

 (19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2016-0052961 (43) 공개일자 2016년05월13일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>A01H 5/00</i> (2006.01) <i>C12N 15/54</i> (2006.01) <i>C12N 15/82</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2014-0148597 (22) 출원일자 2014년10월29일 심사청구일자 2014년10월29일	(71) 출원인 경희대학교 산학협력단 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내) (72) 발명자 이상원 경기 수원시 영통구 영통로290번길 25, 504동 203호 (영통동, 신나무실주공아파트) 박종찬 부산 부산진구 복지로 70, 206동 304호 (개금동, 현대아이아파트) 안진홍 경기 용인시 기흥구 탑실로 152, 210동 1703호 (공세동, 탑실마을대주피오레2단지) (74) 대리인 손민

전체 청구항 수 : 총 19 항

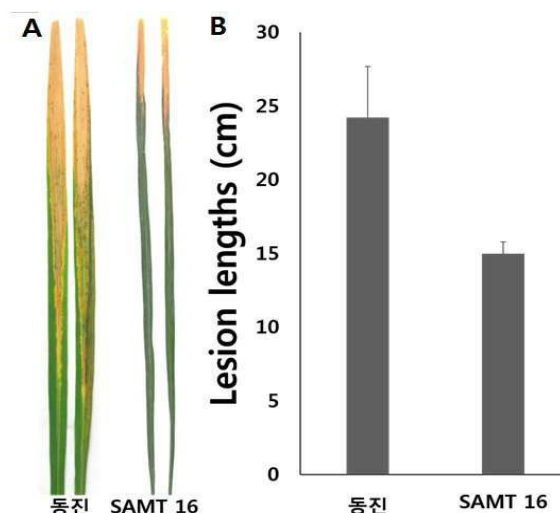
(54) 발명의 명칭 **흰잎 마름병 저항성 메틸전이효소 및 이를 이용한 형질 전환 식물체**

(57) 요약

본 발명은 메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성이 강화된, 식물 형질 전환체, 상기 유전자의 활성을 강화시키는 발현 유도 서열을 포함하는, 식물의 병 저항성 증진용 재조합 벡터 및 상기 식물 형질 전환체의 제조방법에 관한 것이다. 또한, 상기 LOC_0s06g20920 유전자의 활성을 강화시키는 단계를 포함하는, 식물의 병 저항성의 증진방법에 관한 것이다.

본 발명은 벼에 내재적으로 존재하며 흰잎 마름병에 대한 저항성 유전자, LOC_0s06g20920의 발현 조절 부위에 발현 유도 서열을 삽입함으로써, 흰잎 마름병에 대해 강력한 저항성을 갖는 형질전환 벼에 대한 것으로, 본 발명의 형질전환 벼를 이용하면 병 저항성을 통해 농약사용 절감, 생산성 향상 및 안전한 농산물 공급이 가능하게 되어 널리 이용될 수 있다.

대표도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	PJ009110
부처명	농촌진흥청
연구관리전문기관	농촌진흥청
연구사업명	차세대바이오그린21
연구과제명	벼 메틸전이효소 유전자 연구를 통한 다양한 스트레스 저항성 유전자 발굴 및 활용
기 여 율	1/2
주관기관	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2012.07.01 ~ 2014.12.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	PJ008098
부처명	농촌진흥청
연구관리전문기관	농촌진흥청
연구사업명	차세대바이오그린21_GM작물실용화
연구과제명	벼 저항성 관련 non-RD kinase 유전자 발굴 및 활용: nRDA41과 nRDK08
기 여 율	1/2
주관기관	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2011.05.01 ~ 2014.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성이 강화된, 식물 형질 전환체.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 LOC_0s06g20920 유전자는 서열번호 1의 염기서열로 이루어진 것인, 식물 형질 전환체.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 LOC_0s06g20920 유전자는 서열번호 3의 아미노산 서열을 포함하는 메틸전이효소로 코딩되는 것인, 식물 형질 전환체.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 식물은 벼 (*Oryza sp.*)인 것인, 식물 형질 전환체.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 벼 (*Oryza sp.*)는 동진벼인 식물 형질 전환체.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 활성 강화는 LOC_0s06g20920 유전자의 발현 조절 부위에 발현 유도 서열 또는 프로모터를 삽입하여 이루어지는 것인, 식물 형질 전환체.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 발현 유도 서열은 서열번호 4의 염기서열로 이루어진 것인, 식물 형질 전환체.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 식물 형질 전환체는 흰잎 마름병에 대한 저항성을 갖는 것인, 식물 형질 전환체.

청구항 9

메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성을 강화시키는 발현 유도 서열을 포함하는, 식물의 병 저항성 증진용 재조합 벡터.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 LOC_0s06g20920 유전자는 서열번호 1의 염기서열로 이루어진 것인, 재조합 벡터.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 LOC_0s06g20920 유전자는 서열번호 3의 아미노산 서열을 포함하는 메틸전이효소로 코딩되는 것인, 재조합 벡터.

청구항 12

제9항에 있어서, 상기 발현 유도 서열은 서열번호 4의 염기서열로 이루어진 것인, 재조합 벡터.

청구항 13

제9항에 있어서, 상기 식물은 벼 (*Oryza sp.*)인 것인, 재조합 벡터.

청구항 14

제9항에 있어서, 상기 병 저항성은 흰잎 마름병에 대한 저항성인 것인, 재조합 벡터.

청구항 15

(a) 제9항 내지 제14항 중 어느 한 항의 재조합 벡터가 도입된 아그로박테리움으로 식물을 감염시키는 단계; 및
(b) 상기 (a) 단계에서 감염된 식물의 세포를 캘러스(callus)화하여 형질전환된 식물의 세포를 수득하는 단계를 포함하는,

병 저항성이 증진된 식물 형질 전환체의 제조방법.

청구항 16

제15항에 있어서, (c) 상기 (b) 단계에서 제조한 캘러스를 뿌리 및 성체로 분화 유도하는 단계를 추가로 포함하는, 제조방법.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 식물은 벼 (*Oryza sp.*)인 것인, 제조방법.

청구항 18

제15항에 있어서, 상기 병 저항성은 흰잎 마름병에 대한 저항성인 것인, 제조방법.

청구항 19

메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성을 강화시키는 단계를 포함하는, 식물의 병 저항성의 증진방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성이 강화된, 식물 형질 전환체, 상기 유전자의 활성을 강화시키는 발현 유도 서열을 포함하는, 식물의 병 저항성 증진용 재조합 벡터 및 상기 식물 형질 전환체의 제조방법에 관한 것이다. 또한, 상기 LOC_0s06g20920 유전자의 활성을 강화시키는 단계를 포함하는, 식물의 병 저항성의 증진방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 벼 흰잎 마름병은 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* 에 의해서 발생하는 세균성 도관병으로, 발병시기는 7월 초~수확기이나 주로 7월 상순~8월 중순에 발병한다. 중간 기주식물인 줄풀 및 겨풀 등의 땅속줄기 또는 뿌리주위나 병든 벼짚 및 벼 그루터기에서 세균의 월동이 가능하다. 세균이 편모(鞭毛)에 의해 물을 따라 전염하고 벼잎의 물구멍과 공기구멍 부위 및 절단된 뿌리로 침입한다. 병 발생은 해마다 발생이 많은 상습발생지 위주로 발생하나 침관수지역이 아닌 지역에서도 발생이 많다.
- [0003] 보통 출수기 전후에 나타나나 상습발생지나 다발생 발생지에는 본답 초기에 발병하며, 드물게는 묘판에서도 발병된다. 국내에서 최초 발병보고는 1930년 전라남도 해남군에서 처음 발견된 이래 1960년까지 남부 일부 지역에 제한적인 발생을 보이다 이병성 품종인 금남풍의 재배 확대로 전국적인 발생을 나타내었으며, 이후 다수계 품종 재배에 의한 밀양 23호에 의해 피해가 확대되어 재배기간 중 후기에 발생하는 잎에서의 발병 뿐만 아니라 이앙 후 분얼기까지 주 전체가 발생하는 금성형 증상을 보여 벼의 3대 병해의 하나로 간주된다.
- [0004] 벼 흰잎 마름병균은 그람음성세균으로 분류되고 벼의 세균성 위조병을 유발하는 식물병원세균으로 세계적으로 널리 분포하여 벼에 큰 피해를 주지만, 병원균이 벼의 도관 내에서 증식하므로 약제방제 효과는 매우 낮으며, 현재까지 이 병에 특이적인 살균제 또한 없는 실정이다.
- [0005] 또한, 기존의 작물에 대한 저항성 부여방법은 외래 유전자의 도입을 통해 식물체로 하여금 새로운 형질을 부여하는 기술이 대다수였다.
- [0006] 한편, 동진벼는 내병, 양질, 다수성 신품종육성을 목표로 1975년에 농촌진흥청에서 금남풍과 낙동벼 그리고 사도미노리를 교배하여 개발된 품종으로, 병해 저항성의 경우 줄무늬잎마름병에 강하고, 도열병에는 중간 정도의 저항성을 가지며, 흰잎 마름병과 기타 병충해에는 약한 편이다. 이에, 동진벼의 흰잎 마름병과 도열병에 대한 저항성 연구와 개량된 품종에 대한 육성 전략이 요구되고 있다.
- [0007] 이에 본 발명자들은 아직 극복되지 못한 벼 흰잎 마름병에 대한 저항성 유전자를 동정하기 위해 예의 연구 노력한 결과, 천연형 벼 동진의 보유 유전자 중 흰잎 마름병에 저항성을 부여하는 메틸전이효소 유전자(LOC_0s06g20920)를 동정해내어, 이를 활성화시킨 형질전환체가 흰잎 마름병에 저항성을 나타냄을 확인함으로써 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 하나의 목적은 메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성이 강화된, 식물 형질 전환체를 제공하는 것이다.
- [0009] 본 발명의 다른 목적은 메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성을 강화시키는 발현 유도 서열을 포함하는, 식물의 병 저항성 증진용 재조합 벡터를 제공하는 것이다.

