(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0109188
(43) 공개일자 2017년09월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A01C 1/06 (2006.01) *A01H 3/04* (2006.01)
C09D 1/00 (2006.01) *C12N 1/20* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A01C 1/06 (2013.01)
A01H 3/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0032982
(22) 출원일자 2016년03월18일
심사청구일자 2016년03월18일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
새턴바이오텍 주식회사
강원도 횡성군 공근면 IT밸리길 62
(72) 발명자
김연주
경기도 성남시 분당구 동판교로 275 107동 801호 (삼평동,풍성신미주아파트)
양덕춘
경기도 용인시 기흥구 용구대로 1842 111동 301호 (보라동,현대모닝사이드2차아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
손민

전체 청구항 수 : 총 17 항

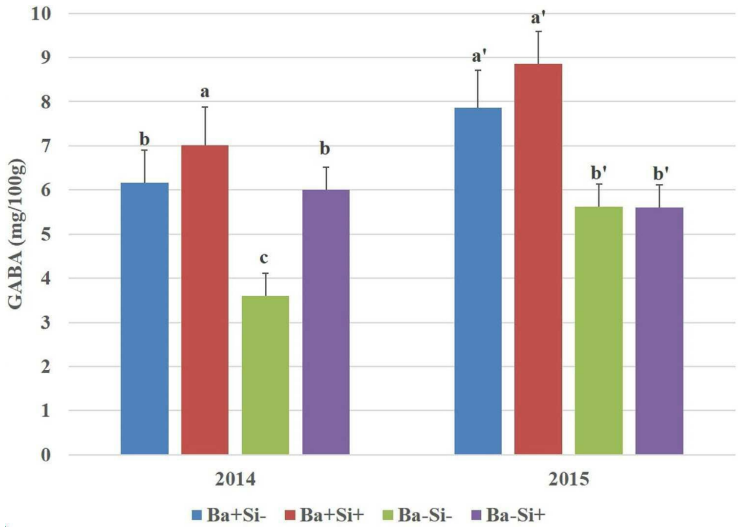
(54) 발명의 명칭 **규산 또는 이의 염 및 미생물이 처리된 식물 종자 및 이의 용도**

(57) 요 약

본 발명은 규산 또는 이의 염; 및 미생물이 처리된 식물 종자, 식물 종자의 발아 또는 식물의 생장 촉진방법, 종자 또는 식물의 염분 저항성 증가방법, 식물 종자의 GABA 함량 증가방법 및 상기 방법으로 제조된 GABA 함량이 증가한 식물 종자에 관한 것이다.

본 발명의 규산 또는 이의 염 코팅; 및 DCY84^{T} 처리된 종자는 규산 또는 이의 염 코팅 또는 DCY84^{T}가 각각 단독으로 처리된 종자보다 매우 우수하게 발아가 촉진되고, 식물 생장이 촉진되고, 토양의 염분에 대한 저항성이 증가되었다. 또한, 규산 또는 이의 염; 및/또는 DCY84^{T}가 처리된 식물 종자를 재배하여 수확한 종자는 토양의 염분 함량에 관계없이 GABA 함량이 증가되었다.

대 표 도 - 도8



(52) CPC특허분류
A01H 5/10 (2013.01)
C09D 1/00 (2013.01)
C12N 1/20 (2013.01)

(72) 발명자
김완중
서울특별시 서초구 명달로15길 24, 202호
강양순
경기도 분당구 서현2동 효자임광아파트 321동 502호
양동욱
경기도 용인시 기흥구 용구대로 1842 111동 301호 (보라동,현대모닝사이드2차아파트)
최을수
경기도 수원시 권선구 금곡로 45 204동 1404호 (금곡동,LG빌리지)
조안, 스즈키
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 경희대학교 국제캠퍼스 생명과학대학

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 C0214183
부처명 산업자원부
연구관리전문기관 중소기업산학연
연구사업명 산학연공동기술개발사업
연구과제명 미생물/수용성규산복합체를 이용한 종자처리기술개발
기 여 율 1/2
주관기관 경희대학교 산학협력단
연구기간 2014.08.01 ~ 2015.07.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PJ0120342016
부처명 농림수산식품부
연구관리전문기관 농촌진흥청
연구사업명 차세대바이오그린
연구과제명 Probiotic 유래 재조합 효소를 이용한 희귀유용사포닌 대량생산 및 ginsenoside nanoconjugate 최적생산 기술 개발
기 여 율 1/2
주관기관 경희대학교 산학협력단
연구기간 2016.01.04 ~ 2017.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

규산 또는 이의 염; 및 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^{T}(KCTC 12768BP)가 처리된 식물 종자.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 종자는 발아가 촉진되거나, 식물 생장이 촉진되거나, 토양의 염분에 대한 저항성이 증가되거나, 또는 GABA 함량이 증가된 것인, 식물 종자.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 식물은 벼, 밀, 보리, 콩, 옥수수, 팥, 녹두, 목화, 및 메밀로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 식물인 것인, 식물 종자

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 규산은 SiO, SiO_2, Si_3O_2 또는 이들의 조합을 포함하는 것인, 식물 종자.

청구항 5

(a) 식물 종자를 규산 또는 이의 염으로 코팅하는 단계; 및

(b) 상기 코팅된 종자에 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^{T}(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계

를 포함하는, 종자의 발아 또는 식물의 생장 촉진방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 종자 또는 식물을 간척지 토양에서 재배하는 것인, 종자의 발아 또는 식물의 생장 촉진방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 (a) 단계는 식물 종자에 결합제를 이용하여 규산 또는 이의 염을 코팅하는 것인, 종자의 발아 또는 식물의 생장 촉진방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 (a) 단계는 식물 종자의 중량에 대하여 규산 또는 이의 염을 1 내지 100 중량 %로 코팅하는 것인, 종자의 발아 또는 식물의 생장 촉진방법.

청구항 9

제5항에 있어서, 상기 (b) 단계는 규산 또는 이의 염으로 코팅된 종자를 DCY84^{T} 배양액에 담구는 것인, 종자의 발아 또는 식물의 생장 촉진방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 DCY84^{T} 배양액은 DCY84^{T}를 10^{5} 내지 10^{11} CFU/mL로 포함하는 것인, 종자의 발아 또는 식물의 생장 촉진방법.

청구항 11

(a) 식물 종자를 규산 또는 이의 염으로 코팅하는 단계; 및

(b) 상기 코팅된 종자에 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^{T}(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계

를 포함하는, 종자 또는 식물의 염분 저항성 증가방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 종자 또는 식물을 간척지 토양에서 재배하는 것인, 종자 또는 식물의 염분 저항성 증가방법.

청구항 13

(a) 식물 종자에 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^{T}(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계; 및

(b) 상기 DCY84^{T} 처리된 종자를 이용하여 식물을 재배하는 단계

를 포함하는, 식물 종자의 GABA(γ-aminobutyric acid) 함량 증가방법.

청구항 14

제14항에 있어서, 상기 (a) 단계 전에 식물 종자를 규산 또는 이의 염으로 코팅하는 단계를 추가로 포함하는 것인, 식물 종자의 GABA 함량 증가방법.

청구항 15

(a) 식물 종자에 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^{T}(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계;

(b) 상기 DCY84^{T} 처리된 종자를 이용하여 식물을 재배하는 단계; 및

(c) 상기 식물로부터 종자를 수확하는 단계

를 포함하는, GABA(γ-aminobutyric acid) 함량이 증가된 식물 종자의 제조방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 (a) 단계 전에 식물 종자를 규산 또는 이의 염으로 코팅하는 단계를 추가로 포함하는 것인, GABA 함량이 증가된 식물 종자의 제조방법.

청구항 17

제15항 또는 제16항의 방법으로 제조된, GABA(γ-aminobutyric acid) 함량이 증가된 식물 종자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 규산 또는 이의 염; 및 미생물이 처리된 식물 종자, 식물 종자의 발아 또는 식물의 생장 촉진방법, 종자 또는 식물의 염분 저항성 증가방법, 식물 종자의 GABA 함량 증가방법, GABA 함량이 증가된 식물 종자의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 GABA 함량이 증가한 식물 종자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 인구의 지수적 증가로 인해 많은 식품이 요구되어, 그에 따라 농경지가 증가되어 왔다. 1960년대의 녹색 혁명(Green Revolution)은 식품 공급을 증가시켰으나, 현재는 곡물 생산 증가에 2가지 대안, (1) 식품 생산에 사용되고 있지 않은 지역을 농경지로 확대, (2) 농경지 당 생산수율의 증가가 존재한다. 한국은 이용 가능한 농경지

가 산업화로 감소되었기 때문에, 국가적으로 간척지를 이용한 식품의 생산 증가를 도모하고 있다. 그러나, 간척지에서 농작물의 재배는 높은 염분 및 낮은 영양분 함량으로 인해 어려운 실정이다. 염류 토양(saline soil)은 토양에서 포화침출액(saturation extract)의 전기 전도도(EC_e)가 25℃에서 4dS/m이상(40 mM NaCl과 동일)이고, 교환성 나트륨(exchangeable sodium)이 15% 미만인 경우로 정의된다. 대부분의 작물의 수율은 EC_e에서 감소한다. 염분은 삼투압 및 산화적 스트레스를 통해 식물의 발아, 영양적 성장, 생식 성장 등에 영향을 끼치고, 이온 독성 및 영양 결핍을 야기시킨다(Biol. Fert. Soils, 2009, 45, 405-413).

[0003] 한편, 식물 생장 촉진 미생물(Plant growth-promoting bacteria, PGPB)은 식물과 특정한 공생관계를 형성하고 있는 미생물(예를 들어, 리조비아(*Rhizobia*) 속 균주 및 프랑키아(*Frankia*) 속 균주)로서, 이러한 PGPB는 직접 또는 간접적으로 식물의 생장이나 수확량에 유익한 영향을 끼친다. 또한, PGPB는 영양분 흡수를 촉진하거나, 식물 호르몬 수준을 조절하여 직접적으로 식물 생장을 촉진시키고, 식물 생장에 관여하는 다양한 병원균을 저해하여 간접적으로 식물의 생장을 촉진한다. 또한, PGPB는 식물의 비생물적 스트레스 증상을 감소시키고, 생물적 스트레스인 병원균의 생장을 억제하여, 식물을 다양한 스트레스로부터 보호한다. 이러한 PGPB의 보호 효과는 콩, 카네이션, 오이, 무, 담배, 토마토, 및 애기장대에서 보고되었다(Annu Rev Phytopathol, 1998, 36, 453-483).

[0004] 한편, 규소(Si)는 지표면에 많이 존재하며, 식물에서 일반적으로 필수원소에는 포함되지 않지만 식물체의 구성 성분으로 중요한 의미를 가지고 있다. 식물체의 뿌리로부터 흡수된 규소는 증산류와 함께 이동되며, 세포 내 세포벽, 세포 사이의 간극 및 외층에 축적되는 것으로 알려져 있다. 이러한 규소는 식물체의 뿌리, 줄기, 잎 등에 축적되며, 식물의 세포벽을 물리적으로 튼튼하게 하거나 잎의 광에 대한 이용성을 높여 광합성 작용을 상승시켜 주는 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

[0005] 그러나, 염분이 높고 영양소가 낮은 간척지에서 작물의 염분에 대한 저항성을 높이고 생장을 촉진시킬 수 있는 방법에 대해서는 아직 개발이 미흡한 실정이다.

