(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0055766
(43) 공개일자 2013년05월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A01H 5/00 (2006.01) *C12N 15/29* (2006.01)
C07K 14/415 (2006.01) *C12N 15/82* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0121369
(22) 출원일자 2011년11월21일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
이상원
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 (서천동, 경희대학교)
정기홍
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 (서천동, 경희대학교)
안진흥
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 (서천동, 경희대학교)

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **유전자 발현 억제를 통한 벼 흰잎마름병 저항성 부여법**

(57) 요 약

본 발명은 식물의 병 저항성, 특히 벼의 흰잎마름병 저항성 PSK08 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 유전자, 상기 유전자를 포함하는 재조합

벡터를 식물체에 형질전환하여 PSK08 유전자의 발현을 침묵 시킨 벼 식물체 및 이의 종자에 관한 것이다. 본 발명은 농촌진흥청 차세대 바이오그린21사업 (과제번호: PJ008098)의 지원에 의해 이루어진 것이다.

대 표 도

```
   1 ATGCACAGAT TTCTAGTGAC TGCTCTACTC TTCTCTCTTC TCAACTATGG AGCCGTCATG
  61 GCCACAGAAT CGGACGAGGC AGATTTCTTC CGAAACTGTC CGCCATCCCG ATGCAGCAGT
 121 GATGGACCAG ACATCAAGTT TCCCTTCCGG CTTGAATCCA GCTCTTCATC TTGTGGTGCT
 181 CCAGGAATGC AGTTATCATG TTCTGGGCAA GATACTCTCC TACTGCACCA TGTTCTTGGC
 241 CTATCGAAGG TAACTGGAAT AGACTATATA TATGGTGTCA TCAACATCGT CCCTCTTGCA
 301 GAGTCATGGT CACAGTGCGC ACTTCAGAAG ATAATTTCTG CAAATTATTC AACCAGTGTG
 361 TACAAACAAT ATGGGTTCCA ATATGCAAGT CTTGTAAGTT GTTCAGAAGA GTTCATATGG
 421 GACAGTACAG ACAGCATTTT TGGCCCGATT TCTTGCCTCA GCAATGCAAG CCAGTCCCTG
 481 TACTTGGTAG CCCCTTATGC ATTTGTGTCA ATTCTCCCGT TATACTGCAA AGTGGTTTCG
 541 ACAGAGATCA TGATACCCTA CACTTCCAAT CAAGGCAGAA AGGATTATAA TGCAAGCGCA
 601 AGCACAGAGT TTAACGAAAG TGCAAAAAGA ATTACTACAT TCTCTGAGAT AACATTCACT
 661 TGGTCAGCTC CTAATATCAC TGATGTTTGC ATCGACTGTG AACGACAACA GCGGCTCTGT
 721 GGATTCAGTT CACAAAGGAG GACAGCATTC TGCAAACCTC ATGGTTCAAA ATCACCTGCC
 781 AAAGTTATCA TAGTGGCAGT ATCTGTACCC ACAATTGTAG TACTTACACT GGTGGTGGCC
 841 TCTGCACTCT ATCTGTCTCT TAAAACCAAG AATGACGATG AGATACAACT GAAGGTTGAA
 901 ATGTTTCTCA AGACATATGG CACATCTAAA CCGACAAGAT ACACATTCTC TGAAGTGAAG
 961 AGGATTACAA GACGGTTTAA ACATAAACTA GGCACAGGTG GATTTGGAAG TGTATATAAA
1021 GGTGAGCTGT CAAAAGGAGT ACCTGTTGCT GTAAAGATGC TTGAGAACTC AAAAGGAGAG
1081 GGGGAAGAGT TCATCAATGA AGTAGCAACC ATAGGGAGAA TCCATCATGT CAATGTTGTC
1141 CGCCTCTTGG GATTTTGCTC CGAAGGAACA AGGCATGCTC TTATTTATGA ATTCATGCCT
1201 AATAATTCAC TGGAGAAATA TATATTCTCA CGTGATTATA TTAGTTCTCA AGAAGTCCTA
1261 GTTCCTGACA AGATGCTCAA AATAGCATTA GGAATAGCCC AAGGAATTGA GTACTTACAT
1321 CAAGGGTGCA GCCAGCGCAT CCTCCACTTT GATATCAAGC CTCACAACAT TTTGCTAGAC
1381 CACAGCTTCA GCCCAAAGAT TTCGGACTTT GGCCTTGCAA AGCTCTGCGC AAGGGATCAA
1441 AGCATTGTCA CATTGACTGC AGCAAGAGGC ACAATGGGTT ACATTGCACC GGAACTATAT
1501 TCTAGGAACT TTGGCGCGGT ATCTTACAAG TCAGATGTTT TCAGTTTTGG CATGCTAGTG
1561 TTGGAAATGT TGAGCGGAAA GAGGAACTCA GATCCAAGTA TCAACAGCCA AAATGAGGTT
1621 TTTGTTCCAG AGTGGATATA TGAGACAATA GTCAGTGCGC AAGAGTCAGA ATTTGCCAAG
1681 GATATGACAC AGGAAGAGAA AGAAAAGTTG AGAAAGCTGG CCATTGTGGC GCTATGGTGT
1741 GTTCAGTGGA ACCCAGCAAA CCGGCCCTCC ATGAGAAAAG TGGTGAATAT GTTAACAGGA
1801 AGCTTGCAAA ATCTGAAGAA TCCCCCTAGG CCATTCGTCT CATCTCTAAG CTAA
```