- [0010] 본 발명의 또 다른 목적은 (a) 상기 재조합 벡터가 도입된 아그로박테리움으로 식물을 감염시키는 단계; 및 (b) 상기 (a) 단계에서 감염된 식물의 세포를 캘러스(callus)화하여 형질전환된 식물의 세포를 수득하는 단계를 포함하는, 병 저항성이 증진된 식물 형질 전환체의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0011] 본 발명의 또 다른 목적은 메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성을 강화시키는 단계를 포함하는, 식물의 병 저항성의 증진방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 목적을 달성하기 위한 하나의 양태로서, 본 발명은 메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성이 강화된, 식물 형질 전환체를 제공한다.
- [0013] 본 발명에서는 메틸전이효소인 서열번호 1 또는 서열번호 2의 염기서열을 가지는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성이 강화되도록, LOC_0s06g20920의 발현 조절 부위에 발현 유도 서열을 삽입함으로써, 해당 유전자를 발현하여 흰잎 마름병에 대해 저항성을 갖춘 형질전환 벼를 제조하였다.
- [0014] 보다 상세하게는 본 발명자들은 아그로박테리움(Agrobacterium)을 이용한 형질전환 방법을 통해 만들어진 10만 개통의 벼 돌연변이 집단에서 흰잎 마름병에 저항성이 있는 식물 형질 전환체를 관찰하였다. 상기 식물 형질 전환체는 아그로박테리움(Agrobacterium)에 의해 유전자를 발현시키는 발현 유도 서열을 포함하는 T-DNA 가 genome 상에 삽입되어 삽입된 지역의 유전자 기능이 활성화된 식물체로, T-DNA의 삽입 위치는 genome DNA PCR과 염기서열 분석을 통해 확인할 수 있으며, 데이터 베이스에서 유전자 locus id를 찾을 수 있다.
- [0015] 본 발명에서 용어 "메틸전이효소"는 메틸기전이를 촉매하는 효소의 총칭으로, 메틸기전달효소의 일종으로 기질인 아미노기, 히드록시기, 티올기를 메틸화하여 메틸화효소라고 부르는 경우도 있다.
- [0016] 본 발명에서 용어, "LOC_0s06g20920"은 *Oryza sativa* 6번째 유전체 (chromosome)에 존재하는 유전자로, 이의 발현물은 단백질 메틸전이효소의 일종이다. 상기 LOC_0s06g20920 유전자는 서열번호 2의 염기서열을 가지며, 상기 염기서열은 서열번호 3의 아미노산 서열로 코딩된다.
- [0017] 본 발명에서 상기 식물 형질 전환체 제조에 사용되는 LOC_0s06g20920 유전자는 서열번호 1 또는 서열번호 2의 염기서열을 가지는 유전자 일 수 있으며, 바람직하게는 서열번호 2의 염기서열을 가지는 유전자 일 수 있으며, 또는 서열번호 3의 아미노산 서열로 코딩되는 유전자 일 수 있다.
- [0018] 상기 LOC_0s06g20920 (TIGR, Os06g0314600 (RAP-DB))의 genome DNA 크기는 6147 bp (서열번호 1)이며 대표 coding sequence (LOC_0s06g20920.1)의 크기는 1110 bp (서열번호 2)로 4개의 exon과 3개의 intron으로 구성되며, 369 개의 아미노산으로 번역되어 단백질 (서열번호 3)이 만들어진다. 이 단백질은 plant methyltransferase domain (Methyltransf_7)을 암호화 한다 (도 1B).
- [0019] 상기 LOC_0s06g20920 유전자는 벼에 내재적으로 존재하는 유전자로, 본 발명에서 용어, "내재적"이란 생물이 천연의 상태로 가지고 있는 것을 의미하는데, 본 발명에서는 식물, 바람직하게는 벼(*Oriza sp.*) 유전체 (chromosome)가 천연적으로 가지고 있는 유전자를 표시할 때 사용한다.
- [0020] 본 발명에서 용어, "활성 강화"는 특정 유전자의 활성을 강화시키는 것을 의미하고, 용어 "활성화"와 혼용하여 사용될 수 있다. 또한 불활성화된 유전자를 활성화시키거나 활성이 낮은 유전자의 활성을 높이는 것도 포함한다. 1) 해당하는 유전자를 1 카피 이상 도입, 2) 해당하는 유전자의 발현 조절 부위에 발현을 유도하는 서열을 삽입, 3) 활성이 강화된 형태로 변형시키는 방법으로 강화, 또는 4) 이의 조합에 의해 활성이 강화되도록 변형시킬 수 있다. 본 발명에서는 바람직하게는 LOC_0s06g20920의 발현 조절 부위에 발현을 유도하는 서열 또는 프로모터(promoter)를 삽입할 수 있으며, 더욱 바람직하게는 서열번호 4로 기재되는 발현 유도 서열을 포함하는 서열을 삽입할 수 있다.
- [0021] 본 발명에서 용어, "활성이 낮은 유전자"는 DNA, 즉 유전자 상으로는 존재하나 RNA로 전사(transcription)되는 비율이 낮거나, 단백질로 번역(translation) 되는 비율이 낮아서 본연의 기능을 발휘하지 못하는 것을 의미하고, 본 발명에서는 벼가 내재적으로 가지고 있는 유전자가 전사 또는 번역이 되는 비율이 낮아서 그 기능을 제대로 발현하지 못하는 것을 의미하고, 특히, LOC_0s06g20920 유전자가 그 기능을 제대로 발현하지 못하는 것을 의미한다.

- [0022] 본 발명의 구체적인 일 실시예에서는 LOC_0s06g20920 유전자의 발현 조절 부위에 발현 유도 서열(서열번호 4)을 삽입함으로써, LOC_0s06g20920 유전자의 발현이 증가되는 것을 확인하였다(도 4). 또한, 본 발명의 구체적인 일 실시예에서 상기 LOC_0s06g20920 유전자의 활성이 강화되도록 형질전환된 식물 형질 전환체가 흰잎 마름병에 대해 병 저항성을 가지는 것을 확인하였다(도 5).
- [0023] 본 발명에서 용어, "발현 유도 서열"은 유전자의 발현 조절 부위에 존재할 때 발현을 촉진하는 기능을 하는 서열을 제한없이 포함하며, 전사인자 결합 부위, 인핸서(enhancer), 조효소 결합 부위(co-factor binding region) 등을 포함한다. 본 발명에서 상기 유전자의 발현 조절 부위에 삽입되는 서열은 서열번호 4로 기재되는 발현 유도 서열을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0024] 본 발명에서 용어, "형질전환"은 DNA 염기서열 상의 삽입, 결실 또는 대체 등의 변이를 통해 특정 형질이 발생하거나 사라지거나 조절되는 모든 행위를 의미하며, 특히 본 발명에서는 외부로부터 주어진 DNA에 의하여 생물의 유전적인 성질이 변하는 것을 의미한다. 본 발명에서 용어, "형질 전환체"는 형질전환으로 인해 생성된 형질 전환 식물을 의미하며, 유전자 재조합 기술을 이용하여 특정 유전자의 변형 또는 활성의 변이가 유발되어 생성된 유전자 재조합체를 포함한다.
- [0025] 본 발명에서 용어, "식물 형질 전환체"는 형질전환의 대상이 될 수 있는 모든 식물을 포함하며, 특히, LOC_0s06g20920 유전자 또는 이에 해당하는 유전자가 불활성되거나 활성이 낮은 식물은 모두 제한없이 포함한다. 바람직하게는 상기 식물 형질 전환체는 벼(*Oryza sp.*)일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 동진벼일 수 있다.
- [0026] 본 발명에서 상기 식물 형질 전환체는 흰잎 마름병에 대한 저항성을 가질 수 있다.
- [0027] 본 발명의 구체적인 일 실시예에서는 동진벼에 상기 내재적 유전자인 LOC_0s06g20920의 발현 조절 부위에 서열번호 4의 발현 유도 서열을 삽입하는 형질전환을 통하여 LOC_0s06g20920에 해당하는 유전자의 활성이 강화되는 형질전환체를 제조하였으며, 이를 SAMT 16이라고 명명하였다.
- [0028] 또 하나의 양태로서, 본 발명은 메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_0s06g20920 유전자의 활성을 강화시키는 발현 유도 서열을 포함하는, 식물의 병 저항성 증진용 재조합 벡터를 제공한다.
- [0029] 상기 메틸전이효소, LOC_0s06g20920 및 발현 유도 서열은 상기 설명한 바와 같다.
- [0030] 본 발명에서 용어, "병 저항성"은 각종 질병에 대해 발병이 잘 일어나지 않거나, 발병되더라도 병 진행의 속도가 현저히 느리거나, 회복이 되는 능력이 뛰어난 것을 의미한다. 본 발명에서 병 저항성은 흰잎 마름병에 대한 저항성을 의미할 수 있다.
- [0031] 본 발명에서 용어, "재조합 벡터"는 특정 서열이 변이, 삽입 또는 제거되는 유전자 재조합 과정을 거친 벡터를 의미하며, 바람직하게는 발현 유도 서열이 삽입된 벡터를 의미하고, 더욱 바람직하게는 해당 발현 유도 서열을 LOC_0s06g20920의 발현 조절 부위에 삽입할 수 있는 기능을 하는 재조합 벡터를 의미한다.
- [0032] 상기 재조합 벡터는 LOC_0s06g20920 유전자가 발현될 수 있도록, 발현조절 서열과 기능적으로 연결되어 있다. 예를 들어, 벡터는 프로모터, 오퍼레이터, 개시코돈, 종결코돈, 폴리아데닐화 시그널, 인핸서 같은 발현 조절 요소 외에도 막 표적화 또는 분비를 위한 신호 서열 또는 리더 서열을 포함하며 목적에 따라 다양하게 제조될 수 있다. 또한, 벡터는 선택성 마커를 포함할 수 있으며, 벡터는 자가 복제하거나 숙주 DNA에 통합될 수 있다. 본 발명의 벡터는 당해 기술 분야에서 잘 알려진 유전자 재조합 기술을 이용하여 제조할 수 있으며, 부위-특이적 DNA 절단 및 연결은 당해 기술 분야에서 일반적으로 알려진 효소 등을 사용한다.
- [0033] 본 발명의 일 실시예에서는, LOC_0s06g20920 유전자의 발현 조절 부위에 서열번호 4의 발현 유도 서열 포함하는 재조합 벡터를 제조하였으며, 이를 아그로박테리움을 통해 벼 세포에 도입하여, 내재적 유전자였던 LOC_0s06g20920 유전자의 발현을 증가하였다.
- [0034] 또 하나의 양태로서, 본 발명은 (a) 상기 재조합 벡터가 도입된 아그로박테리움으로 식물을 감염시키는 단계; 및 (b) 상기 (a) 단계에서 감염된 식물의 세포를 캘러스(callus)화하여 형질전환된 식물의 세포를 수득하는 단계를 포함하는, 병 저항성이 증진된 식물 형질 전환체의 제조방법을 제공한다.