[0006] 한편, GABA(γ-aminobutyric acid)는 포유류의 뇌 속에만 존재하는 특이한 아미노산으로 척추동물의 중추신경계의 억제적 화학전달물질로 알려져 있으며, 채소, 과일, 쌀이나 현미 등의 곡류에도 들어 있다.

[0007] 이러한 배경 하에서, 본 발명자들은 식물 종자의 염분에 대한 저항성 및 식물 생장을 촉진할 수 있는 방법을 개발하고자 예의 노력한 결과, 규산 또는 이의 염; 및 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^T(KCTC 12768BP)가 처리된 식물 종자는 염분에 대한 저항성이 증가하고, 식물 생장이 촉진되며, GABA 함량이 증가됨을 확인하고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 하나의 목적은 규산 또는 이의 염; 및 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^T(KCTC 12768BP)가 처리된 식물 종자를 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 (a) 식물 종자를 규산 또는 이의 염으로 코팅하는 단계; 및 (b) 상기 코팅된 종자에 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^T(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계를 포함하는, 종자의 발아 또는 식물의 생장 촉진방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 또 다른 목적은 (a) 식물 종자를 규산 또는 이의 염으로 코팅하는 단계; 및 (b) 상기 코팅된 종자에 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^T(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계를 포함하는, 종자 또는 식물의 염분 저항성 증가방법을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 또 다른 목적은 (a) 식물 종자에 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^T(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계; 및 (b) 상기 DCY84^T 처리된 종자를 이용하여 식물을 재배하는 단계를 포함하는, 식물 종자의 GABA(γ-aminobutyric acid) 함량 증가방법을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 또 다른 목적은 (a) 식물 종자에 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^T(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계; (b) 상기 DCY84^T 처리된 종자를 이용하여 식물을 재배하는 단계; 및 (c) 상기 식물로부터 종자를 수확하는 단계를 포함하는, GABA(γ-aminobutyric acid) 함량이 증가된 식물 종자의 제조방법을

제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 방법으로 제조된, GABA 함량이 증가된 식물 종자를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기 목적을 달성하기 위한 하나의 양태로서, 본 발명은 규산 또는 이의 염; 및 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^{T}(KCTC 12768BP)가 처리된 식물 종자를 제공한다. 규산 또는 이의 염 코팅 및 DCY84^{T} 처리된 종자는 규산 또는 이의 염 코팅 또는 DCY84^{T}가 각각 단독으로 처리된 종자보다 매우 우수하게 발아가 촉진되고, 식물 생장이 촉진되고, 토양의 염분에 대한 저항성이 증가됨을 본 발명자가 처음으로 규명하였다. 또한, 규산 또는 이의 염 코팅 및/또는 DCY84^{T} 처리된 종자를 재배하는 경우 토양에 상관없이 GABA 함량이 증가된 종자를 수확할 수 있음을 본 발명자가 처음으로 규명하였다.

[0015] 본 발명의 용어 "규산(silicic acid)"은 규소를 포함하는 화합물을 의미한다. 구체적으로, 상기 규산은 규소와 산소 및 수소가 혼합된 화합물 또는 산화 규소, 예를들어, SiO, SiO_2, Si_3O_2 등을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 본 발명에서 규산은 DCY84^{T} 균주와 함께 식물 종자에 처리되어, 종자의 발아를 촉진시키고, 식물 생장을 촉진시키고, 종자 및 식물의 염분에 대한 저항성을 증가시킬 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명은 규산뿐만 아니라, 규산염과 규산 및 규산염의 조합을 이용할 수 있다. 상기 규산염은 당업계에 알려진 방법으로 제조될 수 있으며, 통상적으로 판매되는 것을 구입하여 사용할 수 있다.

[0017] 본 발명의 용어 "페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^{T}"는 본 발명자가 용인 숲의 토양에서 분리한 신규 균주로서, 한국미생물자원센터에 수탁번호 KCTC12768BP로 기탁되었다. 또한, 본 발명에서 상기 페니바실러스 용인엔시스는 DCY84^{T}는 DCY84^{T}와 혼용된다.

[0018] 본 발명에서 식물은 종자를 수확할 수 있는 한 제한이 없으나, 구체적으로 벼, 밀, 보리, 콩, 옥수수, 팥, 녹두, 목화, 또는 메밀 등일 수 있다.

[0019] 본 발명에서 규산 또는 이의 염 코팅; 및 DCY84^{T} 처리된 종자는 발아할 수 있는 한 발아를 위한 배지 또는 토양의 종류가 제한되지 않으나, 구체적으로 일반 배지 또는 토양에 비해 염분 함량이 높은 배지 또는 토양에서 발아할 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명에서 규산 또는 이의 염 코팅; 및 DCY84^{T} 처리된 종자는 발아 후 일반 토양 또는 염분이 높은 토양, 구체적으로 간척지에서 재배될 수 있으나, 제한되지 않는다.

[0021] 본 발명에서 "식물 생장"은 식물의 종자가 발아하여 뿌리·줄기·잎을 내거나 또는 그 후 점차 뿌리·줄기·잎의 개수, 크기와 무게를 더해가는 과정을 의미하므로, 본 발명에서 "식물 생장 촉진"은 식물의 종자의 발아 또는 발아된 식물의 뿌리·줄기·잎의 개수, 크기와 무게의 증가를 촉진하는 것을 의미한다.

[0022] 본 발명의 구체적인 일 실시예에서는 SiO_2 코팅 및/또는 DCY84^{T} 처리된 벼 종자의 발아율 및 생장 파리마터를 측정한 결과, SiO_2 코팅 및 DCY84^{T} 처리 군은 SiO_2 코팅 군 및 DCY84^{T} 처리 군보다 발아율, 뿌리 수 및 길이, 지상부(shoot) 길이, 생중량, 활력 지수가 매우 높음을 확인하였다(표 2).

[0023] 또한, 본 발명의 구체적인 일 실시예에서는 SiO_2 코팅 및/또는 DCY84^{T} 처리된 벼 종자를 염분 스트레스 처리 후 회복 정도를 측정한 결과, SiO_2 코팅 및 DCY84^{T} 처리 군은 SiO_2 코팅 군 및 DCY84^{T} 처리 군보다 매우 많은 수의 식물이 "양호" 카테고리로 회복되었음을 확인하였다(도 1).

[0024] 또한, 본 발명의 구체적인 일 실시예에서는 SiO_2 코팅 및/또는 DCY84^{T} 처리된 벼 종자를 간척지에서 포장 시험한 결과, SiO_2 코팅 및 DCY84^{T} 처리 군은 SiO_2 코팅 군 및 DCY84^{T} 처리 군보다 총 중량 및 총 수율이 매우 높으며(표 5 및 도 4), 정상 쌀알 비율이 매우 높음을 확인하였다(도 6A).

[0025] 이를 통해, SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리된 종자는 SiO_2 코팅 또는 DCY84^T 처리된 종자 보다 염분에 대한 저항성이 증가하고, 정상 쌀알의 수가 증가하며, 종자의 발아 및 식물의 생장이 촉진됨을 알 수 있었다.

[0026] 또한, 본 발명의 구체적인 일 실시예에서는 SiO_2 코팅 및/또는 DCY84^T 처리된 벼 종자를 재배하여 수득한 현미의 GABA 함량을 분석한 결과, 간척지 및 일반 논에서 모두 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리 군이 SiO_2 코팅 군 및 DCY84^T 처리 군보다 매우 높은 GABA 함량을 나타냄을 확인하였다(도 8).

[0027] 이를 통해, SiO_2 코팅 및/또는 DCY84^T 처리된 종자를 토양의 종류에 상관없이 재배하여 수확한 종자는 GABA 함량이 증가됨을 알 수 있었다.

[0028] 다른 하나의 양태로서, 본 발명은 (a) 식물 종자를 규산 또는 이의 염으로 코팅하는 단계; 및 (b) 상기 코팅된 종자에 페니바실러스 용인엔시스 DCY84^T(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계를 포함하는, 종자의 발아 또는 식물의 생장 촉진방법을 제공한다.

[0029] 상기 "규산 또는 이의 염", "페니바실러스 용인엔시스 DCY84^T", "식물의 생장 촉진"은 전술한 바와 같다.

[0030] 본 발명에서 상기 (a) 단계는 한국 등록 특허 제10-1458849호에 기재된 방법에 따라 수행될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0031] 본 발명에서 식물 종자에 규산 또는 이의 염을 코팅하여 식물 생장 촉진, 염분 내성 증가 또는 GABA 함량 증가의 효과를 얻을 수 있는 한 식물 종자에 코팅되는 규산 또는 이의 염의 함량은 제한되지 않으나, 식물 종자의 중량에 대하여 규산 또는 이의 염을 1 내지 100 중량 %, 구체적으로 10 내지 90 중량 %로 코팅할 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명에서 상기 (a) 단계는 식물 종자에 규산 또는 이의 염; 및 결합제를 이용하여 규산 또는 이의 염을 코팅하는 단계일 수 있다.

[0033] 상기 규산(silicic acid)은 규소와 산소 및 수소가 혼합된 화합물의 일반적인 명칭을 의미하는 것으로, 본 발명에서 규산은 규산염을 포함한다.

[0034] 상기 결합제(binder)는 규산 또는 이의 염이 종자의 외피에 코팅될 수 있도록 규산 또는 이의 염과 종자의 외피 간의 결합에 도움을 줄 수 있는 한 종류에 제한이 없으며, 당업계에서 통상적으로 사용되는 결합제일 수 있다.

[0035] 본 발명에서 상기 (a) 단계의 코팅방법은 통상적인 방법으로 수행될 수 있으며, 구체적으로 분문 건조 방법을 이용할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0036] 본 발명에서 상기 (b) 단계는 규산 또는 이의 염으로 코팅된 종자에 DCY84^T 균주를 접종하는 단계이다. 구체적으로, 상기 (b) 단계에서 규산 또는 이의 염으로 코팅된 종자를 DCY84^T 배양액에 담구어 접종할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 본 발명에서 상기 DCY84^T 배양액의 농도는 규산 또는 이의 염으로 코팅된 종자에 DCY84^T 를 접종할 수 있는 한 제한되지 않으나, DCY84^T 를 10^5 내지 10^{11} CFU/ml 포함할 수 있다.

[0037] 본 발명의 구체적인 일 실시예에서는 벼 종자 2kg에 1500g의 SiO_2(제올라이트)를 500g씩 여러 차례로 나누어 결합제와 함께 분무건조하여 코팅하였다(실험예 1). 그 후 코팅된 종자를 10^8 CFU/ml의 DCY84^T 균주 현탁액에 30분 동안 담가 접종하여, SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리된 벼 종자를 제조하였다(실험예 2).

[0038] 다른 하나의 양태로서, 본 발명은 (a) 식물 종자를 규산 또는 이의 염으로 코팅하는 단계; 및 (b) 상기 코팅된 종자에 페니바실러스 용인엔시스 DCY84^T(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계를 포함하는, 종자 또는 식물의 염분 저항성 증가방법을 제공한다.

[0039] 상기 "규산 또는 이의 염", "코팅" 및 "페니바실러스 용인엔시스 DCY84^T"는 전술한 바와 같다.

