞘と、を有する。

【 0 0 6 4 】

図 1 3 は、幼苗の葉鞘の長さを示すグラフである。図 1 3 の縦軸は葉鞘長である。図 1 3 に示すように、第 2 葉鞘については、プラズマの照射によらずほぼ一定の長さである。プラズマを照射した幼苗における第 3 葉鞘および第 4 葉鞘の長さは、プラズマを照射しなかった幼苗における葉鞘の長さに比べて長い。

【 0 0 6 5 】

また、プラズマの照射時間が 3 秒以上 1 0 秒以下の場合に、第 3 葉鞘および第 4 葉鞘の長さが十分に長い。

20

【 0 0 6 6 】

このように、イネの種子の胚に大気圧プラズマを照射することにより、第 3 葉鞘および第 4 葉鞘の長さが長くなる。すなわち、イネの成長が促進される。

【 0 0 6 7 】

4 . 実験 D (早期収穫)

4 - 1 . イネの吸水工程

実験 D のイネの品種は実験 A と同じである。実験 D のイネの吸水工程についても、実験 A と同じである。

30

【 0 0 6 8 】

4 - 2 . プラズマの直接照射

図 1 4 に示すように、生理的吸水の直前に大気圧プラズマをイネの種子の胚に向けて直接照射した。また、生理的吸水の直前に第 1 回目のプラズマ照射時期 T 1 を設定し、生理的吸水の 1 日経過後に第 2 回目のプラズマ照射時期 T 2 を設定した。プラズマ発生装置 P 2 0 およびその他のプラズマ条件は実験 A と同様である。なお、照射距離として 1 0 m m を採用した。

【 0 0 6 9 】

4 - 3 . 育苗

ミニプラントで苗を生育した後、人工気象器の内部で苗を成長させた。人工気象器は、実験 C と同様である。図 1 4 に示すように、育成の途中で、2 グループに分けた。1 グループ目は、通常の条件で生育した苗である。2 グループ目は、早期短日の条件で生育した苗である。一般に、夏から秋にかけて日照時間が短くなる。そのため、人工気象器を用いて苗を成長させる場合に、長日期間（夏に相当）と、短日期間（秋に相当）と、を設定する。2 グループ目においては、長日期間を短く設定し、早期に短日期間へと移行した。つまり、早期短日は、夏の短い地域で栽培する場合に相当する。なお、長日期間の日照時間（昼：明期）は 1 4 時間であつた。短日期間の日照時間（昼：明期）は 1 0 時間であつた。長日条件および短日条件の条件を表 1 に示す。

40

【 0 0 7 0 】

[表 1]

50

条件	日長	温度（昼）	温度（夜）
長日条件	14時間	30	25
短日条件	10時間	28	25

【0071】

4-4. 実験結果

図15は、葉齢の日数経過を示すグラフである。図15の横軸は日付である。図15の縦軸は葉齢である。図15の上段の図は、通常の栽培条件の葉齢を示している。図15の下段の図は、早期短日の栽培条件の葉齢を示している。

【0072】

図15の上段に示すように、通常の栽培条件の苗は、播種後12週目まで長日条件で栽培され、13週目から短日条件で栽培された。図15の下段に示すように、早期短日の栽培条件の苗は、播種後9週目まで長日条件で栽培され、10週目から短日条件で栽培された。このように、早期短日では、短日条件への移行が早い段階で実施されている。

10

【0073】

なお、図15の対照区とは、プラズマ照射を実施しなかった苗である。

【0074】

図16は、播種から出穂までの日数を示すグラフである。早期短日の成長条件では、プラズマの照射によらず、播種からおよそ93日程度で出穂した。一方、通常の成長条件では、プラズマを照射すると、播種から出穂までの日数が短縮された。第1回目のプラズマ照射時期T1にプラズマを10秒間照射したイネでは、播種から出穂までの日数が最も短かった。その短縮日数は2週間ほどである。

20

【0075】

図17は、玄米の収穫量を示すグラフである。図17に示すように、プラズマを照射していない対照区における玄米の収穫量に比べて、プラズマを照射したイネにおける玄米の収穫量は多い傾向にある。