- [0035] 본 발명에서 용어, "아그로박테리움"은 그람양성의 세균으로, 식물의 뿌리나 줄기의 상처를 통해 식물세포에 감염되어, 자신이 가지고 있는 유전자를 식물 세포의 유전체에 삽입하여 식물세포의 형질전환을 일으키는 암종세균의 일종이다. 본 발명에서 상기 아그로박테리움은 바람직하게는 아그로박테리움 투메파키엔스(Agrobacterium tumefaciens)일 수 있다.
- [0036] 본 발명에서 용어, "캘러스(callus)"란, 식물에 상처가 났을 때 생기는 분화되지 않은 부정형의 세포덩어리로 즉, 미분화세포를 의미하며, 특히, 본 발명에서는 식물의 잘린 부위에 아그로박테리움 등 형질전환용 암종세균을 감염시켰을 때 감염된 세포가 미분화상태로 상처부위에 덩어리진 것을 의미한다. 즉, 본 발명에서는 암종세균에 감염되어 형질전환된 세포만이 암종 덩어리를 생성하는 특징을 이용하여 형질전환된 미분화세포를 얻을 수 있는데 이것이 캘러스 형태로 생성되게 된다.
- [0037] 상기 병 저항성이 증진된 형질전환체의 제조방법은, 바람직하게는 수득된 캘러스를 뿌리 및 성체로 분화시키는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 캘러스는 상기 설명한대로 미분화된 상태의 세포 덩어리에 불과하기 때문에, 이를 온전한 종자로 수득하기 위해서는 뿌리 및 성체로 분화하는 것을 유도하는 것이 필요할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 구체적인 일 실시예에서는, 수득된 캘러스를 루트-인덕션 배지에서 배양하여 뿌리 및 성체로 분화하는 것을 유도하였다(실시예 2).
- [0039] 또 하나의 양태로, 본 발명은 메틸전이효소를 코딩하는 서열번호 2의 염기서열을 포함하는 LOC_Os06g20920 유전자의 활성을 강화시키는 단계를 포함하는, 식물의 병 저항성의 증진방법을 제공한다.
- [0040] 본 발명의 LOC_Os06g20920 유전자, 활성 강화 및 병 저항성 등은 상기 설명한 바와 같다.
- [0041] 본 발명에서, 상기 용어 "증진"은 본 발명에서 대조군 벼와 비교하여 적어도 5% 또는 10%, 바람직하게는 적어도 20% 또는 40%, 더욱 바람직하게는 50%, 60%, 70% 또는 80% 이상의 병 저항성을 의미하며, 벼가 원래 가지고 있는 병 저항성에 비해 상기 유전자를 도입하여 병 저항성이 증가되는 것을 의미한다.

발명의 효과

- [0042] 본 발명은 벼에 내재적으로 존재하는 흰잎 마름병에 대한 저항성 유전자, LOC_Os06g20920의 발현 조절 부위에 발현 유도 서열을 삽입함으로써, 흰잎 마름병에 대해 강력한 저항성을 갖는 형질전환 벼에 대한 것으로, 본 발명의 형질전환 벼를 이용하면 병 저항성을 통해 농약사용 절감, 생산성 향상 및 안전한 농산물 공급이 가능하게 되어 널리 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0043] 도 1은 흰잎 마름병에 대한 저항성과 관련된 유전자로 선별된 LOC_Os06g20920의 구조에 대한 개요도로, 도 1의 A는 유전자 상의 구조를 나타내며, 도 1의 B는 유전자가 발현된 단백질의 구조를 나타낸다. 이에 표시된 Methyltransf_7은 메틸전이효소 활성 부분 (methyltransferase domain)을 의미한다.
- 도 2는 LOC_Os06g20920의 발현을 조절하는 부위에 T-DNA를 포함한 유전자 발현 유도 서열이 삽입된 SAMT 16 유전자 변형 벼의 게놈 DNA의 일부분을 나타내는 구조도이다.
- 도 3은 SAMT 16 유전자 변형 벼에서 T-DNA 삽입위치를 PCR로 확인한 도면이다.
- 도 4는 SAMT 16 유전자 변형 벼에서 LOC_Os06g20920의 발현을 확인하는 RT-PCR 결과를 보여주는 도면이다.
- 도 5는 SAMT 16 유전자 변형 벼의 흰잎 마름병에 대한 저항성을 실험한 결과를 보여주는 도면으로, 도 5의 A는 천연형 벼 및 SAMT 16 유전자 변형 벼의 흰잎 마름병균을 가위 접종법으로 접종한 결과를 보여주는 사진이고, 도 5의 B는 이의 감염에 의해 파괴된 벼 잎의 길이를 측정하여 평균 낸 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0044] 이하, 하기 실시예에 의하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한

것일 뿐 본 발명의 범위가 이들로 한정되는 것은 아니다.

[0045] **실시예 1. Bioinformatics를 통한 형질전환 타겟 유전자 선별**

[0046] 동진벼의 유전체가 보유한 식물체의 질환 저항성과 밀접한 관련이 있을 것으로 예측되는 메틸전이효소 230개를 동정하였다. 이 중, microarray data를 바탕으로 MeV v2.0 프로그램을 이용하여 흰잎 마름병에 저항성을 가질 확률이 높은 유전자를 108개 선별하였다. 선별된 유전자에 대하여 형질전환체를 제조하여 병 저항성을 갖는 유전자를 동정해 내는 과정에서, 본 발명의 LOC_Os06g20920이 흰잎 마름병에 저항성을 갖는 유전자로 선별되었다.

[0047] **실시예 2. 발현 유도체 삽입된 형질전환 벼 제조**

[0048] **2-1. 벼 형질전환용 재조합 벡터 제조**

[0049] 타겟 유전자의 발현 조절 부위의 염기서열에 발현 유도 서열을 삽입하기 위해 벡터를 제작하였다. 먼저, 유전체 삽입을 위한 T-DNA, 삽입위치의 왼쪽 유전자 서열을 확인하기 위한 N-GUS, 서열번호 4의 유전자의 발현 유도 서열을 포함하는 재조합 벡터를 제조하기 위한, 담배 잎 모자이크바이러스 35S 프로모터 유래 DNA, 삽입위치의 오른쪽 유전자 서열을 확인하기 위한 L-0.5/1.5를 가지는 벡터를 제작하였다. 삽입된 유전체로부터 타겟 유전자의 확인과 증폭을 위한 프라이머는 아래와 같다.

[0050] Enhancer-F (정방향, 서열번호 9)

[0051] 5'- gatccccaacatggtggagc -3'

[0052] Enhancer-R (역방향, 서열번호 10)

[0053] 5'- ggatctagatatcacatcaa -3'

[0054] PCR 증폭 조건은 처음 DNA의 열변성을 위하여 94℃에서 3분간 1 cycle, 그리고 94℃ 1분, 58℃에서 1분, 72℃에서 2분간으로 총 35 cycle을 실시하였으며, 최종 DNA 합성은 7분으로 하였다.