[0040] 다른 하나의 양태로서, 본 발명은 (a) 식물 종자에 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^T(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계; 및 (b) 상기 DCY84^T 처리된 종자를 이용하여 식물을 재배하는 단계를

포함하는, 식물 종자의 GABA 함량 증가방법을 제공한다. 구체적으로, 본 발명의 식물 종자의 GABA 함량 증가방법은 상기 (a) 단계 전에 식물 종자를 규산 또는 이의 염으로 코팅하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0041] 상기 "페니바실러스 용인엔시스 DCY84^T", "규산 또는 이의 염" 및 "코팅"은 전술한 바와 같다.

[0042] 본 발명에서 DCY84^{T}가 접종된 식물 종자를 재배하는 경우 DCY84^{T}가 접종되지 않은 일반 식물 종자를 재배하는 경우에 비해 생산되는 식물의 열매(종자)의 GABA 함량을 증가시킬 수 있다.

[0043] 또한, 본 발명에서 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리된 식물 종자를 재배하는 경우 SiO_2 코팅 처리된 종자 및 DCY84^T 처리된 종자를 재배하는 경우에 비해 식물 열매(종자)의 GABA 함량을 더 높게 증가시킬 수 있다.

[0044] 또한, 본 발명의 식물 종자의 GABA 함량 증가방법은 토양의 종류에 상관없이 식물 열매(종자)의 GABA 함량을 더 높게 증가시킬 수 있다.

[0045] 본 발명의 구체적인 일 실시예에서는 간척지에서 재배된 쌀 및 일반 토양에서 재배된 쌀 모두에서 DCY84^T 및 SiO_2 처리한 군은 Mock, SiO_2 코팅 군 및 DCY84^T 처리 군보다 매우 높은 GABA 함량을 나타내고, DCY84^T 처리 군은 간척지 및 일반 논에서 모두 Mock, SiO_2 코팅 군에 비해 GABA 함량이 증가함을 확인하였다(도 8).

[0046] 다른 하나의 양태로서, 본 발명은 (a) 식물 종자에 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^T(KCTC 12768BP)를 처리하는 단계; (b) 상기 DCY84^T 처리된 종자를 이용하여 식물을 재배하는 단계; 및 (c) 상기 식물로부터 종자를 수확하는 단계를 포함하는, GABA 함량이 증가된 식물 종자의 제조방법을 제공한다. 구체적으로, 본 발명의 GABA 함량이 증가된 식물 종자의 제조방법은 상기 (a) 단계 전에 식물 종자를 규산 또는 이의 염으로 코팅하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0047] 상기 "규산 또는 이의 염", "코팅" 및 "페니바실러스 용인엔시스 DCY84^T"는 전술한 바와 같다.

[0048] 다른 하나의 양태로서, 본 발명은 상기 제조방법으로 제조된, GABA(γ-aminobutyric acid) 함량이 증가된 식물 종자를 제공한다.

[0049] DCY84^T 처리; 또는 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리된 식물 종자를 이용하는 본 발명의 제조방법에 따라 GABA 함량이 증가된 식물 열매(종자)를 얻을 수 있다.

발명의 효과

[0050] 본 발명의 규산 또는 이의 염 코팅 및 DCY84^T 처리된 종자는 규산 또는 이의 염 코팅 또는 DCY84^{T}가 각각 단독으로 처리된 종자보다 매우 우수하게 발아가 촉진되고, 식물 생장이 촉진되고, 토양의 염분에 대한 저항성이 증가되었다. 또한, 규산 또는 이의 염; 및/또는 DCY84^{T}가 처리된 식물 종자를 재배하여 수확한 종자는 토양의 염분 함량에 관계없이 GABA 함량이 증가되었다.

도면의 간단한 설명

[0051] 도 1은 온실에서 염분 스트레스 처리 후 회복된 벼 묘목의 수를 측정한 그래프이다(coated seed: SiO_2 코팅된 벼 종자, Mock: 음성 대조군). 회복은 1 내지 3 단계로 분류된다[양호(Good) = 적어도 3 장의 잎이 녹색, 중간(Mild) = 1-2 장의 잎이 녹색, 고사(None) = 모든 잎이 말라죽음 (식물이 죽었음)]. 통계적 유의성을 $P < 0.05$에 대하여 "*"로, $P < 0.01$에 대하여 "**"로, $P < 0.001$에 대하여 "***"로 표시하였다.

도 2는 온실에서 염분 스트레스 처리 전후의 벼 묘목을 비교한 사진이다.

도 3은 월별 최고 온도의 평균, 최저 온도의 평균, 강수량 및 포장 시험동안의 태양 복사의 상대적 차이를 나타낸 그래프이다. 각 월의 퍼센트는 사이트에 얻은 평균 값에 대한 태양 복사의 상대적 차이를 의미한다.

도 4는 주남 벼에서 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리에 따른 수율을 분석한 그래프이다.

도 5는 주남 쌀의 외관을 나타낸 도이다. A는 정상 spikelets, B는 빈 spikelets, C는 갈색 쌀, D는 흰 쌀을

나타낸 도이다. E는 정 spikelets, F는 빈 spikelets, G는 곰팡이가 감염된 spikelets, H는 정상 쌀알(kernel), I는 백악질 쌀알(Chalky kernel), J는 깨진 쌀알, K는 열 처리된 쌀알, L은 기타 손상된 쌀알을 나타낸 도이다. 막대는 1 mm를 의미한다.

도 6은 주남 쌀 재배에 있어서, SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리에 따른 쌀알의 특성(A) 및 낟알(grain)의 영양소 함량(B)을 나타낸 도이다.

도 7은 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리 군의 잎에서 엽록소 a, b 및 카로티노이드의 함량을 측정한 결과를 나타낸 도이다. P <0.01에 대하여 "**"로, P <0.001에 대하여 "***"로 표시하였다(1, DCY84^T 처리; 2, SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리; 3, 무처리구; 4, SiO_2 코팅 처리).

도 8은 수확 후 현미의 GABA 함량을 나타낸 도이다. 2014년 주남 쌀이 간척지의 염분 토양에서 수확되었고, 2015년 하이아미 쌀이 논에서 수확되었다. Ba + Si-는 DCY84^T 처리, Ba + Si+는 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리, Ba-Si-는 Mock, Ba-Si+는 SiO_2 처리를 의미한다(a, p <0.001; a', p < 0.01).

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0052] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명하기로 한다. 이들 실시예는 단지 본 발명을 예시하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는다.

[0053] **실험예 1. 벼 종자의 규산(SiO_2) 코팅**

[0054] 주남(Junam), 오대(Odae), 히아미(Hiami), 삼광(Samkwang), 추청(Chuchung)및 고시히카리(Koshihikari) 품종의 벼 종자를 한국 라이스 수집 센터(Korean Rice Collection Center)에서 제공받았다. 벼 종자의 SiO_2 코팅을 강원도 횡성 소재의 새턴바이오텍(Saturn Bio Tech)사에서 실시하였다. 일정한 용기에 2kg의 건조한 벼 종자와 350mL 결합제(binder) 용액을 투입하여 혼합한 후 1분간 용기 안에 유지시켰다. 약 1kg의 SiO_2 (제올라이트)를 코팅기에 투입한 후 4 rpm으로 회전시키면서 바인더가 피복된 벼종자를 코팅기에 투입하였다. 그 후 3분간 코팅기를 회전시킨 후 3분간 열풍 건조하고 코팅볍씨를 꺼내어 5시간 음건하였다.

[0055] **실험예 2: 벼 종자에 DCY84^{T}처리 방법 및 처리 효과 분석 방법**

[0056] 페니바실러스 용인엔시스(*Paenibacillus yonginensis*) DCY84^T(KCTC 12768BP)를 트립티케이스 대두 배지(Trypti-case soy broth, TSB)에서 30℃로 16시간 동안 배양하였다. 배양액을 15분 동안 3000×g에서 원심 분리하여 침전된 세포를 식염수에 용해시켰다. 박테리아 현탁액을 다시 15분 동안 3000×g에서 원심 분리하고, 침전된 세포를 식염수에 용해시키는 과정을 세포가 10^8CFU/mL에 도달할 때까지 반복하였다. 그 후, 코팅되지 않은 벼 종자와 SiO_2 코팅된 벼 종자 6종(주남, 오대, 히아미, 삼광, 추청 및, 고시히카리)을 0.02%의 차아염소산 나트륨을 사용하여 2분 동안 표면 소독한 후, 멸균 증류수를 사용하여 세정하였다. 종자들을 30분 동안 DCY84^T 현탁액에 담가 접종하였다(Bhatia et al., Ann. Biol., 2014, 30(4), 567-573). 식염수를 처리한 군을 음성대조군(Mock)으로 사용하였다.

[0057] 본 발명에 사용된 토양은 태안(한국)의 해안에서 채취되었다. 토양의 화학적 특성은 표 1에 나타내었다. 토양을 3일 연속으로 1시간 동안 121℃에서 가압멸균처리(autoclave)에 의해 멸균하였다. 20톨의 볍씨를 화분에 심고, 28℃로 16시간 동안 명(Day) 처리, 20℃로 8시간 동안 암(night) 처리, 60% 상대 습도의 조건에서 배양하였다. 벼 종자에 매일 물을 주고, 추가 비료를 사용하지 않았다.

표 1

[0058]

성질	토양					평균
	샘플 1	샘플 2	샘플 3	샘플 4	샘플 5	
pH	4.8	4.9	5.1	5.0	4.7	4.9±0.09
EC ($dS \cdot m^{-2}$)	2.82	2.11	2.67	1.80	2.72	2.42±0.257
Total carbon (%)	1.22	0.99	1.51	0.80	0.97	1.10±0.159
Total nitrogen (%)	0.542	0.539	0.533	0.509	0.557	0.54±0.010
Available P ($mg \cdot kg^{-2}$)	41.3	42.7	46.0	38.7	36.0	40.9±2.20
Available K ($mg \cdot kg^{-1}$)	180.7	231.4	352.3	140.4	183.3	217.6±47.29
Available Ca ($mg \cdot kg^{-1}$)	45.6	66.8	105.6	59.2	68.8	69.2±12.87
Available Mg ($mg \cdot kg^{-1}$)	48.6	31.8	77.5	38.2	38.2	46.9±10.49
Available Na ($mg \cdot kg^{-1}$)	51.1	21.2	61.2	32.4	38.2	40.8±9.05

[0059] 발아 속도는 5일째에 측정하였고, 싹의 길이, 뿌리 길이, 뿌리 수, 생중량, 건조 중량을 15일째에 측정하였다 (Yoshida et al., 1976, Physiological Studies of Rice, 3rd ed). 묘목의 건조 중량을 분석하기 위해 3일 동안 60℃ 오븐에서 묘목을 건조시켰다. 묘목의 활력 지수 (vigor index, VI)를 하기 식을 사용하여 계산하였다. 3회 반복하여 실험을 수행하였고, 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

[0060] VI = [뿌리 길이의 평균 + 배축(hypocotyl) 길이의 평균] × % 발아.