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	PJ008098
부처명	농촌진흥청
연구사업명	차세대바이오그린21 GM 작물 실용화 사업단
연구과제명	벼 저항성관련 non-RD kinase 발굴 및 활용: nRDA41과 nRDK08
주관기관	경희대학교
연구기간	2011.05.01 ~ 2014.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

PSK08 아미노산 서열로 이루어진, 식물의 병 저항성 또는 생장에 관련된 벼 유래의 PSK08 단백질.

청구항 2

PSK08 단백질을 코딩하는 유전자.

청구항 3

제2항의 유전자를 포함하는 재조합 벡터.

청구항 4

PSK08 유전자를 이용하여 형질전환되어 흰잎마름병에 저항성을 가지는 식물체

청구항 5

4항에 따른 식물체의 종자

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 식물의 저항성 유전자 PSK08에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 벼의 흰잎마름병 저항성에 관련된 벼 유래의 PSK08 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 유전자의 동정과, 상기 유전자를 포함하는 재조합 벡터를 식물체에 형질전환하여 PSK08 유전자를 침묵시켜 벼의 흰잎마름병 발생을 억제하는 벼 및 이의 종자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 세계 인구는 69.1억 명이며 30년 후에는 80억으로 추정한다. 반면 최근 들어 식량생산은 오히려 감소하며 10억 이상이 기아상태이다. 쌀 소비량이 감소하고 쌀 수입 물량이 증가하여 쌀이 남는 해가 있으나, 북한 인구를 감안하면 한반도에서 생산하는 쌀은 매우 부족하다. 수년전에 비해 국제 곡물가격이 많이 올라 있으며 최근 들어 에너지 파동, 이상 기후 현상, 국제 정세 불안 등으로 쌀 및 곡물 가격이 다시 가파른 오름세이다. 더욱이 러시아 등 일부 국가에서는 식량수출을 금지하였으며, 최근 일본에서 발생한 원자력발전소 폭발 사건으로 핵에너지 의존도를 줄이고 대체에너지를 물색하는 연구가 활발하게 될 것이라는 시대적 흐름, 국제 석유 가격 상승에 따른 바이오에너지 개발 필요성이 더욱 부각되어 식량 가격 상승을 더욱 가속화 시킬 것이다. 따라서 국가 안보차원 및 비상사태 대비 등으로 국가의 식량 자급자족율을 높여야 한다. 식량을 특히 주요 작물인 쌀 증산을 위해서는 다양한 유용형질을 지속적으로 개발하여 작물개발에 활용하여야 한다. 이러한 유용 유전형질의 개발 중 그 생산량에 심각한 타격을 주는 주요 병균에 대한 저항성 유전자의 발굴과 활용은 매우 중요하다.