[0055] 해당 증폭된 PCR 산물을 1.0%의 아가로스겔(agarose gel)로 전기영동 한 후 EtBr(ethidium bromide) 용액에 염색하여 UV lamp하에서 염기 크기에 해당하는 band를 절단하여 아가로스겔(agarose gel) 정제법으로 정제하였다.

[0056] 추출한 PCR 산물을 상기 제한효소 BamH I /Kpn I 으로 절단하였다. 또한, 재조합 벡터인 pGA2772 벡터를 제한효소 BamH I /Kpn I 로 절단하여, 절단된 벡터를 상기 아가로스겔 정제법으로 정제하였다. 상기 PCR 산물에 의한 DNA 단편을 절단된 재조합 벡터에 삽입하여, 조절부위 발현 유도체 서열 (Enhance sequence, 서열번호 4)이 삽입된 재조합 벡터 pGA2772 vector를 제조하였다.

[0057] **2-2. 형질전환체 제조**

[0058] 상기 제조된 벡터를 전기충격 방법(electroporation)을 이용하여 아그로박테리움 투메파키엔스(*Agrobacterium tumefaciens*)에 도입하였다. 배양실에서 무균상태로 자란 동진벼에 리프 디스크(leaf disc)법으로 형질전환하였다. 구체적으로는 벼잎을 대략 5 x 5 mm 크기로 잘라서 200 μ l의 아그로박테리움이 포함된 MSO 액체 배지(MS 염 4.3g, 수크로스 30g/L, pH 5.6 내지 5.8)에 넣었다가 암조건에서 2 내지 3일 동안 배양하고, 배양된 잎 절편을 캘러스-슈트(callus-shoot) 유도 배지(MSO배지에 100 μ g NAA, 1mg BA, 500 μ g 세포탁심, 1mg 포스피노트리신(phosphinothricin), 0.7% 피토 한천(phyto agar), pH 5.6)으로 옮기고, 새로운 배지로 옮겨 주었다. 유도된 발아는 1.5 내지 2 cm 정도 자라면 루트-인덕션 배지(MSO배지에 250 μ g 세포탁심, 10mg 포스피노트리신, 0.7% 피토 한천, pH 5.6)로 옮겨 주었다.

[0059] 발현 유도체가 삽입된 상기 유전자 형질전환 벼를 SAMT 16로 명명하였으며, 이의 유전자 구조는 도 2에 개시된

바와 같다. 구체적으로는, 동진 벼의 첫 번째 유도체에 존재하는 LOC_Os06g20920의 발현 조절 부위로 예측되는 상류부분 (upstream region)에 T-DNA 서열 (서열번호 5)을 삽입하여, 도 2와 같은 유전체 구조를 가진 형질전환체를 제작하였다.

[0060] 2-3. 재조합 벡터의 벼 유전체 삽입위치 확인

[0061] T-DNA 삽입에 의해 만들어진 SAMT 16에 대한 inverse-PCR 및 염기 서열 분석을 통해 T-DNA가 삽입된 염색체를 분석하였다.

[0062] 상기 선발된 계통의 벼 종자를 MSO 배지에 28℃에서 10일간 배양하였다. 이렇게 배양한 개체들의 잎 100mg을 채취하여 액체질소를 이용하여 급냉각한 후 분쇄하였다. 분쇄된 잎에서 one step buffer (1M Tris (pH9.5) 5ml, 0.5M EDTA 1ml, KCl 3.73g을 넣고 물로 50ml을 맞춰 조제)을 이용하여 DNA를 추출하였다.

[0063] SAMT 16은 LOC_Os06g20920 유전자의 발현조절 상류부분에 T-DNA가 삽입된 계통으로 T-DNA 삽입위치에서 앞뒤에서 만들어진 프라이머 (서열번호 6 및 서열번호 7)와 T-DNA 삽입서열 중 NGUS2 프라이머 (서열번호 8)를 이용하여 PCR로 유전형 분석을 하였다.

[0064] PCR 반응은 95℃에서 5분 후; 95℃에서 1분, 57℃에서 1분, 72℃에서 1분 을 38회 반복하고, 마지막으로 72℃에서 7분을 진행하였다. PCR 산물은 agarose gel을 이용하여 전기영동으로 확인하였다(도 3). 이를 통해 유전형을 선발하였다.

[0065] 이에 사용된 프라이머 서열은 다음과 같다.

[0066] SAMT 16_F (서열번호 6)

[0067] 5'-CTCAGAAATCAGCCAAAGCC- 3'

[0068] SAMT 16_R (서열번호 7)

[0069] 5'-AGAATCAAAATCCCGCTCT- 3'

[0070] NGUS2 (서열번호 8)

[0071] 5'-ATCCAGACTGAATGCCCACAG- 3'

[0072] 실시예 3. 형질전환 벼의 유전자 활성 검증

[0073] LOC_Os06g20920 유전자의 발현 조절 부위에 발현 유도체를 삽입한 형질전환 벼 (SAMT 16)에서 LOC_Os06g20920 유전자 활성을 역전사 효소 PCR (RT-PCR, reverse transcriptase-PCR)로 확인 하였다.

[0074] 구체적으로는, 형질전환 벼 (SAMT 16)의 잎 0.1g에서 total RNA를 추출하였다. 이를 주형으로 하여 LOC_Os06g20920의 발현을 확인할 수 있는 RNA 역전사효소 프라이머와 역전사 효소 (reverse transcriptase DNA polymerase)를 이용하여 역전사 효소 PCR을 수행하였다.

[0075] 도3 에서 확인할 수 있듯이, 천연형 동진벼에 비하여 본 발명의 형질전환 벼에서는 유전자 LOC_Os06g20920의 발현이 높아졌다는 것을 확인할 수 있었다.

[0076] RT-SAMT 16_F (정방향, 서열번호 11)

[0077] 5'- CAACTCCACAGTTCAGAAAAC -3'

[0078] RT-SAMT 16_R (역방향, 서열번호 12)

[0079] 5'- GCACAGTGATGGTGGATAG -3'

[0080] **실시예 4. 형질전환 벼(SAMT 16)의 벼 흰잎 마름병에 대한 저항성 검정**

[0081] 상기 실시예 2에서 제조된 형질전환 벼가 흰잎 마름병에 대해 저항성을 보이는지 확인하기 위해, LOC_Os06g20920 발현 조절부위에 발현 유도체가 삽입된 형질전환 벼인 SAMT 16과 대조군으로 천연형 동진벼를 6주간 생장시켜 흰잎 마름병을 유발하는 균주인 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (strain : PXO99Az)를 가위에 묻혀 접종한 2주 후 병증을 측정하였다 (도 5). 병증 측정은 접종한 부위로부터 감염되어 파괴된 상처 길이 (Lesion Lengths)를 측정하여 천연형 동진벼와 비교하였다.

[0082] 도 5의 B에서 확인할 수 있듯이 SAMT 16 형질전환체는 평균 병증의 길이가 천연형 동진벼의 반 정도에 불과하여 (천연형 vs. SAMT 16 : 24.2cm vs. 17cm), 흰잎 마름병에 대한 강력한 저항성을 가짐을 확인할 수 있었다.

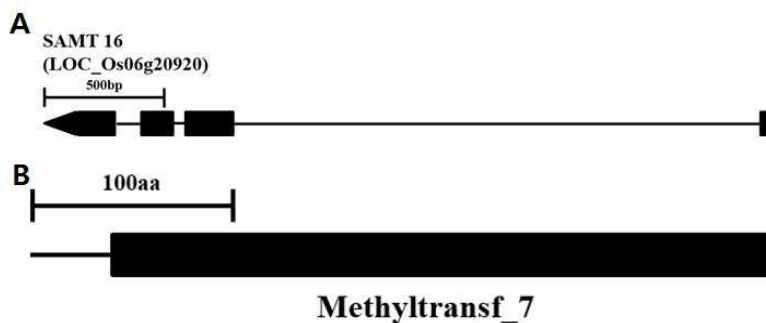
[0083] 이와 같은 결과를 통하여, 본 발명의 형질전환 벼 SAMT 16은 내재적 유전자 LOC_Os06g20920를 활성화시킴으로써 흰잎 마름병에 대한 저항성을 가질 수 있음을 확인하였다.