[0061] **실험예 3. 염분 스트레스에 대한 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리 효과를 확인하기 위한 벼의 온실 재배**

[0062] 실험예 2와 동일한 방법으로 DCY84^{T}의 농축 현탁액을 제조하였다. SiO_2코팅된 주남 벼 종자와 코팅되지 않은 주남 벼 종자 각각 100개를 DCY84^T 현탁액과 함께 배양한 후, 멸균되고 촉촉한 티슈 페이퍼가 담긴 페트리 접시 (150 × 150mm)에서 3일 동안 발아시켰다. 식염수를 처리한 군을 음성대조군(Mock)으로 사용하였다. 그런 다음, 잘 발아한 종자 50개를 토양화분(soil pot)에 옮겨 30℃에서 14시간 동안 명 처리, 20℃에서 10시간 동안 암 처리, 90% 상대 습도 조건으로 온실 내부에서 재배하였다. 일주 후, 유사한 크기의 벼 묘목 32개를 더 큰 화분에 심었다. 염분 스트레스를 주기 위해 5일 동안 250mM의 NaCl 용액을 16개의 15일째 묘목에 살수하였다. 그 후 벼 묘목을 회복시키기 위해 5 일째에 물을 일반 물로 변경시켰다. 회복 2주 후에(34일째), 벼 묘목의 회복수준을 측정하였다. 1 내지 3의 카테고리로 식물을 분류하여 회복 수준을 판단하였다. 3회 반복하여 실험을 수행하였고, 그 결과를 하기 도 1 및 2에 나타내었다.

[0063] [회복수준 카테고리]

[0064] 양호(Good) = 적어도 3 장의 잎이 녹색,

[0065] 중간(Mild) = 1-2 장의 잎이 녹색

[0066] 고사(None) = 모든 잎이 말라죽음 (식물이 죽었음).

[0067] **실험예 4. 토양의 화학적 분석 방법**

[0068] 토양 샘플을 공기 건조시키고, 2 mm의 체를 통과시켰다. 상기 샘플의 화학적 특성을 농촌 진흥청(한국)의 표준 방법 (RDA-농촌 진흥청과 한국, 1988)에 따라 분석하였다. pH 미터(Thermo, 오리온 900 A)와 오리온 162A 전도도 측정기로 토양:물=1:5의 비율을 이용하여 pH와 전기 전도도(EC)를 측정하였다. 토양 유기물(OM) 함량, 인 함량 및 이용가능한 양이온(K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} 및 Na^+)의 수준을 각각 츄린 방법(Tyurin method), 랭커스터 방법 (Lancaster method)과 1N-NH_4OAc (pH 7.0) 방법을 사용하여 측정하였다.

[0069] **실험예 5. 주남 벼의 성장에 대한 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리의 효과를 평가하기 위한 포장 시험 방법**

[0070] **실험예 5-1. 포장 시험 지역과 기후조건**

[0071] 포장 시험을 태안(한국)의 해안 지역 근처 농지(36° 39'39''N, 126° 20'17''E)에서 실시하였다. 포장 시험 지역은 2010년에 인공적으로 흙으로 채워진 완만한 충적평야(해면간척지)이다(Choi, Geog. J. Korea, 2012, 1 (2), 247-265). 이 지역은 2014년 5월-10월 동안 15-25℃, 2015년 5월-10월 동안 12-28℃로 평균 온도가 따뜻하고 습하다. 2014년과 2015년 동안 연평균 강수량은 각각 800mm 와 600mm였다 (http://www.accuweather.com/en/kr/south-korea-weather). 포장 시험을 하는 동안 월별 최대 온도, 최저 온도와 강수량을 도 3에 나타내었다. 모든 데이터는 대표적인 샘플 5개의 평균 값으로 나타내었다.

[0072] 상부의 토양층(30 센티미터)의 화학적 특성은 다음과 같았다:

[0073] pH 값 (1:5=토양:물)=4.9; 전기 전도도 = 2.42 dSm^{-1}; 총 유기물 = 1.10 %; 총 N = 0.54%; 이용 가능한 P = 40.9 $mgkg^{-1}$; 이용 가능한 K = 217.6 $mgkg^{-1}$

[0074] **실험예 5-2. 주남 벼의 성장에 대한 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리의 효과를 평가하기 위한 포장 시험 방법**

[0075] 포장 시험을 2014년 5월 ~ 10월 및 2015년 5월 ~ 10월에 수행하였다. 포장 시험을 무작위 완전한 블록(randomized complete block, RCB) 디자인 및 3 반복으로 수행하였다. 단위 플롯의 크기는 10 m × 10 m 였다. 각각의 처리를 위해 분리된 영역은 약 300m^2이었다(Mock, DCY84^T-처리한 종자, SiO_2로 코팅된 종자 및 DCY84^T-SiO_2-처리된 종자). 각 처리 군 마다 약 4.5 kg의 종자를 사용하였고, 각 100㎡ 면적에 스프레더 기계를 이용하여 도포하였다. 농지에 정기적으로 물(pH 4.6, EC = 4.13 dS m^{-1})을 관개하였다.

[0076] 표 3에 나타낸 바와 같이, 묘목의 초기 발달 단계에 30과 60일째 벼 묘목을 샘플링하여 관찰하였다. 60일째 묘목의 지상부(shoot)를 분석한 결과를 표 4에 나타내었다.

[0077] 수확을 160일째에 수행하였고, 이삭(panicle)의 길이, 이삭의 수/m^2, 이삭당 영화수(spikelet/panicle), 이삭당 정상 영화수(normal spikelet/panicle), 생식력 비율(fertility percentage, [이삭당 정상 영화수]/[이삭당 영화수]× 100 %), 1000-grain wright, 낟알 수율 및 총 수율을 표 5에 나타내었다.

[0078] **실험예 6. 지상부(shoot) 성분 분석 방법**

[0079] 식물의 질소 함량을 측정하기 위해, 황산을 첨가하여 분해한 후, 켈달 증류법(Kjeltec sytem,FOSS 8400)으로 분석하였다. 건조 벼 잎 1g을 HNO_3 10mL로 처리한 후 마이크로 웨이브 소화 시스템(Mars 5, CEM)으로 분해하였다. 그 후 인산, 칼륨과 석회를 ICP(유도 결합 플라즈마 분석기, 옵티마 8400RL, 퍼킨 엘머)를 이용하여 분석하였다. 샘플 1g을 3mL삼원 용액으로 가수분해한 후 여과하였다. 남아있는 잔여물을 600℃의 전기로에서 6시간 동안 분해한 후 벼의 규산염 함량을 측정하였다.

[0080] **실험예 7. 쌀알 특성 및 낟알의 영양소 함량 분석 방법**

[0081] 벼 spikelet을 FC2K 마찰 장치(KETT, 일본)를 사용하여 탈곡하는 동안에 91%(중량 대비)까지 spikelet을 제분하는 MC-90A testing rice miller(Toyo Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 제분 작업을 수행하였다. 벼 낟알의 특징을 Cervitec 1625 Grain Inspector machine(FOSS, 스웨덴)으로 측정하였고, 단백질 함량을 성분 분석기(Infractec 1241 Grain Analyzer)로 측정하였으며, 기호성을 벼 풍미 분석기로 측정하였다. 벼 낟알의 특성 및 각 처리군별 영양소 함량을 도 6에 나타내었다. 주남 벼의 곡물(grain) 및 낟알(kernel)의 대표적인 형태를 도 5에 나타내었다.

[0082] **실험예 8. 벼 잎의 카로테노이드와 엽록소 a, b의 함량 분석 방법**

[0083] 신선한 벼 잎 샘플 100 mg을 액체 질소로 분말화한 후 80%의 차가운 아세톤 50mL를 첨가하였다. 4℃에서 하룻밤 동안 암 배양한 후, 2500 rpm으로 4℃에서 15 분 동안 원심분리를 하였다. 상층액을 새로운 튜브에 수집하고, 480, 645, 663 nm에서 흡광도를 측정하여 하기의 식으로 계산하였다.

[0084] 엽록소 a = 12.72 × A663-2.59 × A645,

[0085] 엽록소 b = 22.9 × A645-4.67 × A663

[0086] 전체 엽록소 = 20.31 × A645 + 8.05 × A663,

[0087] 카로테노이드 = A480 + (0.114 × A663-0.638 × A645)

[0088] **실험예 9. GABA 함량 분석**

[0089] 표준 GABA를 시그마(GABA 99%, Sigma-Aldrich; 미국)에서 구입하였다. 모든 용매는 HPLC 등급이고, 물, 아세토니트릴은 버딕&잭슨(Burdick & Jackson, 미국)에서 구입하였다. 포름산 암모늄, 포름산은 시그마-알드리치로부터 구입하였다. 샘플을 왕복배양진탕기(reciprocal shaker)(SR-1, Taitec Co.; 일본)를 사용하여 추출하고, 10,000×g에서 원심 분리(Labogene 1736R, 한국)하였다. Shiseido Nanospace SI2(API 3200, ABSciex, 미국)를 GABA의 분석을 위해 사용하였다. 컬럼은 Intrada amino acid(3mm × 100 mm, 3㎛)이며, 이동상으로 DW를 사용한 40mM 포름산 암모늄: ACN를 사용한 0.3 % 포름산(75:25, v/v)을 사용하였다. 흐름 속도(Flow rate)는 0.4mL/min이고, 주입 용량은 5㎕이었다. GABA를 LC/MS/MS로 분석하였다. 이온화 모드는 positive ion source polarity인 ESI이었다. 1mg GABA를 0.1N HCl 1mL에 용해시켰고, 표준용액을 위해 적절하게 희석하였다. 균질시료 3g을 2% 포름산을 함유한 70% 에탄올과 혼합하고, 5분간 균질화한 후, 50mL로 조정하여 30분 동안 다시 균질화시켰다. 13,000rpm에서 30분간 원심분리한 후 상층액을 0.2㎛의 시린지 필터로 여과하여 분석하였다.

[0090] **실시예 1. 벼 종자 발아에 대한 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리의 효과**

[0091] 실험예 2에 따라 벼 종자 발아에 대한 SiO_2 코팅 및/또는 DC84^T 처리의 효과를 측정하였다. 묘목 활력 지표를 측정하기 위해 묘목의 평균 길이 또는 고품질의 종자를 생산하기 위한 바람직한 환경을 식별할 수 있는 묘목 건조중량법을 사용하였다. 지상부 길이는 광합성에 의한 영양분 축적에 있어서 중요하지만, 뿌리 길이는 땅속에서 식물을 단단하게 지지하는데 있어서 중요하다. 표 2에 나타낸 바와 같이, 주남 벼 묘목은 대조군(무코팅)과 비교하여 SiO_2 코팅에 의해 거의 모든 측정값이 증가하였다. 부정적인 결과가 뿌리 길이, 발아율, 활력 지표에서 나타났다. SiO_2 처리는 주남 품종의 지상부 길이(19.3cm)와 생중량(66.2g)을 증가시켰고, 뿌리의 수에는 유의한 차이가 없었다.

[0092] 그러나, DCY84^{T}와 SiO_2 코팅 처리는 모든 묘목의 성장 파라미터를 증가시켰다. 지상부 길이, 뿌리 길이, 생중량의 증가와 관련하여 유사한 경향이 다른 품종에서도 나타났다. 결론적으로, SiO_2 코팅 처리는 주로 지상부에 영향을 미치는 반면, DCY84^{T}와 SiO_2 코팅 처리의 조합은 뿌리와 지상부 모두에 영향을 미쳤다. 온실과 포장 실험에서 주남 벼만 사용하였다.