【0076】

5. 実験のまとめ

実験B、Cで説明したように、イネの種子へのプラズマの直接照射を用いることにより、イネの苗の成長は促進される。これは、イネが早く生育されていることを示している。

【0077】

30

また、実験Dで説明したように、イネの種子へのプラズマの直接照射を用いることにより、出穂までの期間が短縮される。つまり、プラズマを用いることで、収穫までの期間が短縮されたことを示している。

【0078】

したがって、例えば、イネにプラズマを照射した水田と、イネにプラズマを照射していない水田と、を設けることにより、収穫時期をずらすことができる。つまり、イネにプラズマを照射した水田から稲刈りを開始し、その後イネにプラズマを照射していない水田の稲刈りを実施すればよい。このように、本明細書の技術を用いることにより、農家の作業性が向上する。

【0079】

40

また、実験Dで説明したように、イネの種子へのプラズマの直接照射により、米の収穫量も増加する傾向にある。

【0080】

（付記）

第1の態様におけるイネの生産方法は、イネの種子に大気圧プラズマを照射するプラズマ照射工程を有する。

【0081】

第2の態様におけるイネの生産方法においては、プラズマ照射工程では、イネの種子の胚に向けて大気圧プラズマを照射する。

【0082】

50

第３の態様におけるイネの生産方法は、イネの種子に吸水させる吸水工程を有する。吸水工程の途中で、プラズマ照射工程を実施する。

【００８３】

第４の態様におけるイネの生産方法においては、イネの種子が発芽する前に、プラズマ照射工程を実施する。

【符号の説明】

【００８４】

P １０、P ２０ ... プラズマ発生装置

１０、１１ ... 筐体部

１０ｉ、１１ｉ ... ガス導入口

１０ｏ、１１ｏ ... ガス噴出口

２ａ、２ｂ ... 電極

P ... プラズマ発生領域

H ... 凹部（ホロー）

C １ ... 種子

E １ ... 胚

10

20

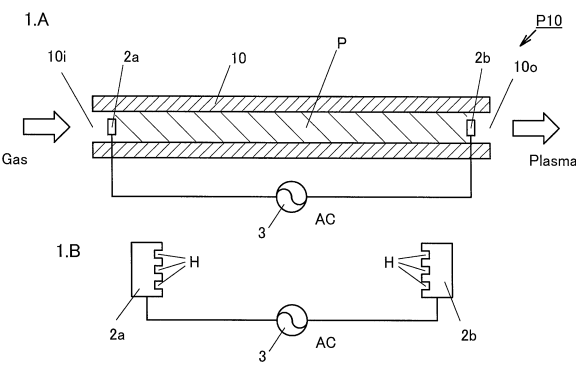
30

40

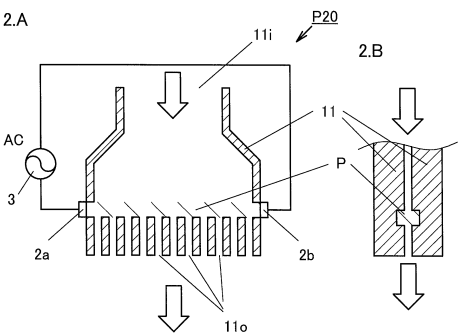
50

【図面】

【図 1】

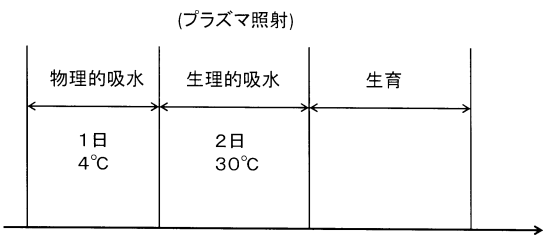