[0084]

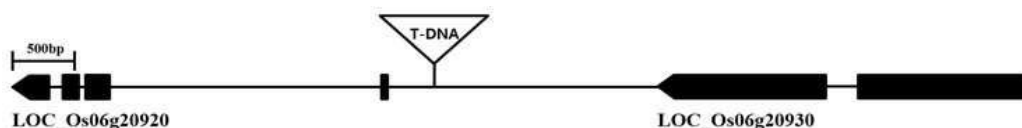
[0085] 이상의 설명으로부터, 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이와 관련하여, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

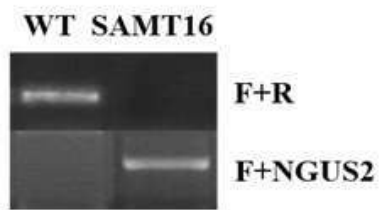
도면1



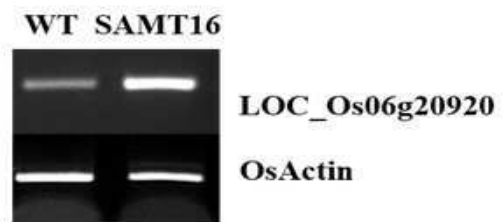
도면2



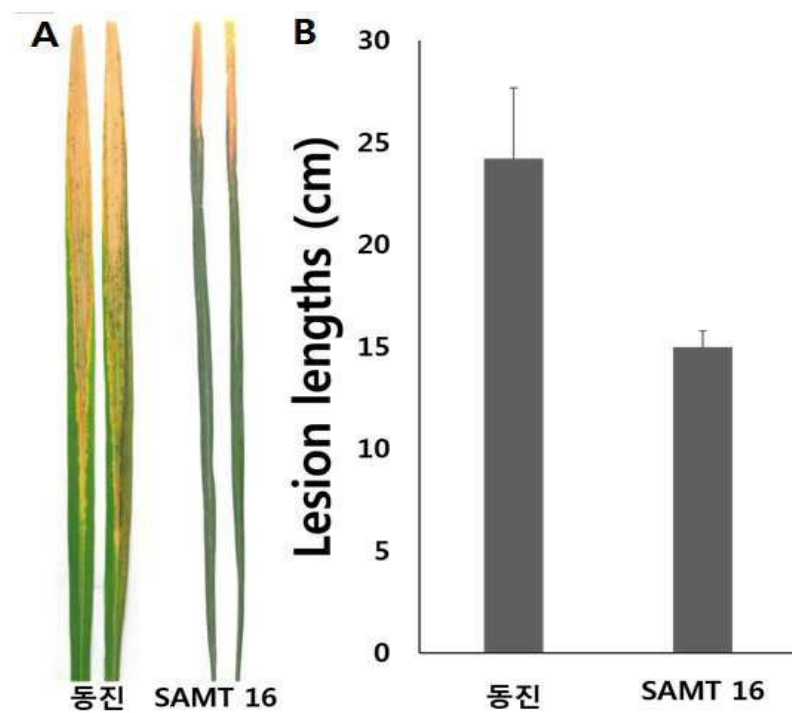
도면3



도면4



도면5



서열 목록

- <110> University-Industry Cooperation Group of Kyung Hee University
- <120> Methyltransferase gene resistant to a bacterial blight, and the transgenic plant using the same
- <130> KPA141025-KR
- <160> 12

<170> Kopatent In 2.0

<210> 1

<211> 6147

<212> DNA

<213> Oryza sativa

<400> 1

aaacacattc agatattagt gcaactgcgc catgaccacc aaagaaattc tccatatgaa 60

tgcagggcat ggcgaaacta gctatgctcg caactccaca gttcaggat gtgtgtgtgt 120

gttatatata tatatatata tatatatata tatatatgtt cgttggcgat aggctttggc 180

tgatttctga gtcacagtac gtacagttgt acatatttct gtgatgagga gatgttagtt 240

gaattgtata agttctttct gatctgcatg aaatgatcgt gttttgatta ttaattggat 300

aattgaaaag taatcgaagc ccctgctttc ctgttcttat ctttttagt ttgaaaaat 360

ccggtattta atacatagtt aagttgacga cagttgattc ttatgctaaa agaactgaaa 420

tatgacagaa attgcttcaa aagtctggcc aaatgtggtg agtacacttg gggctcttct 480

ggatgtttct gtatttttat cagttgtaa tttcctgtgc accaagaaat acaaccggat 540

tttctaaata atagtatttg ccactaatta agaaaacaag tgtttgctag gtagtaagat 600

attaaagagg ctttgttctg agagagaggt cctagttttg attcttgtca actgtatata 660

tgtgcgtata ttgtgtgaaa aatcatataa gttgcaggaa ttgaagtgtg aaaaataggt 720

gcacccctga tcccctatat gtgctggttt ggtgctaattg atatactctc gttagctcgg 780

ctattgtata accgatagct acagtggttt tataaactgc tggcgttttt ctacgtgtga 840

ttctaaattt ctgttctttt tctcacatat ttctcctgtt attttttct taaatatga 900

tcttatttgg ttgttttatt ttattgtatt gtccttggaa accaatagtt ataatacaa 960

cagtagcaag aatagtttgt cattttctta ttttaatata attaggaatc tatgctgctt 1020

gtaccaaatt aggtgttatt cagattgatg ccattttcaa ccatatcatt tattgttata 1080

gttatcaaaa atatgtctac gtttagtttg ttgccaacct ttgacaaata cagaagaaat 1140

cctgtcaaaa ttttagcaat attatcaact tgctaaaatt ttggtattgc caaaatttgg 1200

taaggtttat ttggctata atctgaacat gccttagtgt atatgtgtat gaatgtctat 1260

ctgttgtata acttatttga gccatagata tatgaataaa aattatagaa aataatatgt 1320

acacctaaat ttaactcaac tattgatgtg catgtttgct acatatatat atacacatat 1380

atacatatat atatatacat atatatatat atacatatat atatacatat atatataac 1440

atatatatat atatacatat atatatatat atatacatat atatataac 1500

atatatatat atacatatat atatatatat atgtatatat atatatgttc gaagagaaag	1560
cacaacaaat gttgtatgga ttacactag tgaactatca tgaatgaatc atgtaatatc	1620
tcacaaaagt tctatgcgtt tttttaaatt catactacct ctaagtctca attcgaaatg	1680
ggtgggggtg gtgacccttt tctgcgtgtg aaaaatcatt accacataat tagttgagta	1740
ttatatattca cttttataaa cttacaaaaa gttaaaaaaa gtattttatt tgaattttaa	1800
aaaaagtttt tcttattttt taaaaattaa acacaaccgt ttgtgctgtt cggaaatcgt	1860
gctagtgagg tagcccaacc gagaatatat gttccgaacg tgccagttca aaactttgct	1920
ataacggccg gtttttaacc tgcgctaatt aatataacaa gcagggatac tgtaattgta	1980
ttattgcggc tgiatagccg acgctgtcag ggaccatccg ttcaagtcac gaaaactggc	2040
agctattgct atcccgaagt ttgatttttt ttttcgctcc agaaaaataa gaaaaatctg	2100
tatcttgatc ctgcagggtg tgtattagtg tatatatatg aaagacacaa atcgcacatt	2160
tattttcata gttgaaatgc cagtatgatt aattaggccc gaagactttt tcgtccacgt	2220
gtagccagct taccccactg attacttcat aacacacatg cttttacttt gactcttcta	2280
atatgaaact tcgacctgtt aagaagtcatt atacgaaaaat gcaggctcgac ttttttttag	2340
ccgcgatcac ttatgtctgc ctacaaactt atataggggt actcgtttgtt tctagagtag	2400
tgtagataa cttcaaacaa aaacatcgtt cagatctgta acattcacat aaagctcatc	2460
tctattggaa ggtacgaaga aaatttaaaa ttggtaccac taaaatatat cataatattt	2520
acgatcctaa ataaaaagaa gtggtgaact ataaaatgct agttgggctc tacaatttta	2580
ttataatggt tatattcaac taacttcata ccacaatgat attatatgtt tttctaaaaa	2640
aaacatacct taactttggt acttaacatt acgaatcaag tcgtaaactc ccattgtaca	2700
acagttcctc tggtcacaaa aacatctctt ttagaagca catctaataa aattttcaat	2760
agtttgaagc ttggattcat gtaaatcata tgaacagtc caaatacact cttaaatttg	2820
attggaagtt catctagcac cttgaataat aaaatagttc atccatataa tctcctaggt	2880
tgttttgtaa agtgtttttt tatctaattc agctacatat acgttaacaa gtctgatcat	2940
cacgtgtcat atagattgta catatatgtg tgtgtgtttt aaaatcctt tttaatcat	3000
tatttttacc cacttgctcg ttctcattta caaaggaata acaacataat aataagcatg	3060
acaatataag tacgttatat gtaagagcac acattaatat gggggtacaa agtgtggggc	3120
acacattaat catatcaact aaagaaaatt atcgcaaaat ataaaacacc cttataatc	3180
ataataggac ccaccacat taaaatagag gaaagagaga ggtgtatctt gacacaattt	3240
atcaggcaca taagagtccc aaaacactcc ttttttttta ttttttttca aataagacga	3300
gcggtcaaac gttggacgta gaaacccaca actgcactta tattgggaca cacttgtatt	3360