[0093] 이를 통해, 규산(SiO_2) 코팅 및 DCY84^T 처리된 종자는 SiO_2 코팅 또는 DCY84^T 처리된 종자보다 종자의 발아 및 식물의 생장이 촉진됨을 알 수 있었다.

표 2

[0094]

Treament and growth parameter	Rice cultivar (uncoated)					
	Junam	Hiami	Samgwang	Odae	Chuchung	Kosihikary
Control						
Shoot length (cm)	16.06 ± 0.31	11.23 ± 0.97	10.3 ± 1.39	12.31 ± 1.53	12.51 ± 1.35	11.43 ± 2.15
Roots number	5.67 ± 0.18	4.23 ± 0.49	4.5 ± 1.27	4.37 ± 1.24	4.2 ± 1.06	4.51 ± 1.21
Roots length (cm)	6.07 ± 0.41	3.6 ± 0.12	2.72 ± 1.57	4.57 ± 1.54	4.3 ± 1.05	3.45 ± 1.05
Fresh weight (g)	53.93 ± 1.86	48.35 ± 2.12	49.5 ± 2.01	53.6 ± 2.26	45.45 ± 1.71	50.31 ± 2.02
Germination rate (%)	45 ± 0.6	36 ± 0.25	47 ± 0.3	39 ± 1.5	38 ± 1.1	38 ± 0.7
Vigor index	1037.25 ± 27	533.88 ± 35	611.94 ± 25	658.32 ± 38	638.78 ± 11	565.44 ± 24
Paenibacillus yonginensis DCY84^T						
Shoot length (cm)	19.42 ± 0.28	15.31 ± 0.52	16.42 ± 2.31	13.81 ± 2.57	13.11 ± 0.91	15.24 ± 3.61
Roots number	8.2 ± 0.18	5.2 ± 0.16	6.4 ± 0.25	5.23 ± 0.71	5.7 ± 1.2	4.1 ± 0.91
Roots length (cm)	7.6 ± 0.46	5.45 ± 0.23	5.12 ± 1.54	7.23 ± 1.12	7.01 ± 1.56	7.5 ± 1.36
Fresh weight (g)	59.24 ± 1.08	53.21 ± 2.29	61.74 ± 2.87	58.61 ± 2.94	66.4 ± 2.58	57.64 ± 3.21
Germination rate (%)	47 ± 0.2	40 ± 2.2	52 ± 1.53	53 ± 0.5	40 ± 0.6	50 ± 0.5
Vigor index	1269.94 ± 23	830.4 ± 22	1120.08 ± 41	1115.12 ± 32	985.88 ± 42	1137.02 ± 19
Treament and growth parameter	Rice cultivar (coated)					
	Junam	Hiami	Samgwang	Odae	Chuchung	Kosihikary
Control						
Shoot length (cm)	19.3 ± 0.58	12.63 ± 1.23	13 ± 0.59	13.43 ± 0.42	11.95 ± 0.17	11.38 ± 0.65
Roots number	6.1 ± 0.14	4.33 ± 0.46	5.4 ± 0.25	4.67 ± 0.34	5.5 ± 0.16	5.75 ± 0.11
Roots length (cm)	4.1 ± 0.07	3.7 ± 0.09	3.02 ± 0.07	5.27 ± 0.55	5.5 ± 0.09	3.85 ± 0.48
Fresh weight (g)	66.2 ± 1.81	51.37 ± 3.59	53.74 ± 1.81	54.4 ± 1.18	45.85 ± 0.57	60.3 ± 3.63
Germination rate (%)	43 ± 0.2	38 ± 0.3	48 ± 0.3	38 ± 0.2	37 ± 0.2	40 ± 0.3
Vigor index	1003 ± 14	620.67 ± 31	768.96 ± 17	786.6 ± 21	645.65 ± 14	699 ± 19
Paenibacillus yonginensis DCY84^T						
Shoot length (cm)	23.3 ± 0.42	20.28 ± 0.4	19.84 ± 1.06	14.28 ± 1.15	13.96 ± 1.35	14.94 ± 1.46
Roots number	9.0 ± 0.32	7.5 ± 0.29	7.4 ± 0.3	7 ± 0.27	6.67 ± 0.52	5.8 ± 0.29
Roots length (cm)	9.2 ± 0.08	7.65 ± 0.16	5.8 ± 0.17	8.67 ± 0.51	8.53 ± 0.45	10.2 ± 0.73
Fresh weight (g)	85.7 ± 2.25	78.5 ± 1.89	73.44 ± 3.48	64.36 ± 3.09	72.6 ± 4.35	63.36 ± 2.98
Germination rate (%)	52 ± 0.3	48 ± 0.2	50 ± 0.3	52 ± 0.2	48 ± 0.3	52 ± 0.2
Vigor index	1690 ± 9	1340.4 ± 10	1282 ± 38	1192.86 ± 49	1080 ± 52	1307.28 ± 24

[0095] 코팅 처리 종자를 무코팅 종자, 미생물 처리, 또는 미생물 무처리와 각각 비교하였다.

[0096] ** : 통계적 유의성 P <0.001

[0097] *** : 통계적 유의성 P <0.0001

[0098] **실시예 2. 온실 실험을 통해 염분 스트레스에 대한 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리 효과 확인**

[0099] 실험예 3에 따라 염분 스트레스에 대한 SiO_2 코팅 및/또는 DCY84^T 처리 효과를 온실 실험을 통해 분석하였다. 온실 실험 결과, SiO_2 코팅의 단독 처리는 염분 스트레스 후 34일째 벼 묘목의 회복에 유의성 있는 영향을 미치지 않았다(5.3±0.19 식물 vs. 3.7±0.33 식물). DCY84^T 처리 묘목은 Mock 묘목보다 "양호" 카테고리에 더 많은 수(6.7±0.38 식물 vs. 3.7±0.33 식물)를 보였기 때문에 약간 회복되었다. 도 1에서 알 수 있듯이, SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리의 조합은 무코팅의 Mock 보다 매우 많은 수의 "양호"-회복된 식물(8.7±0.32 식물)을 보였다. SiO_2 코팅에도 불구하고, 회복하지 못한 식물("고사"로 분류)의 수는 DCY84^{T}로 처리한 경우의 "양호"로 분류된 식물의 수와 동일하였다. 또한, 회복하지 못한 식물("고사"로 분류)은 코팅에 관계없이 Mock 군과 비교하여 DCY84^T 군에서 낮았다(DCY84^T + SiO_2 군: 4.7 ± 0.18 식물, DCY84^T 군: 4.3 ± 0.20 식물, SiO_2 군: 7.3 ± 0.17 식물, Mock 군: 7.1 ± 0.30 식물). "중간" 회복의 카테고리에 분류된 식물의 수는 모든 처리에서 유사하였다.

[0100] **실시예 3. 벼 포장 재배 동안 SiO_2 코팅 및 DCY84^T 처리의 효과 확인**

[0101] 벼 묘목의 초기 발생 기간을 표 3에 요약하였다. 표 3A에서, 30일째 주남 벼 품종의 묘목은 DCY84^T 및/또는 SiO_2 코팅 처리 후 Mock에 비해 더 높은 지상부 길이, 생중량, 건조 중량을 나타내었다. 114 ± 6.3mm의 지상부 길이를 가지는 Mock 묘목에 비해 DCY84^T 와 SiO_2 코팅처리의 조합은 176 ± 7.4 mm로 가장 높은 지상부를 나타내었고, SiO_2 처리와 DCY84^T 처리는 각각 167 ± 5.8 mm와 157 ± 4.6 mm를 나타내었다. 그러나, DCY84^T 처리에서만

긴 뿌리(72 ± 5.0 mm vs. Mock 53 ± 6.1 mm)를 나타내었다. DCY84^T 및/또는 SiO_2의 처리는 Mock(296 ± 29.8 mg)에 비해 더 무거운 생중량(475 ± 18.8 내지 585 ± 51.5 mg)을 나타내었고, Mock(58 ± 5.1 mg)에 비해 더 무거운 건조 중량(83 ± 5.2 내지 98 ± 4.2 mg)를 나타냈다. 건조 중량에 주목하면 DCY84^T 및/또는 SiO_2의 처리군 모두가 더 무거운 뿌리 건조 중량을 나타내지만, SiO_2만 처리한 군은 Mock(42.3 ± 4.62 mm)에 비해 더 무거운 지상부 건조 중량(57 ± 2.03 mm)을 나타내었다.

[0102] 1년 동안의 포장 실험 동안 파라미터를 측정하여 표 3B에 나타내었다. 그 결과, DCY84^T 및 SiO_2의 처리는 Mock 군에 비해 묘목의 성장을 개선시켰다. 예를 들어, 지상부(483 ± 15.1 내지 497 ± 11.6 mm vs. Mock, 410 ± 10.1 mm), 뿌리 (160 ± 4.8 내지 191 ± 7.6 mm vs. Mock, 124 ± 6.3 mm)가 Mock 군에 비해 더 길었다. 또한, DCY84^{T}와 SiO_2의 처리는 가장 높은 생중량(4957 ± 140.1 mg vs. Mock 2319 ± 315.1 mg), 건조 중량(2097 ± 100.6 mg vs. Mock 820 ± 46.0 mg)을 나타내었다. 또한, DCY84^{T}와 SiO_2의 처리는 가장 무거운 지상부 건조 중량(1435 ± 72.7 mg vs. Mock, 596 ± 40.2 mg)과 뿌리 건조 중량(662 ± 51.3 mg vs. Mock, 224 ± 23.4 mg)을 나타내었다.

[0103] 또한, 포장 실험의 두 번째 해에도 유사한 결과를 나타내었다. DCY84^{T}와 SiO_2 처리 군은 가장 무거운 생중량(5044 ± 156 mg vs. Mock, 3328 ± 133mg), 건조 중량(2112 ± 31.3 mg vs. Mock, 1055 ± 14.7 mg)을 나타내었고, 더 긴 지상부 길이(438 ± 10.4mm vs. Mock, 410 ± 5.4 mm)와 뿌리 길이(168 ± 5.5 mm vs. Mock, 142 ± 6.2 mm)를 나타내었다. 또한, DCY84^{T}와 SiO_2 처리 군은 가장 높은 지상부 건조 중량(1743 ± 62.8 mg vs. Mock, 843 ± 28.9 mg) 및 뿌리 건조 중량(369 ± 12.1 mg vs. Mock, 212 ± 27.0 mg)을 나타내었다.

[0104] 따라서, DCY84^{T}와 SiO_2 처리의 조합은 60일째 벼 묘목에 가장 좋은 특성을 가져옴을 알 수 있었다.