【図 2】

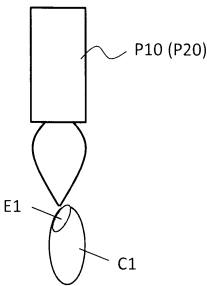


10

【図 3】

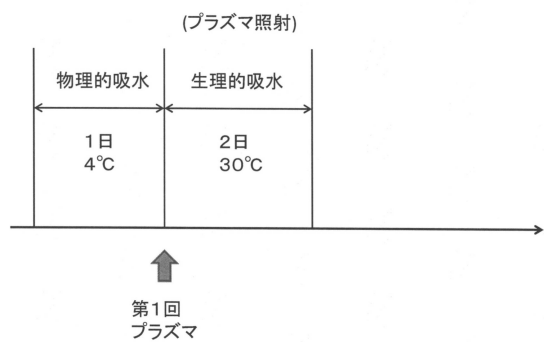


【図 4】

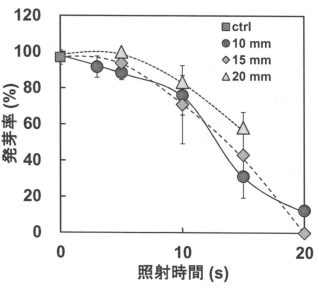


20

【図 5】



【図 6】

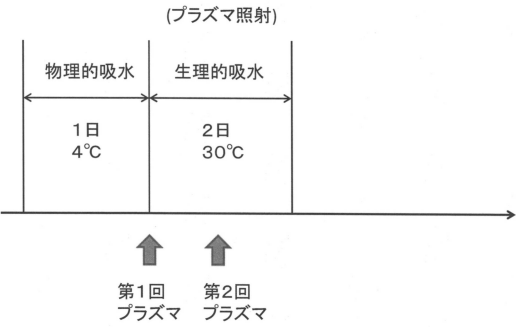


30

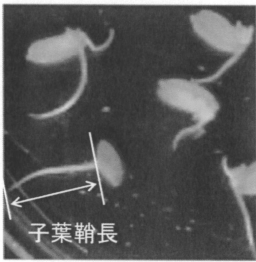
40

50

【 図 7 】

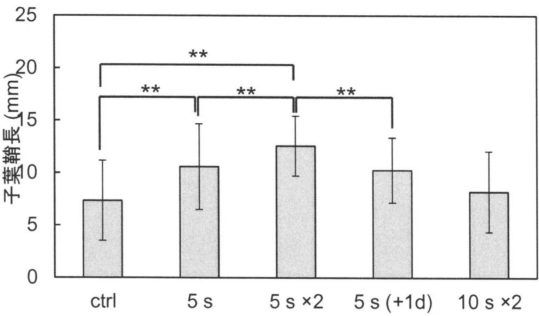


【 図 8 】

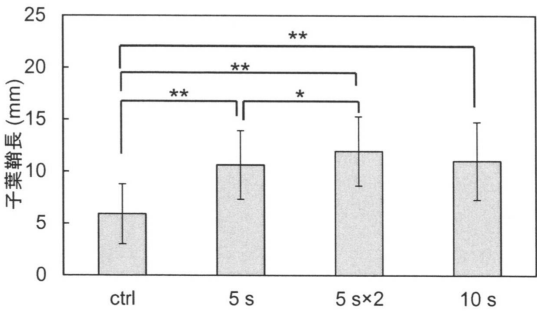


10

【 図 9 】

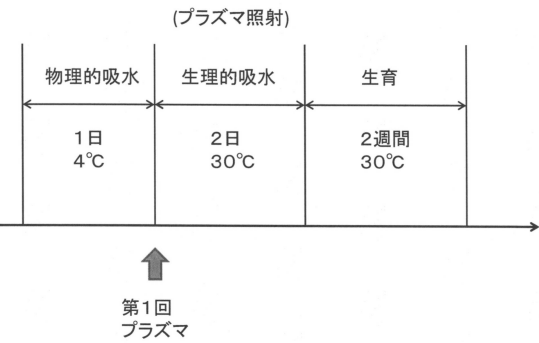


【 図 1 0 】

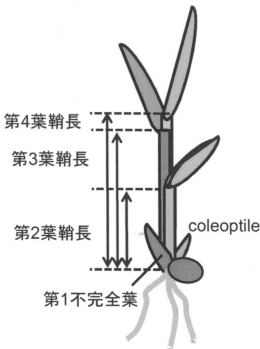


20

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

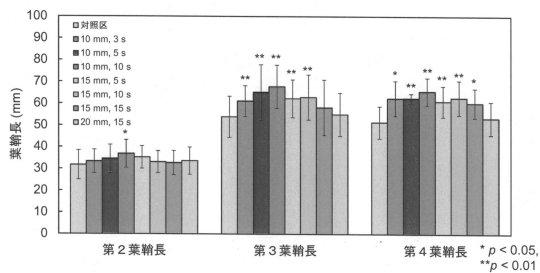


30

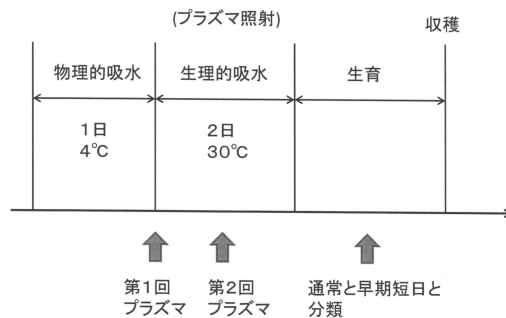
40

50

【図 1 3】

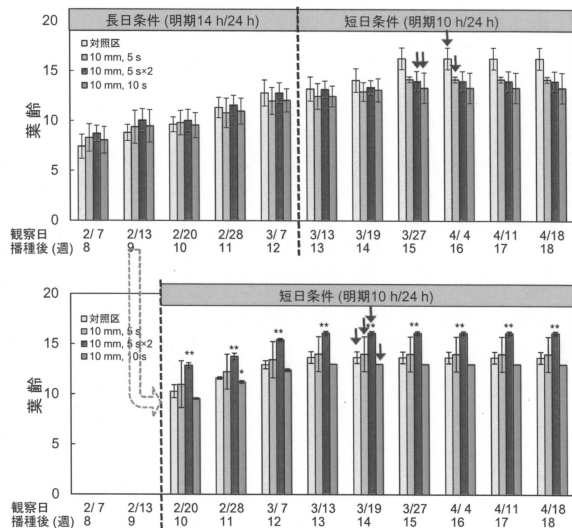


【図 1 4】

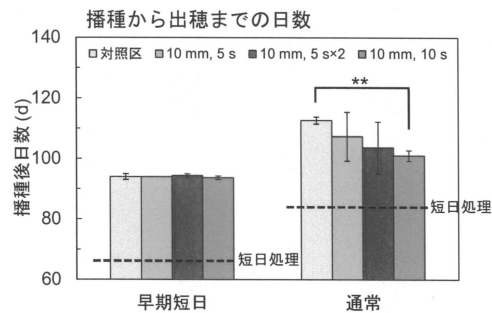


10

【図 1 5】

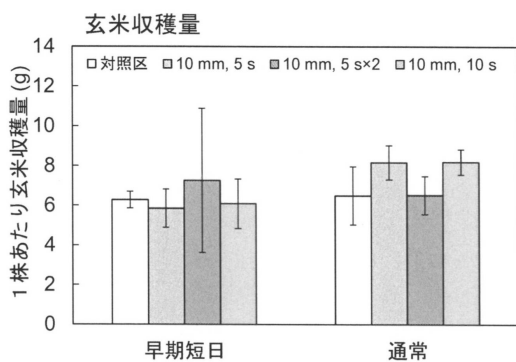


【図 1 6】



20

【図 1 7】



40

フロントページの続き

- 号
- (74)代理人 100087723
弁理士 藤谷 修
- (74)代理人 100165962
弁理士 一色 昭則
- (74)代理人 100206357
弁理士 角谷 智広
- (72)発明者 堀 勝
愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 橋爪 博司
愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 水野 正明
愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 北野 英己
愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 前島 正義
愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 松本 省吾
愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 石川 健治
愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 田中 宏昌
愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 湯浅 元気
神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通クライアントコンピューティング株式会社内
- 審査官 川野 汐音
- (56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 1 3 6 8 1 2 (J P , A)
特表 2 0 0 3 - 5 0 2 0 6 6 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 1 5 2 7 9 6 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 2 2 7 6 9 9 (U S , A 1)
櫻本幸大, 大気圧ヘリウムプラズマジェット照射による種子の発芽促進効果, 特別研究報告, 日本, 2015年02月12日
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
A 0 1 C 1 / 0 0
A 0 1 G 7 / 0 0 - 7 / 0 6
A 0 1 G 2 2 / 2 2
J S T P l u s / J M E D P l u s / J S T 7 5 8 0 (J D r e a m I I I)