ataaagtcca taaatttttag aggatgtttt gggactcata tgtctgataa atataacttc	3420
atccaaattt tagagtgtat ttggactttt tcatagatca tatgtatcca tggagagtgc	3480
tttagtggtc ggtctctgtg caacatttga ccaactgtct tatttgaaaa ttttataaaa	3540
tatTTTTTaa aaaaatagtc atacataaag tactattcat attttatcat ctaataacaa	3600
caaaaaatac taatcatttt tttttaaata agacgggcgg tcaaacattg gacacagaaa	3660
cccataacta cacttatttt atgacggaaa tagtactaaa ttttaactca gctttattat	3720
ttatttctgc aaaaattgga agacaataa attatagttt ggaatagatc tcatgacaga	3780
agtagtatat gaacctggta atattgtaca aaattaaata ataaacttca caaaaagaga	3840
gaggggtaag gggtagggga gagaatatga catatgggcc cacccttttt tagcaaaaaa	3900
aaatactgat cggactgcc a cgtagtacca aaaccacccc ggattgagtt acggggggta	3960
attcgtccga tattaatagt taagggtgaa agatatctgg ctttcaggtc taagggggta	4020
attcgtactt acccaact ttaagagcaa gttaaatagt gtagtcaact actggctcta	4080
aatcttttat agctaactca atagcccat tatacaatag ttaactataa aaatatacta	4140
catcattaat acccgggcc accctcaca cacacgtaac atcttggagg tcgtgttgca	4200
gccggctata aatctgcgc cgcctttctt ctctctctta tcttttttc tcgatatgtg	4260
gttatagctg gcttatagcc tactattgta cctgctctaa ggataaaatt cagacttttc	4320
ccaaataatt aaatattcca ttctcctaa aatataagca ctttagatt ttgacacggt	4380
attcgagatt ctactttgac caacgatatc tataaaaata agatgtttta aataaaaaga	4440
gttgcatatt gtgatagttt gttaattat aaatctacta gtaacatcaa ttttcatga	4500
ttgatctttt ttatatTTTT caatagccaa aattataaat atttgacttg tcactatgat	4560
aaaattgttt atatttttagg acggaggagg taataaactt cacaacaaac ctatctaaac	4620
aattgatTTT atgcagaaaa cagagcaaga tagaatgaag atgctgataa atgaggccat	4680
cacaggctta tgcgaaccga cgagcaccat tctcccaaag agcatggcga ttgcagactt	4740
gggctgctcc tcaggcccg a cgcgctaac gcttgtctcg gctgctctcg atgctatcca	4800
ccatcactgt gcacagcgc aacagccacc gccagagggtg tgcgtcttct tgaacgattt	4860
gcccagcaac gattttaact ccgtcgcgaa aagcttggcg actctgaagc acagccatgg	4920
cgatctagac gatccggttg tgatcaccgg aatcggaatg atacctgggt cattctacga	4980
gaggctattc cctgtggct ctctgcattt tgtttgtctg tcgaacagct tgcactggct	5040
atcaaaggta actataattc ttgattaaat tgttctatga aagtcattct accgatgagt	5100
ataatggacc ttaagatgtg cattttgtaa ttaaaaaaaaa aacaggctcc agatgatctt	5160

aaggagggtg aaatacctat gtatgacatg gttgaacatc ttaggggtgc gaggcgtgca	5220
gctgttaggg atgcttaatgc tgcacgttc aggaaggatt tcacgcagtt cttgagcttg	5280
agggctcaag aattggtgac gggaggccgg atggttatct ccttgatgg ccggtgctcg	5340
gaaaacccta tcicaagatc caatcaggca tggcaggtgg tagcagtagc tttgaatgac	5400
atggcatcca gggtagacac atgtttagt ctcgtgccc tcttttttt ttaggataac	5460
ggaagcttaa tttattgcat tcactttgtt acatcaagtc gtctgagatt cccatgccct	5520
ttgtcttata tttgtttgcg ctgggttact atagtagcaa tatattgcta tttaccaca	5580
aaggaatttt cgttgtggac atatatatta cctcatgata ggatatttat gaataatcaa	5640
ttcgcttttg tagggatca ttgacaaaga aaagctcgat tccttctaca taccactcta	5700
cgcacctttg gagaacgagg tgaacgaaat cattgaggat gagggttcat ttgaaatcaa	5760
caagatgcta gtgcgaaatc cattcagcgg catggacgac gccacggtca gtccaaagat	5820
gatagcatta tcgataagag cagtattcga gtcaacggtt gttctgcatt ttggatcatc	5880
agaagaaatt atggatgagt ttgccaaaac ggttagcag aagttgagct ctggatcagc	5940
ctggcgagcc gtacttgctg ccgagtacc tctggtttg ttgtgtcttt cactcacaag	6000
agtgatctga tatcttgttg tgcttctttt ctttatgtca tgtgtggaac actgccccca	6060
ttttaaatgt tttgtttagt cacatatata cttatcaaat aaaagccttt ttccgggctt	6120
tctcaggagc atattaatca attttac	6147
<210> 2	
<211> 1110	
<212> DNA	
<213> Oryza sativa	
<400> 2	
atgaccacca aagaaattct ccatatgaat gcagggcagc gcgaaactag ctatgctcgc	60
aactccacag ttcagaaaac agagcaagat agaataaga tgctgataaa tgaggccatc	120
acaggttat gcgaaccgac gagcaccatt ctcccaaaga gcatggcgat tgcagacttg	180
ggctgctcct caggcccgaa cgcgctaacg cttgtctcgg ctgctctcga tgctatccac	240
catcactgtg cacagcagca acagccaccg ccagaggtgt gcgtcttctt gaacgatttg	300
cccagcaacg attttaactc cgtcgcgaaa agcttggcga ctctgaagca cagccatggc	360
gatctagacg atccggttgt gatcaccgga atcggaatga tacctgggtc attctacgag	420
aggctattcc cctgtggctc tctgcatttt gtttgctcgt cgaacagctt gcaactggcta	480
tcaaaggctc cagatgatct taaggagggt aaaataccta tgtatgacat ggttgaacat	540

cttaggggtgt cgaggcgtgc agctgttagg gatgcttatg ctcgccagtt caggaaggat 600
ttcacgcagt tcttgagctt gagggctcaa gaattggtga cgggaggccg gatggttatc 660

tccttgtatg gccggtgctc ggaaaacct atctcaagat ccaatcagc atggcaggtg 720
gtagcagtag ctttgaatga catggcatcc aggggtatca ttgacaaaga aaagctcgat 780
tccttctaca taccactcta cgcacctttg gagaacgagg tgaacgaaat cattgaggat 840
gagggttcat ttgaaatcaa caagatgcta gtgcgaaatc cattcagcgg catggacgac 900
gccacggta gtccaaagat gatagcatta tcgataagag cagtattcga gtcaacggtt 960
gttctgcatt ttggatcatc agaagaaatt atggatgagt ttgccaaaac ggttgagcag 1020
aagttgagct ctggatcagc ctggcgagcc gtacttgctg ccgagtaccc tctcgttttg 1080

ttgtgtcttt cactcacaag agtgatctga 1110

<210> 3
<211> 369
<212> PRT
<213> Oryza sativa
<400> 3

Met Thr Thr Lys Glu Ile Leu His Met Asn Ala Gly His Gly Glu Thr

1 5 10 15

Ser Tyr Ala Arg Asn Ser Thr Val Gln Lys Thr Glu Gln Asp Arg Met

20 25 30

Lys Met Leu Ile Asn Glu Ala Ile Thr Gly Leu Cys Glu Pro Thr Ser

35 40 45

Thr Ile Leu Pro Lys Ser Met Ala Ile Ala Asp Leu Gly Cys Ser Ser

50 55 60

Gly Pro Asn Ala Leu Thr Leu Val Ser Ala Ala Leu Asp Ala Ile His

65 70 75 80

His His Cys Ala Gln Gln Gln Pro Pro Pro Glu Val Cys Val Phe

85 90 95

Leu Asn Asp Leu Pro Ser Asn Asp Phe Asn Ser Val Ala Lys Ser Leu

100 105 110

Ala Thr Leu Lys His Ser His Gly Asp Leu Asp Asp Pro Val Val Ile

115 120 125

Thr Gly Ile Gly Met Ile Pro Gly Ser Phe Tyr Glu Arg Leu Phe Pro
 130 135 140
 Cys Gly Ser Leu His Phe Val Cys Ser Ser Asn Ser Leu His Trp Leu
 145 150 155 160
 Ser Lys Ala Pro Asp Asp Leu Lys Glu Gly Lys Ile Pro Met Tyr Asp
 165 170 175
 Met Val Glu His Leu Arg Val Ser Arg Arg Ala Ala Val Arg Asp Ala
 180 185 190

 Tyr Ala Arg Gln Phe Arg Lys Asp Phe Thr Gln Phe Leu Ser Leu Arg
 195 200 205
 Ala Gln Glu Leu Val Thr Gly Gly Arg Met Val Ile Ser Leu Tyr Gly
 210 215 220
 Arg Cys Ser Glu Asn Pro Ile Ser Arg Ser Asn Gln Ala Trp Gln Val
 225 230 235 240
 Val Ala Val Ala Leu Asn Asp Met Ala Ser Arg Gly Ile Ile Asp Lys
 245 250 255
 Glu Lys Leu Asp Ser Phe Tyr Ile Pro Leu Tyr Ala Pro Leu Glu Asn

 260 265 270
 Glu Val Asn Glu Ile Ile Glu Asp Glu Gly Ser Phe Glu Ile Asn Lys
 275 280 285
 Met Leu Val Arg Asn Pro Phe Ser Gly Met Asp Asp Ala Thr Val Ser
 290 295 300
 Pro Lys Met Ile Ala Leu Ser Ile Arg Ala Val Phe Glu Ser Thr Val
 305 310 315 320
 Val Leu His Phe Gly Ser Ser Glu Glu Ile Met Asp Glu Phe Ala Lys
 325 330 335

 Thr Val Glu Gln Lys Leu Ser Ser Gly Ser Ala Trp Arg Ala Val Leu
 340 345 350
 Ala Ala Glu Tyr Pro Leu Val Leu Leu Cys Leu Ser Leu Thr Arg Val
 355 360 365
 Ile