[0003] 흰잎마름병은 과거 우리나라를 비롯한 동남아를 중심으로 심각한 경우 그 생산량의 60%를 감소시킬 정도의 파괴력을 가진 병이다. 그 출현 빈도와 심각성은 80년대 이후 잠시 줄어드는 듯 했으나 아직도 곳곳에서 출현을 보이고 있으며 현재 전라남도를 중심으로 우리 쌀 경작을 방해하는 주요소 중에 하나이다.

[0004] 지금까지는 이러한 식물 병들을 방제하기 위해 농약을 이용한 화학적 방제법이 주로 사용되어져 왔다. 하지만 그 독성으로 인하여 병원체뿐만 아니라 주변 다른 생물에게도 해를 끼쳐 자연 생태계의 파괴를 일으키는 폐해를 가져왔다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 식물이 처해 있는 환경 및 생태조건을 고려하여 물리적/생물학적 방제수단을 적절히 혼용하여 농약의 사용을 줄이는 방향으로 식물병 방제법이 바뀌어 왔으며, 이와 더불어 앞으로는 분자생물학적 방법 및 육종법 등을 이용하여 병에 대해 저항성을 가지고 있는 품종의 도입 및 개량 등을 통해 병 발생 자체를 억제하는 방법을 찾는 것이 좋다고 할 수 있다.

[0005] 일단 식물이 병원균에 의해 감염되면, 기주식물은 여러 가지 세포내 대사 시스템을 작동시켜 방어기작을 시작하는데, 이러한 방어기작에 의해 병원균 감염 초기에 기주식물과 식물병원균간의 반응이 친화적 반응(병이

일어남, 감수성)과 불친화적 반응(병이 나지 않음, 저항성)으로 나뉘어 결정되고, 이에 따라 병의 진전을 제한시킬 수 있는지의 여부가 결정되는 것이다.

[0006] 불친화적 반응에서, 감염된 식물은 자체의 인식작용에 의해 병원균의 침입을 인지하고, 이에 대하여 감염부위의 세포에 국부적 세포 죽음과 같은 과민성 반응(hypersensitive reaction), 켈러스(callose)의 축적, 리그닌(lignin)화에 의한 세포벽의 후벽화 같은 반응을 나타내며, 파이토알렉신(phytoalexin) 등 여러 종류의 항균성 물질을 생성하고, 소위 병원성 관련 단백질[pathogenesis related (PR) protein]이라 불려지는 방어 단백질을 생성하는 것으로 알려져 있다. 그리고 이러한 방어반응은 식물세포의 여러 기관에서 서로 다른 정교하고 복잡한 경로에 의해 이루어진다.

[0007] 또한 현재까지 알려진 식물의 저항성은 병균 관련 분자 패턴을 세포 밖에서 인지하는 수용체와 식물 세포내로 분비되어지는 병균 인자를 인지하는 수용체에 의한 것으로 알려져 있으며 식물체가 보유한 이들 저항성 유전자의 발굴과 활용은 화학적 합성 방제제와 비교 할 수 없는 안전성과 예방 효과를 가지고 있어 더 많은 연구가 필요하며 이러한 저항성 유전자의 확보는 향후 국가 쌀 생산량의 증대를 넘어 국제 경쟁력을 갖추는데 크게 공헌할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 벼 유전자가 보유한 잠재적 저항성 유전를 발굴하고 활성화시킴으로써 벼 흰잎마름병에 대한 저항성을 부여하는 소재를 제공하게 되었다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 벼의 흰잎마름병 저항성에 관련된 벼 유래의 PSK08 단백질을 코딩하는 유전자를 제공한다.