표 3

[0105]

(A) 30 DAS rice seedlings						
Treatment	Fresh weight (mg)	Dry weight (mg)	Shoot dry weight (mg)	Root dry weight (mg)	Shoot length (mm)	Root length (mm)
DCY84^T	475 ± 18.8***	83 ± 5.2**	45 ± 3.2	38 ± 4.5**	157 ± 4.6***	72 ± 5.0*
SiO2	585 ± 51.5***	98 ± 4.2***	57 ± 2.0**	41 ± 2.7***	167 ± 5.8***	53 ± 5.3
SiO2 + DCY84^T	518 ± 46.3***	84 ± 3.7***	51 ± 4.3	33 ± 3.8**	176 ± 7.4***	59 ± 4.9
Mock	296 ± 29.8	58 ± 5.1	42 ± 4.6	16 ± 3.7	114 ± 6.3	53 ± 6.1
(B) 60 DAS rice seedlings						
1st year						
DCY84^T	4211 ± 183.6***	1977 ± 78.5***	1357 ± 64.2***	620 ± 44.2***	483 ± 15.1***	160 ± 4.8***
SiO2	3665 ± 216.4**	1381 ± 65.9***	904 ± 48.6***	478 ± 32.2***	489 ± 9.6***	191 ± 7.6***
SiO2 + DCY84^T	4957 ± 140.4***	2097 ± 100.6***	1435 ± 72.7***	662 ± 51.3***	497 ± 11.6***	180 ± 5.3***
Mock	2319 ± 315.1	820 ± 46.0	596 ± 40.2	224 ± 23.4	410 ± 10.1	124 ± 6.3
2nd year						
DCY84^T	4472 ± 126.4***	1824 ± 17.4***	1375 ± 31.5***	449 ± 16.8***	425 ± 6.9**	165 ± 5.2***
SiO2	4104 ± 158.3**	1618 ± 37.1***	1156 ± 71.7***	461 ± 20.6***	429 ± 8.2***	153 ± 7.0**
SiO2 + DCY84^T	5044 ± 156.0***	2112 ± 31.3***	1743 ± 62.8***	369 ± 12.1***	438 ± 10.4***	168 ± 5.5***
Mock	3328 ± 133.3	1055 ± 14.7	843 ± 28.9	212 ± 27.0	410 ± 5.4	142 ± 6.2

[0106] 모든 처리 파라미터를 Mock와 비교하였다.

[0107] DAS : days after sowing, 파종 후 일 수

[0108] * : 통계적 유의성 P <0.05

[0109] ** : 통계적 유의성 P <0.001

[0110] *** : 통계적 유의성 P <0.0001

[0111] **실시예 4: 지상부 성분 분석 결과**

[0112] 표 4에 나타낸 바와 같이, DCY84^{T}로 처리한 식물은 대부분 인산 [P] (0.87 ± 0.005 mg/kg), 칼륨 [K] (2.66 ± 0.109 cmol/kg), 총 질소 [T-N] (2.47 ± 0.06 %)를 가졌다. SiO_2로 처리된 식물은 대부분 나트륨 [Na] (2.02

± 0.017 cmol/ kg)을 가졌다. 또한, DCY84^{T}와 SiO_2를 모두 처리한 식물은 대부분 알루미늄 [Al] (0.54 ± 0.006 g/kg), 철 [Fe] (0.77 ± 0.010 g/kg), 칼슘 [Ca] (0.46 ± 0.009 cmol/kg) 및 마그네슘 [Mg] (0.68 ± 0.012 cmol/kg)을 가졌다.

표 4

[0113]

Spikelets and yield Characteristics	Treatment			
	SiO_2 + DCY84^T	DCY84^T	SiO_2	Mock
1st year				
Length of panicle (cm)	18.37 ± 3.1***	17.74 ± 3.1**	15.65 ± 2.1*	16.79 ± 2.3
Number of panicle/m^2	105 ± 2.7**	103 ± 2.4*	92 ± 1.5	91 ± 2.2
Normal spikelets/panicle	50 ± 2.9*	57 ± 0.7**	57 ± 0.9**	48 ± 0.6
Total spikelets/panicle	114 ± 2.9***	109 ± 2.5***	86 ± 1.7***	97 ± 2.3
Fertility percentage (%)	91.8 ± 0.96	93.7 ± 0.47	94.4 ± 0.45	94.7 ± 0.25
1000-grain weight (gram)	156.9 ± 2.57***	121.8 ± 1.29***	115.0 ± 1.78*	111.0 ± 0.16
Total yield (kg/100 m^2)	109 ± 0.6***	88 ± 2.1***	75 ± 1.0***	64 ± 1.5
Grains yield (kg/100 m^2)	90 ± 0.9***	72 ± 1.7***	60 ± 0.9**	52 ± 1.5
2nd year				
Length of panicle (cm)	18.65 ± 5.5*	19.01 ± 6.4**	17.63 ± 3.0*	18.10 ± 3.9
Number of panicle/m^2	95 ± 1.8**	97 ± 2.5**	87 ± 1.1	85 ± 0.8
Normal spikelets/panicle	90 ± 2.6***	87 ± 3.1***	82 ± 2.6**	79 ± 2.4
Total spikelets/panicle	95 ± 3.2***	93 ± 3.8***	82 ± 3.1*	80 ± 3.8
Fertility percentage (%)	93.3 ± 1.29	92.5 ± 0.34	93.3 ± 1.18	95.5 ± 2.13
1000-grain weight (gram)	121.6 ± 2.15**	118.2 ± 1.38**	111.3 ± 2.08*	106.1 ± 1.78
Total yield (kg/100 m^2)	99 ± 2.7**	94 ± 2.2**	89 ± 4.9*	85 ± 2.9
Grains yield (kg/100 m^2)	87 ± 2.3**	81 ± 2.0**	79 ± 4.4*	67 ± 2.7

[0114] * : 통계적 유의성 P <0.05

[0115] ** : 통계적 유의성 P <0.001

[0116] *** : 통계적 유의성 P <0.0001

[0117] **실시예 5. 수율 특성**

[0118] 표 5 및 도 4에서 알 수 있듯이, DCY84^T 및/또는 SiO_2는 생식률에 유의성 있는 영향을 미치지 않았다. 그러나, DCY84^T 및 SiO_2의 처리 군은 더 높은 이삭당 영화수(spikelets per panicle)(2014: 114 ± 2.9 vs. Mock, 97 ± 2.3; 2015: 90 ± 2.6 vs. Mock, 79 ± 2.4)를 나타내었다. SiO_2 처리 군은 첫번째 실험(81 ± 1.5)과 두번째 실험(82 ± 3.1 vs. Mock, 80 ± 3.8)에서 가장 낮은 이삭당 영화수를 나타내었다. 또한, SiO_2 처리 군은 가장 짧은 이삭(2014: 16 ± 2.1 cm, 2015: 18 ± 3.0 cm)를 나타낸 반면, DCY84^T 및 SiO_2의 처리 군은 가장 긴 이삭(18 ± 3.1cm vs. Mock, 17 ± 2.3 cm)을 나타내었다.

[0119] 1000개 곡물 중량은 DCY84^T 및 SiO_2의 처리 군(2014: 156.9 ± 2.57; 2015: 121.6 ± 2.15) 및 DCY84^T 처리 군(2014: 121.8 ± 1.29; 2015: 118.2 ± 1.38)에서 높았다.

[0120] 또한, DCY84^T 및 SiO_2의 처리 군은 100 m^2 수확 면적에서 가장 높은 중량 (90kg vs. Mock, 52kg)과 총 수율(109kg vs. Mock, 64kg)을 나타내었다. 2015년 제2차 실험에서도 일관되게 DCY84^T 및 SiO_2의 처리 군은 가장 높은 중량(99kg vs. Mock, 85kg)과 총 수율(87kg vs. Mock, 67kg)을 나타내었다.

[0121] 정상 및 비정상 영화수(spikelet)를 도 5에 나타내었다.

표 5

[0122]

Spikelets and yield Characteristics	Treatment			
	SiO_2 + DCY84^T	DCY84^T	SiO_2	Mock
1st year				
Length of panicle (cm)	18.37 ± 3.1***	17.74 ± 3.1**	15.65 ± 2.1*	16.79 ± 2.3
Number of panicle/m^2	105 ± 2.7**	103 ± 2.4*	92 ± 1.5	91 ± 2.2
Normal spikelets/panicle	50 ± 2.9*	57 ± 0.7**	57 ± 0.9**	48 ± 0.6
Total spikelets/panicle	114 ± 2.9***	109 ± 2.5***	86 ± 1.7***	97 ± 2.3
Fertility percentage (%)	91.8 ± 0.96	93.7 ± 0.47	94.4 ± 0.45	94.7 ± 0.25
1000-grain weight (gram)	156.9 ± 2.57***	121.8 ± 1.29***	115.0 ± 1.78*	111.0 ± 0.16
Total yield (kg/100 m^2)	109 ± 0.6***	88 ± 2.1***	75 ± 1.0***	64 ± 1.5
Grains yield (kg/100 m^2)	90 ± 0.9***	72 ± 1.7***	60 ± 0.9**	52 ± 1.5
2nd year				
Length of panicle (cm)	18.65 ± 5.5*	19.01 ± 6.4**	17.63 ± 3.0*	18.10 ± 3.9
Number of panicle/m^2	95 ± 1.8**	97 ± 2.5**	87 ± 1.1	85 ± 0.8
Normal spikelets/panicle	90 ± 2.6***	87 ± 3.1***	82 ± 2.6**	79 ± 2.4
Total spikelets/panicle	95 ± 3.2***	93 ± 3.8***	82 ± 3.1*	80 ± 3.8
Fertility percentage (%)	93.3 ± 1.29	92.5 ± 0.34	93.3 ± 1.18	95.5 ± 2.13
1000-grain weight (gram)	121.6 ± 2.15**	118.2 ± 1.38**	111.3 ± 2.08*	106.1 ± 1.78
Total yield (kg/100 m^2)	99 ± 2.7**	94 ± 2.2**	89 ± 4.9*	85 ± 2.9
Grains yield (kg/100 m^2)	87 ± 2.3**	81 ± 2.0**	79 ± 4.4*	67 ± 2.7

[0123] * : 통계적 유의성 P <0.05

[0124] ** : 통계적 유의성 P <0.001

[0125] *** : 통계적 유의성 P <0.0001

[0126] **실시예 6. 쌀알(Rice kernel)의 특성과 낟알(grain)의 영양소 분석 결과**

[0127] 쌀알(Rice kernel)의 특성 분석 결과, DCY84^T 및 SiO_2의 처리 군은 SiO_2 처리 군(78.0 ± 0.81 %)과 DCY84^T 처리 군(73.6 ± 2.41 %)보다 더 높은 완전미율(Whole kernel, 87.2 ± 0.57 %)를 나타내었다(도 6A). Mock 군은 가장 낮은 완전미율(63.3 ± 0.38 %) 및 가장 높은 깨진 쌀알 비율(5.2 ± 0.45 %)을 나타내었다.

[0128] 낟알(grain)의 영양소 함량을 분석하여 전체 영양소 중 품질에 큰 영향을 미치는 아밀로오스 함량, 수분 함량, 단백질 함량, 백도(whiteness) 만을 도 6B에 나타내었다. DCY84^T 및 SiO_2의 처리 군은 Mock 군, SiO_2 처리 군, DCY84^T 처리 군에 비해 아밀로오스의 함량을 제외하고 수분 함량, 단백질 함량, 백도가 매우 높음을 확인하였다(도 6B).