<210> 4

<211> 1361

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220><223> promoter

<400> 4

gatccccaac atggtggagc acgacactct cgtctactcc aagaatatca aagatacagt 60
ctcagaagac cagaggggcta ttgagacttt tcaacaaagg gtaatatcgg gaaacctcct 120

cggattccat tgcccagcta tctgtcactt catcgaaagg acagtagaaa aggaagatgg 180
cttctacaaa tgccatcatt gcgataaagg aaaggctatc gttcaagatg cctctaccga 240
cagtgggtccc aaagatggac cccacccac gaggaacatc gtggaaaaag aagacgttcc 300
aaccacgtct tcaaagcaag tggattgatg tgatatctag atccccaaca tggatggagca 360
cgacactctc gtctactcca agaatatcaa agatacagtc tcagaagacc agagggctat 420
tgagactttt caacaaaggg taatatcggg aaacctctc ggattccatt gccagctat 480
ctgtcacttc atcgaaagga cagtagaaaa ggaagatggc ttctacaaat gccatcattg 540

cgataaagga aaggctatcg ttcaagatgc ctctaccgac agtgggtccca aagatggacc 600
cccacccacg aggaacatcg tggaaaaaga agacgttcca accacgtctt caaagcaagt 660
ggattgatgt gatatctaga tccccaacat ggtggagcac gacactctcg tctactcaa 720
gaatatcaaa gatacagctc cagaagacca gagggctatt gagacttttc aacaaagggt 780
aatatcggga aacctctcg gattccattg cccagctatc tgtcacttca tcgaaaggac 840
agtagaaaag gaagatggct tctacaaatg ccatcattgc gataaaggaa aggctatcgt 900
tcaagatgcc tctaccgaca gtgggtccca agatggaccc ccacccacga ggaacatcgt 960

ggaaaaagaa gacgttccaa ccacgtcttc aaagcaagtg gattgatgtg atatctagat 1020
ccccaacatg gtggagcacg acactctcgt ctactccaag aatatcaaag atacagtctc 1080
agaagaccag agggctattg agacttttca acaaagggtg atatcgggaa acctctcgg 1140
attccattgc ccagctatct gtcacttcat cgaaaggaca gtagaaaagg aagatggctt 1200
ctacaaatgc catcattcgc ataaaggaaa ggctatcggt caagatgcct ctaccgacag 1260
tggtcccaaa gatggacccc caccacgag gaacatcgtg gaaaaagaag acgttccaac 1320
cacgtcttca aagcaagtgg attgatgtga tatctagatc c 1361

<210> 5

<211> 8275

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220><223> T-DNA

<400> 5

gtttacccgc caatataacc tgtcaaacac ggatccgagg taccaggtac caggtgagtt	60
ccattcttac taccacggtg ctatTTTTTT tgcTatgtgg ctaattacat gactaacttg	120
gggtgctaaa tcttacaggt tatatgcagg ttatatgcag gtcccgggta ggtcagtccc	180
ttatgttacg tctgtagaa accccaaccc gtgaaatcaa aaaactcgac ggcctgtggg	240
cattcagtct ggatcgcgaa aactgtggaa ttgatcagcg ttggtgggaa agcgcgttac	300
aagaaagccg ggcaattgct gtgccaggca gttttaacga tcagttcgcc gatgcagata	360
ttcgtaatta tgcgggcaac gtctggtatc agcgcgaagt ctttataccg aaaggttggg	420
caggccagcg tatcgtgctg cgtttcgatg cggtcactca ttacggcaaa gtgtgggtca	480
ataatcagga agtgatggag catcagggcg gctatacgcc atttgaagcc gatgtcacgc	540
cgtatgttat tgcggggaag agtgtacgta tcaccgtttg tgtgaacaac gaactgaact	600
ggcagactat cccgccggga atggtgattt ccgacgaaaa cggcaagaaa aagcagtcct	660
acttccatga tttctttaac tatgccggaa tccatcgag cgtaatgctc tacaccacgc	720
cgaacacctg ggtggacgat atcacctgg tgacgcatgt cgcgcaagac tgtaaccacg	780
cgctctgtga ctggcaggtg gtggccaatg gtgatgtcag cgttgaactg cgtgatgcgg	840
atcaacaggt ggttgcaact ggacaaggca ctacggggac tttgcaagtg gtgaatccgc	900
acctctggca accgggtgaa ggttatctct atgaactgtg cgtcacagcc aaaagccaga	960
cagagtgtga tatctacccg cttcgcgtcg gcatccggtc agtggcagtg aagggccaac	1020
agttcctgat taaccacaaa ccgttctact ttactggctt tggctgctcat gaagatgcgg	1080
acttacgtgg caaaggattc gataacgtgc tgatgggtga cgaccacgca ttaatggact	1140
ggattggggc caactcctac cgtacctcgc attaccctta cgctgaagag atgctcgact	1200
gggcagatga acatggcatc gtgggtgattg atgaaactgc tgcgtcggc tttaacctct	1260
ctttaggcat tggtttcgaa gcgggcaaca agccgaaaga actgtacagc gaagaggcag	1320
tcaacgggga aactcagcaa gcgcacttac aggcgattaa agagctgata gcgcgtgaca	1380
aaaaccaccc aagcgtgggt atgtggagta ttgccaacga accggatacc cgtccgcaag	1440
tgcacgggaa tatttcgcca ctggcggaag caacgcgtaa actcgaccgc acgcgtccga	1500
tcacctcgct caatgtaatg ttctgcgacg ctacacacga taccatcagc gatctctttg	1560
atgtgctgtg cctgaacctg tattacggat ggtatgtcca aagcgcgat ttggaaacgg	1620

cagagaaggt actggaaaaa gaacttctgg cctggcagga gaaactgcat cagccgatta	1680
tcatcaccga atacggcgtg gatacgttag ccgggctgca ctcaatgtac accgacatgt	1740
ggagtgaaga gtatcagtgt gcatggctgg atatgtatca ccgctcttt gatcgcgtca	1800
gcgccgtcgt cggatgaacag gtatggaatt tcgccgattt tgcgacctcg caaggcatat	1860
tgcgcgttgg cggtaacaag aaagggatct tactcgcga ccgcaaaccg aagtcggcgg	1920
cttttctgct gcaaaaacgc tggactggca tgaacttcgg tgaaaaaccg cagcagggag	1980
gcaacaatg aatcaacaac tctcctggcg caccatcgtc ggctacagcc tcgggaattg	2040
ctaccgagct cgaatttccc cgatcgttca aacatttggc aataaagttt cttaagattg	2100
aatcctgttg ccggtcttgc gatgattatc atataatttc tgttgaatta cgtaagcat	2160
gtaataatta acatgtaatg catgacgtta tttatgagat gggtttttat gattagagtc	2220
ccgaattat acatttaata cgcgatagaa aacaaaatat agcgcgcaaa ctaggataaa	2280
ttatcgcgcg cgggtgtcatc tatgttacta gatcgggaat taattcatcg ataggctagt	2340
catggtgact gtacgttgta agtgcagcaa actgccgacg cgatgcaaac tgtacacgtt	2400
aacatgccac tcacctggaa cgcacaatgg ccactaggtg cggccgtagt gtggatttca	2460
aagagagaga gagagagaga gagctaatca cgtaaacgta aacacagcag atagcagaga	2520
tgttgattag gcaaacacgt ataaaagcca atccaataaa ctacatttag cgaagtgcta	2580
tactaatgca ctaataacga actgttcttt tcttaagatc ggagccagta atgggttgtc	2640
agcaggagaa gcacgtaaac cttgaacat actaagttcc acagtcgaga gtaaacgta	2700
atcaacacaa gaaacaaaca taaaattgaa caaacgcgca tattataagt gacgaagcgg	2760
tctcacataa aacagggcac acaggttaca acaacgaggg ttgtaagccc attaagcccc	2820
aaacatcaga tcaccacaag caaatgtctc gaagacacac gcacacggca acaggataac	2880
tccacactgg cagatcatgg gatagcagca gttatcaatc aggccttgac acacagaaca	2940
tcaagcccc agacgacgac gactcctcta gatcccggtc ggcatctact ctattccttt	3000
gcctcggac gagtgcctgg gcgtcgggtt ccactatcgg cgagtacttc tacacagcca	3060
tcggtccaga cggccgcgt tctgcgggcg atttgtgtac gcccgacagt cccggtccg	3120
gatcggacga ttgcgtcgca tcgacctgc gcccaagctg catcatcgaa attgccgtca	3180
accaagctct gatagagttg gtcaagacca atgcggagca tatacgccc gagccgcggc	3240
gatectgcaa gctccggatg cctccgctcg aagtagcgcg tctgtgtctc catacaagcc	3300
aaccacggcc tccagaagaa gatgttggcg acctcgtatt gggaatcccc gaacatcgcc	3360
tcgtccagt caatgaccgc tgttatgcgg ccattgtccg tcaggacatt gttggagccg	3420
aatccgcgt gcacgaggtg ccggacttcg gggcagtcct cggcccaaag catcagctca	3480

tcgagagcct gcgcgacgga cgcactgacg gtgtcgtcca tcacagtttg ccagtataac	3540
acatggggat cagcaatcgc gcatatgaaa tcacgccatg tagtgtattg accgattcct	3600
tgcggtccga atgggccgaa cccgctcgtc tggctaagat cggccgcagc gatcgcatcc	3660
atggcctccg cgaccggctg cagaacagcg ggcagttcgg tttcaggcag gtcttgcaac	3720
gtgacaccct gtgcacggcg ggagatgcaa taggtcaggc tctcgtgaa ttcccaatg	3780
tcaagcactt ccggaatcgg gagcgcggcc gatgcaaagt gccgataaac ataacgatct	3840
ttgtagaaac catcggcgca gctatttacc cgcaggacat atccacgcc tctacatcg	3900
aagctgaaag cagcagattc ttccgctcc gagagctgca tcaggtcgga gacgctgtcg	3960
aacttttcga tcagaaactt ctgcacagac gtgcggtga gttcaggctt tttcatatct	4020
cattgcccc cgggatccgt cgagtcagcc tgaaaggaca aaatacatgt tagcgcctta	4080
gtggtacatt attatttcag tacagcaaga taacacaatt caaaagactg acccataata	4140
aataactagt cctcaattta aaatttgagt tcctaaatag acatctatga atatgctgta	4200
catcggcact acagaaaata cgattcccaa taattgaaca attgtacttt atttagttgt	4260
tactacaaca atggaagata caagatcgtt tcaaaactac catacatgca tggagtattt	4320
gttccacaga tciggaaaaa acagatctga cgggcagtgt caccaaacac tagacatatg	4380
tatttgattt aggtggatga cgtgtacaaa catgactacc agatctagaa ttagaacgcg	4440
gcgtgctttg gaaatgttaa gtagatccaa atacatcggt aacaaatgaa catattcata	4500
tgacatagct gtaaacatc atgatctatc atatcaacta gaggggatct cggcatgtat	4560
cattctattg catctagaac catagcattt ccatgtgaca aacaattttg aaacatacat	4620
tgctcagatc taccataaga acacatggt catgacagca tcgaccatga ttccacatt	4680
taacagcatc ccgaggtcag atccagtgtt tagaactatc atttcagca aattcacaaa	4740
ataaatctc caattcgctt acatatatcc attccacgca tctaggacc agatccacca	4800
taccagtata cacgaacact aaacatttca tcagatccgc taactacgac agagaaaacg	4860
cagatccaga caaccagatc caccgacaaa taaacacagc cccccacatc caacaaccgc	4920
gaatccacce agatctgacc cagaagcagg cacgaagaac acggggggtg agggagatgg	4980
gacgcggatc caagcttggc ggcggttgg gttgatgctg cgacggcggc ggagaaggga	5040
gagaggggag aggagggaaa gcgcggaggc gcggagagag gcgagtacga agacgccttt	5100
ctctcgcttg tctcggtta gggtttgca tccccgact ccgccgctt tataggcca	5160
gacagcctgg acctctcagg agcgaagcg aagggatggg ggagttttc gttttacccc	5220
ctttgacgtc ttcaaaattc actcgcatct cacatcgtgc ctgcaaaggt cgggtggttg	5280
gatcatatcg agaataattt ataagttagg gagctttctg ataatatcca ccgcaaggag	5340

gccatttcgt ttgcactcgg ttgaagtcga taccgcctc tcgttagttt cactgacagg	5400
tgggtccaga ggcttccttc gtgtgcggtt agcgagtga cgcgtcgtc caagaaaaag	5460
cagtaggtga cctggccacc tcgttgtagg tgcgaccgat gcagacgtcc cgcttgccgg	5520
tgggcccacg ttacagctgg gtccacata tcggtgggtg cgatgagttg ttcggtgcgt	5580
aggagtagat tggatcccaa cgggtgggtg cgtcgtcggc ggccctgccg attttatatt	5640
cgatttttga aatgcgagag cgggagaacg gcaccgttgg cttggctgtg gatgccgtta	5700
gccgcaccgg actattcggc ccagttccat ttggcccaa cttgaaacag cgcggagcac	5760
aagacggggg agccattta ggcccgaat ctacgccctg tagaaagtcc gtgtcgttgc	5820
gatggaccag aaagcccata aaccttggag gcgttctctg ctgggaataa aataagttca	5880
cactctgtcc ctcaacttta cgtcgagttt gttgacatc gctaataccc agtaccagaa	5940
atcttggata caaataaggt ttgatataaa gtggcacgtg gtgaatggca tcgtttgaaa	6000
aatcttcaga tcgagcgggc ttcacaagcc gtaagtcaa gtgccaaat ttgtgaagaa	6060
aattacttcc ttcatttcac aatgtaagt attttagcat tttccacatt catattgata	6120
tcaataaatt tagatagata tatatgtctg aattcgtacc gttaacgagc tctagaagct	6180
tcagtactac gcgtctcgag gcctattatt gaagcattta tcagggttat tgtctcatga	6240
gcggatacat atttgaatgt atttagaaaa ataaacaaat aggggttccg cgcacatttc	6300
ccgaaaaagt gccacctgac gtctaagaaa ccattattat catgacatta acctataaaa	6360
ataggcgtat cagcaggccc ttctgtctcg cgcgtttcgg tgatgacgtt gaaaacctct	6420
gacacatgca gtccecgag acggtcacag cttgtctgta agcggatgcc gggagcagac	6480
aagcccgta gggcgcgtca gcgggtgttg gcgggtgtcg gggctggctt aactatgcgg	6540
catcagagca gattgtactg agagtgacc atatgcgtg tgaaataccg cacagatgcg	6600
taaggagaaa ataccgcac aggcgccatt cgccattcag gctgcgcaac tgttgggaag	6660
ggcgatcgtt gcgggcctct tcgtattac gccagctggc gaaaggggga tgtgtgcaa	6720
ggcgattaag ttgggtaacg ccagggtttt ccagtcacg acgttgtaaa acgacggcca	6780
gtgaattcac tagtgattgc tctagacact gatagtttcg gatctagata tcacatcaat	6840
ccacttgctt tgaagacgtg gttggaacgt cttcttttc cacgatgttc ctcgtgggtg	6900
ggggtccatc ttggggacca ctgtcggtag aggcactttg aacgatagcc ttctcttat	6960
cgcaatgatg gcattttag aagccatctt cttttctac tgtccttcg atgaagtgc	7020
agatagctgg gcaatggaat ccgaggaggt ttcccgatat taccctttgt tgaaaagtct	7080

caatagccct ctggcttctt gagactgtat ctttgatatt cttggagtag acgagagtgt 7140
 cgtgctccac catgttgggg atctagatat cacatcaatc cacttgcttt gaagacgtgg 7200
 ttggaacgtc ttctttttcc acgatgttcc tcgtgggtgg ggggccatct ttgggaccac 7260
 tgcggttaga ggcatcttga acgatagcct ttcttttacc gcaatgatgg cattttaga 7320
 agccatcttc ctttttact gtcttttcca tgaagtgaca gatagctggg caatggaatc 7380
 cgaggagggt tcccgatatt accctttgtt gaaaagtctc aatagccctc tggcttctg 7440
 agactgtatc ttgatattc ttggagtaga cgagagtgtc gtgctccacc atgttgggga 7500

tctagatata acatcaatcc acttgctttg aagacgtggg ttggaacgtct tctttttcca 7560
 cgatgttctt cgtgggtggg ggtccatctt ttgggaccact gtcggttagag gcatcttgaa 7620
 cgatagcctt tcctttatcg caatgatggc attttagtaa gccatcttcc ttttctactg 7680
 tcctttcgat gaagtgcacg atagctgggc aatggaatcc gaggagggtt cccgatatta 7740
 ccctttgttg aaaagtctca atagccctct ggtcttctga gactgtatct ttgatattct 7800
 tggagtagac gagagtgtcg tgctccacca tgttggggat ctagatatca catcaatcca 7860
 ctgtcttga agacgtggtt ggaacgtctt ctttttccac gatgttctc gtgggtgggg 7920

gtccatcttt gggaccactg tcggtagagg catcttgaac gatagccctt cctttatcgc 7980
 aatgatggca tttgtagaag ccatcttctt ttttactgt cctttcgatg aagtgcaga 8040
 tagctgggca atggaatccg aggagggttc ccgatattac cctttgttga aaagtctcaa 8100
 tagccctctg gtcttctgag actgtatctt tgatattctt ggagtagacg agagtgtcgt 8160
 gctccaccat gttggggatc ctctagagtc gagaattcag tacattaaaa acgtccgcaa 8220
 tgtgttatta agttgtctaa gcgtcaattt gtttacacca caatatatcc tgcca 8275

<210> 6

<211> 20

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220><223> SAMT 16_F primer

<400> 6

ctcagaaatc agccaaagcc 20

<210> 7

<211> 19

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220><223> SAMT 16_R primer

<400> 7
agaatcaaaa tccgcctc 19

<210> 8
<211> 21
<212> DNA
<213> Artificial Sequence
<220><223> NGUS2 primer
<400> 8
atccagactg aatgccaca g 21

<210> 9
<211> 20
<212> DNA
<213> Artificial Sequence
<220><223> Enhancer-F
<400> 9
gatccccaac atggtggagc 20

<210> 10
<211> 20
<212> DNA
<213> Artificial Sequence
<220><223> Enhancer-R
<400> 10
ggatctagat atcacatcaa 20

<210> 11
<211> 21
<212> DNA
<213> Artificial Sequence
<220><223> RT-SAMT 16_F
<400> 11
caactccaca gttagaaaa c 21

<210> 12
<211> 19
<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220><223> RT-SAMT 16_R

<400> 12

gcacagtgat ggtggatag

19