[0129] 이를 통해, DCY84^T 및 규산(SiO_2)의 처리가 규산(SiO_2) 코팅 또는 DCY84^T 처리 보다 쌀의 완전미율, 수분 함량, 단백질 함량, 백도를 매우 높게 증가시킴을 확인한바, 규산(SiO_2) 코팅 또는 DCY84^T 처리된 종자보다 규산(SiO_2) 코팅 및 DCY84^T 처리된 종자를 통해 고품질의 쌀을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

[0130] **실시예 7. 벼 잎의 엽록소 a, b 및 카로티노이드의 함량 분석 결과**

[0131] 실험예 5의 포장 시험 시 13주째에 개화기 전의 벼 잎을 채취하여, DCY84^T 및 SiO_2의 처리 군의 잎에서 엽록소 a, b 및 카로티노이드 함량을 측정한 결과 Mock 군보다 매우 높았다.

[0132] 이를 통해, 규산(SiO_2) 코팅 및 DCY84^T 처리된 종자는 규산(SiO_2) 코팅 또는 DCY84^T 처리된 종자보다 광합성이 우수함을 알 수 있었다.

[0133] **실시예 8. GABA 함량 분석 결과**

[0134] DCY84^T 및/또는 SiO_2 처리를 하여 2014년에 간척지의 염분 토양에서 재배된 주남 쌀과 2015년 일반 논에서 재배된 하이아미 쌀의 GABA 함량을 분석하였다.

[0135] DCY84^T 및 SiO_2 처리한 벼는 Mock(대조군)보다 더 높은 필수 아미노산을 가졌다. 쌀의 주요 아미노산은

글루탐산, 아스파르트산, 루신 및 발린이다. GABA 함량을 LC/MS/MS로 측정한 결과, 간척지에서 재배된 쌀 및 일반 토양에서 재배된 현미쌀 모두에서 DCY84^{T} 및 SiO_2 처리한 군이 Mock, SiO_2 코팅 군 및 DCY84^{T} 처리 군보다 매우 높은 GABA 함량을 나타내었다(도 8). 또한, DCY84^{T} 처리 군은 간척지 및 일반 논에서 모두 Mock에 비해 GABA 함량이 증가한 반면, SiO_2 코팅 군은 일반 논에서 재배하는 경우 GABA 함량이 Mock와 유사하였다. DCY84^{T}의 게놈 분석 결과 GABA 생산 경로에 관여하는 글루탐산 탈카복실화 효소, 말레이트 트랜스포터 유전자를 발견하였다. 각 샘플을 3번 반복하였다. 수확 후, 현미(brown rice) 낟알의 GABA 함량은 Mock에 비해 1.9배 (2014년 포장 실험) 또는 1.5배(2015년 포장 실험) 증가하였다.

[0136] 이를 통해, 규산(SiO_2) 코팅 및/또는 DCY84^{T} 처리된 종자를 토양의 종류에 상관없이 재배하여 수확한 종자는 GABA 함량이 증가됨을 알 수 있었다.

[0137] 이상의 설명으로부터, 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이와 관련하여, 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

수탁번호

[0138]

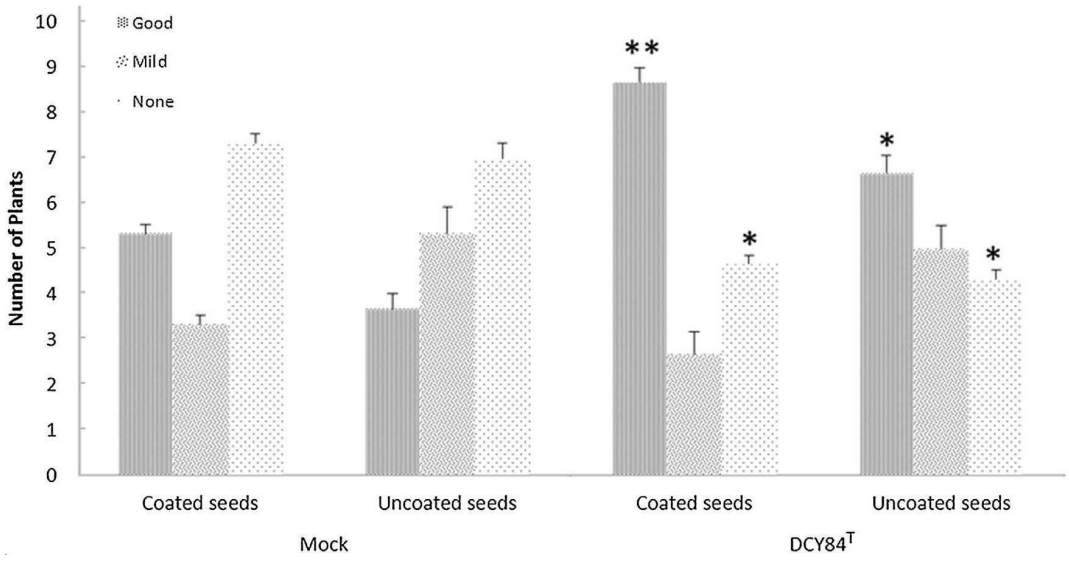
기탁기관명 : 한국생명공학연구원

수탁번호 : KCTC12768BP

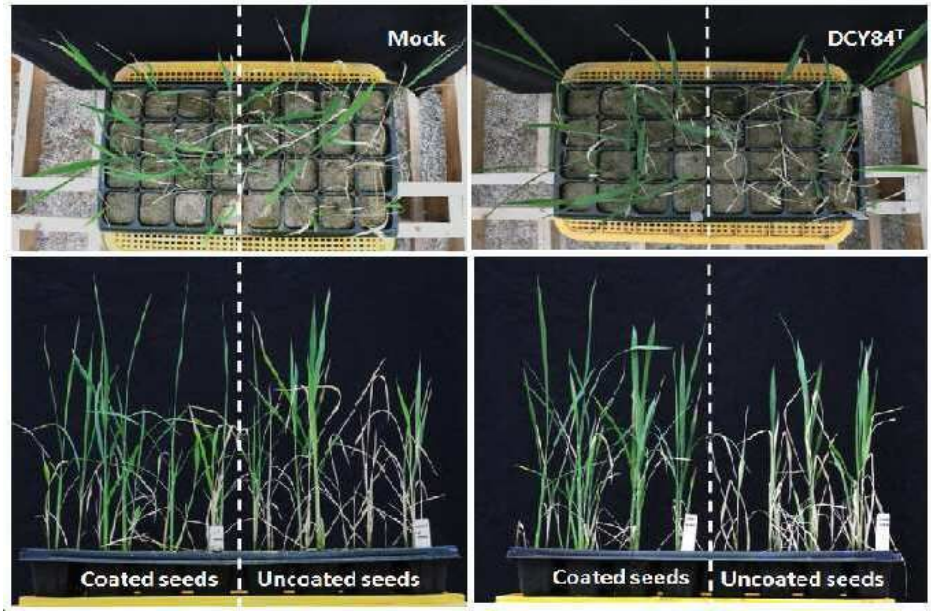
수탁일자 : 20150310

도면

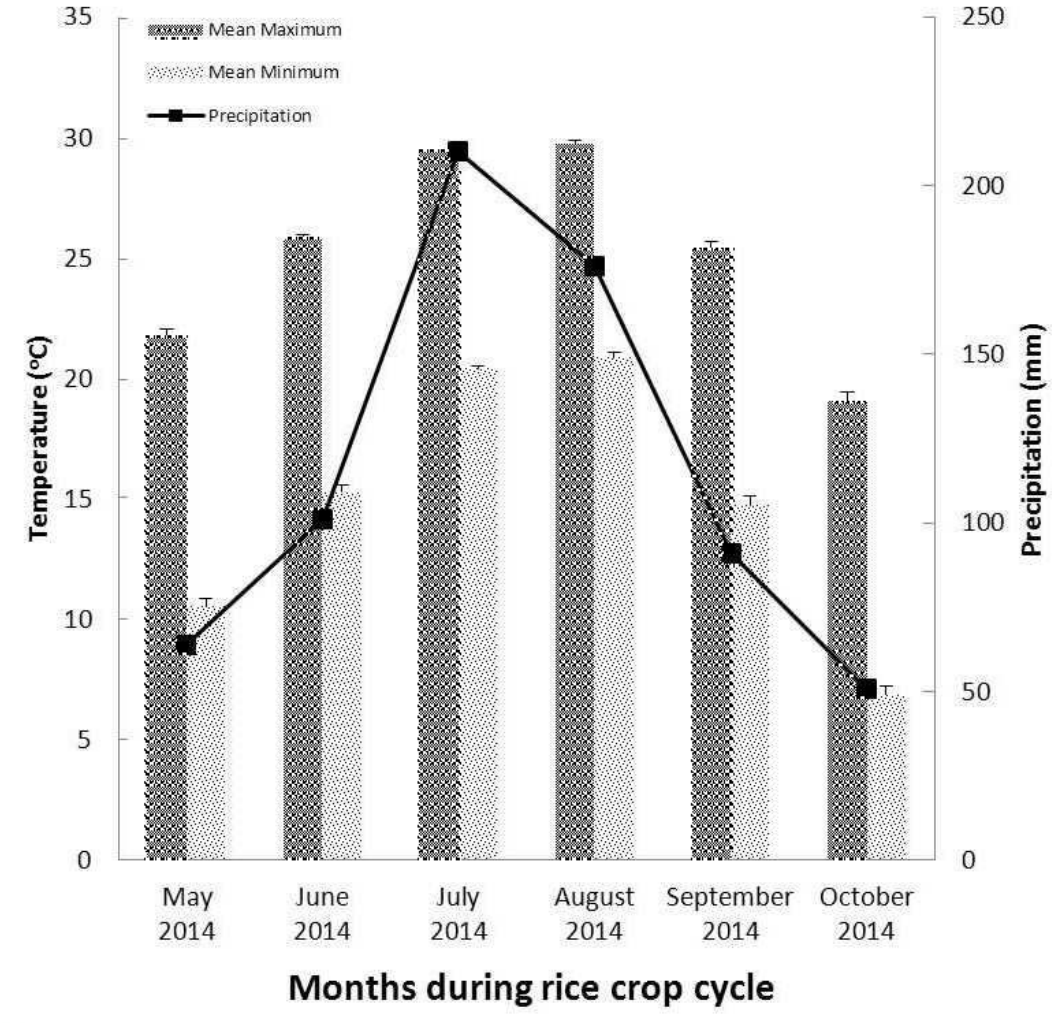
도면1



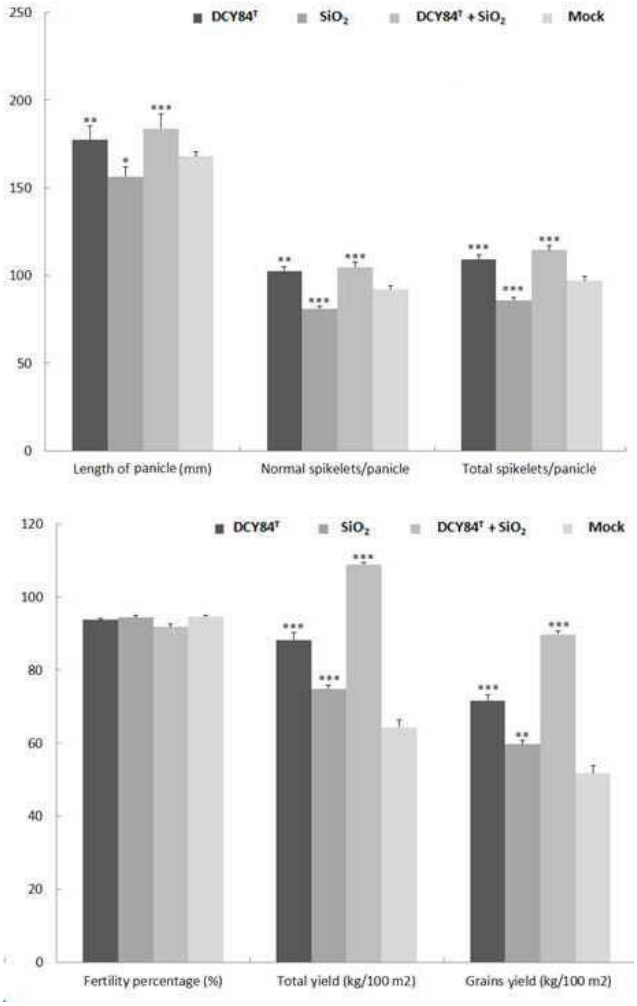
도면2


Mock
DCY84T
Coated seeds
Uncoated seeds
Coated seeds
Uncoated seeds

도면3


Mean Maximum
Mean Minimum
Precipitation
Temperature (°C)
Precipitation (mm)
0
5
10
15
20
25
30
35
0
50
100
150
200
250
May 2014
June 2014
July 2014
August 2014
September 2014
October 2014
Months during rice crop cycle

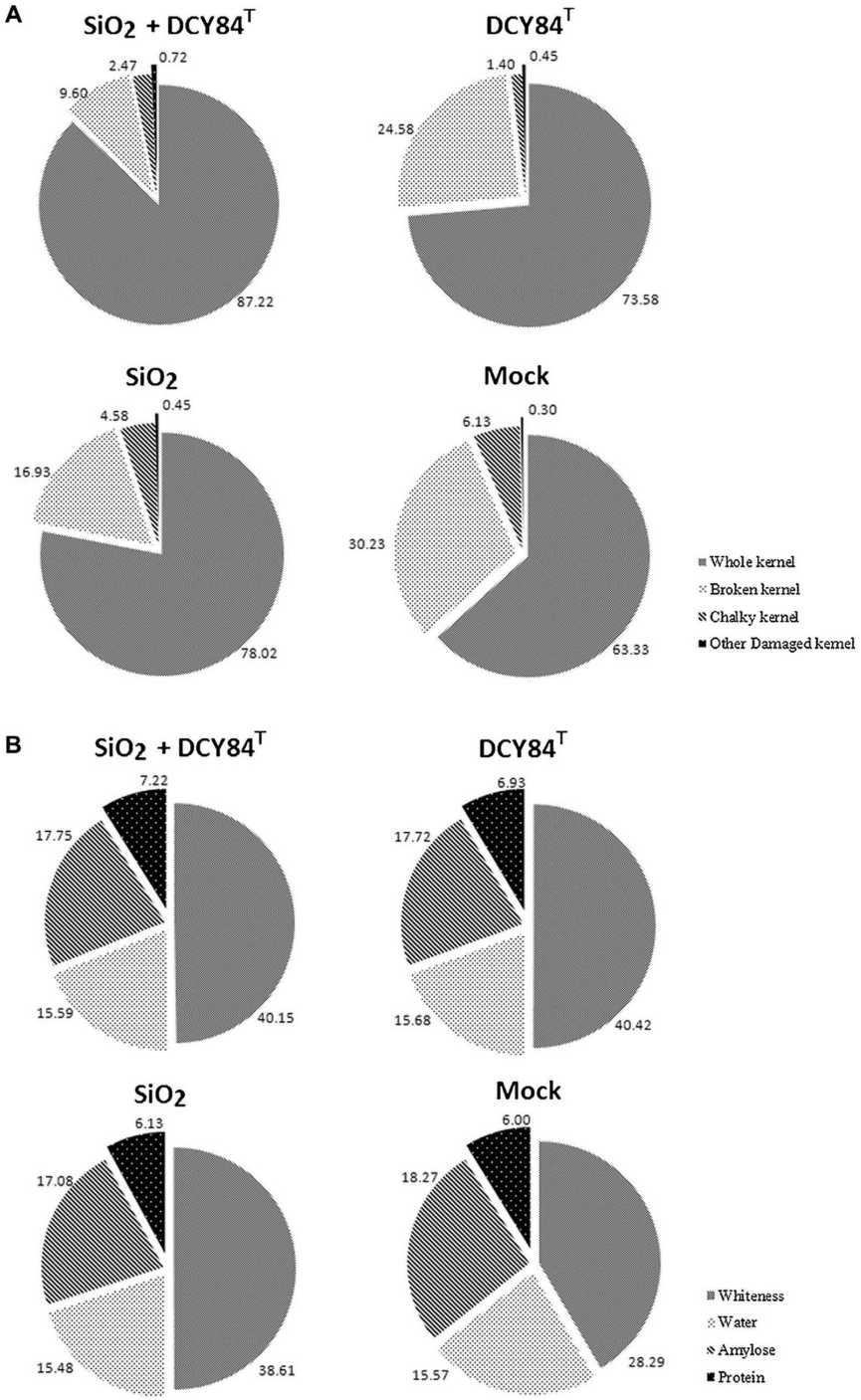
도면4


DCY84T
SiO2
DCY84T + SiO2
Mock
250
200
150
100
50
0
Length of panicle (mm)
Normal spikelets/panicle
Total spikelets/panicle
120
100
80
60
40
20
0
Fertility percentage (%)
Total yield (kg/100 m2)
Grains yield (kg/100 m2)

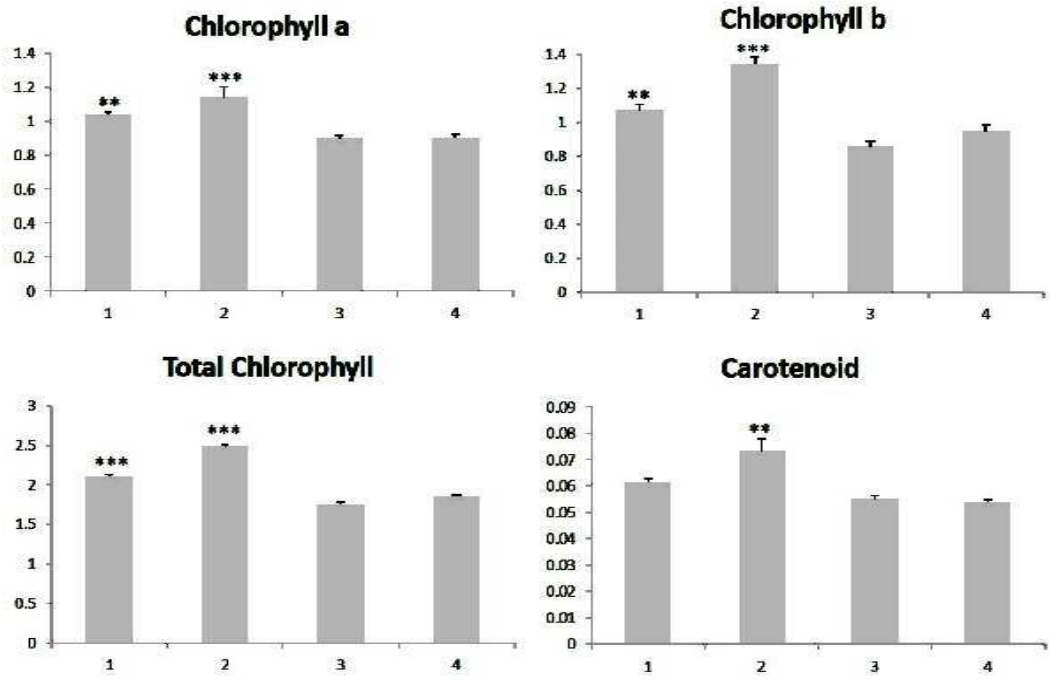
도면5


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L

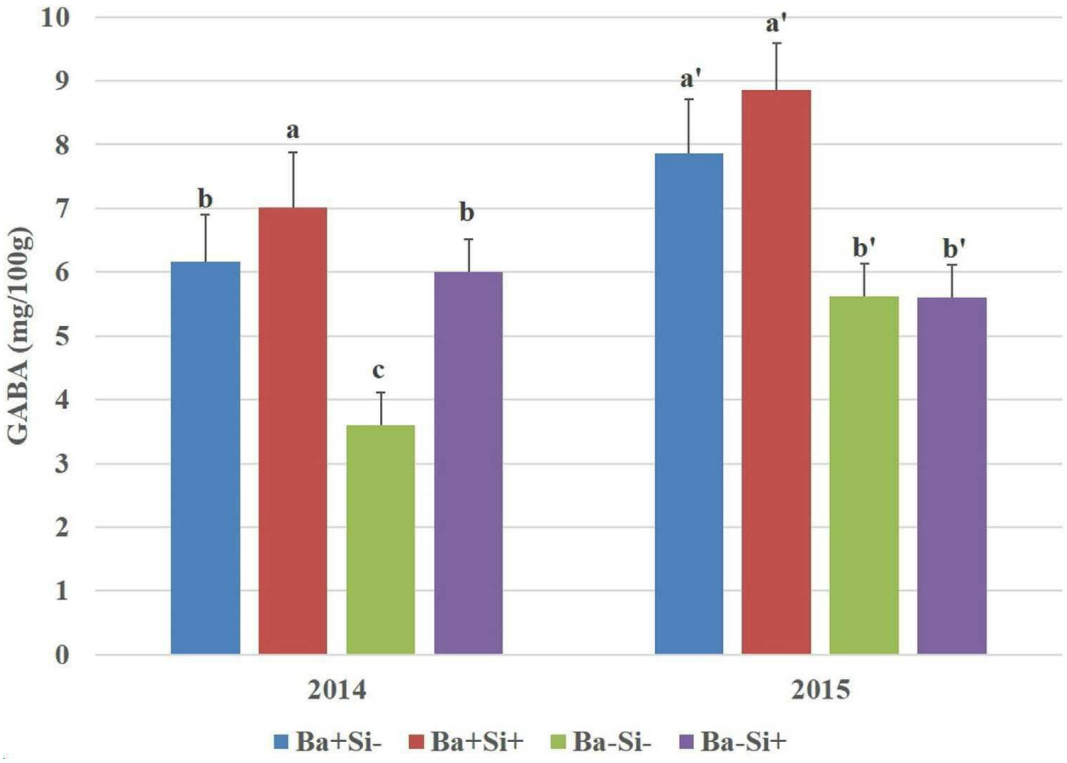
도면6


A
SiO2 + DCY84T
0.72
2.47
9.60
87.22
DCY84T
0.45
1.40
24.58
73.58
SiO2
0.45
4.58
16.93
78.02
Mock
0.30
6.13
30.23
63.33
Whole kernel
Broken kernel
Chalky kernel
Other Damaged kernel
B
SiO2 + DCY84T
7.22
17.75
15.59
40.15
DCY84T
6.93
17.72
15.68
40.42
SiO2
6.13
17.08
15.48
38.61
Mock
6.00
18.27
15.57
28.29
Whiteness
Water
Amylose
Protein

도면7


Chlorophyll a
Chlorophyll b
Total Chlorophyll
Carotenoid

도면8


GABA (mg/100g)
2014
2015
Ba+Si-
Ba+Si+
Ba-Si-
Ba-Si+