[0010] 또한, 본 발명은 상기 재조합 벡터로 형질전환된 벼와 그 종자를 제공한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 따르면, 본 발명의 벼(동진벼) 유래 PSK08 벼 세포밖으로 분비되는 serine/threonine 인산화 효소를 코딩하는 유전자로서, 이 유전자를 agrobacterium 매개 형질전환을 위한 벡터(T-DNA 삽입체를 가진)를 이용하여 벼에 감염시켜 벡터가 보유한 T-DAN의 삽입으로 그 유전자의 발현을 침묵시킴으로써, 유전자가 벼에 흰잎마름병 저항성을 부여한다는 사실을 알 수 있다. 따라서, 본 발명을 통해 흰잎마름병 저항성이 강한 벼 식물체를 얻음으로써, 병해에 강한 벼의 활용을 통해 수확량 증대 등에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1. PSK08 유전자와 발현활성을 위해 삽입된 전사증진체의 모식도

도 2a. nRDK41 유전자의 게놈 시퀀스

도 2b. nRDK41 유전자의 cDNA 시퀀스

도 3. 동진벼와 형질전환벼의 흰잎마름병 저항성 실험결과

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 발명은 상기 PSK08 단백질을 코딩하는 유전자(Loc_Os01g02290)를 제공한다. 본 발명의 유전자는 PSK08 단백질을 코딩하는 게놈 DNA와 cDNA를 모두 포함한다.

[0014] 상기 염기 서열의 변이체가 본 발명의 범위 내에 포함된다. 70% 이상, 더욱 바람직하게는 80% 이상, 더 더욱 바람직하게는 90% 이상, 가장 바람직하게는 95% 이상의 서열 상동성을 가지는 염기 서열을 포함할 수 있으며 삭제(즉, 갭)를 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명은 또한, 벡터의 삽입으로 인한 PSK08 유전자의 활성으로 형질전환되어, 흰잎마름병에 저항성을 가지는 식물체 및 이의 종자를 제공한다.

[0016] 상기 식물체는 애기장대, 감자, 가지, 담배, 고추, 토마토, 우엉, 쑥갓, 상추, 도라지, 시금치, 근대, 고구마, 샐러리, 당근, 미나리, 파슬리, 배추, 양배추, 갓무, 수박, 참외, 오이, 호박, 박, 딸기, 대두, 녹두, 강낭콩, 완두 등의 쌍자엽 식물 또는 보리, 밀, 호밀, 옥수수, 사탕수 수, 귀리, 양파 등의 단자엽 식물일 수 있으며, 바람직하게는 단자엽 식물이며, 더욱 바람직하게는 경작용 모든 벼 품종이다.

[0017] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 상세히 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0018] 실시예 1. 벼 유전체에서 전사 활성인자의 삽입 위치와 유전자 구조

[0019] 벡터가 함유한 T-DNA가 PSK08 유전자의 3 '쪽에 삽입되어 정상적인 전자구조를 이루지 못함으로써 유전자의 발현이 침묵되어 진다.

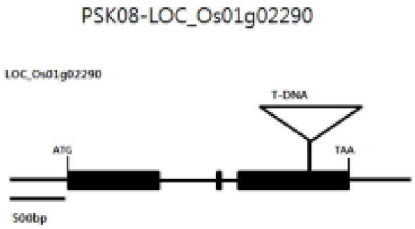
[0020] 실시예 2. PSK08 유전자의 발현이 활성화된 형질전환체의 흰잎마름병 저항성 실험을 위해 형질전환 벼를 발아시켜 1주 후 흙으로 옮겼다. 그리고 벼를 온실(27℃~30℃)에서 5주간 배양하여 사용 하였다. 그 후 접종실(day/night:14/10,28℃,습도:80%)로 옮겨 하루 적응기간을 둔 뒤 접종을 실시하였다. 벼의 흰잎마름 병을 유발하는 균주인 Xanthomonas oryzae pv. oryzae (필리핀 레이스 99)를 사용하였고 균의 배양은 ceparexin 항생제가 들어간 Peptone succrose agar plate에 도말하여 28℃ incubator에서 3일 키운 Xoo를 물 10ml이 들어있는 14ml conical tube에 넣고 혼탁액을 만들었으며 접종방법은 병균 혼탄액에 가위를 담궈 병균을 묻히고 잎의 상단부에서 2~3cm 정도를 잘라서 접종하였다. 2주후 잎의 병증유무를 확인하기 위해 Xoo의 병증인 잎의 마름정도를 길이로 재어 확인하였다.

부호의 설명

[0021] 해당내용이 없습니다.

도면

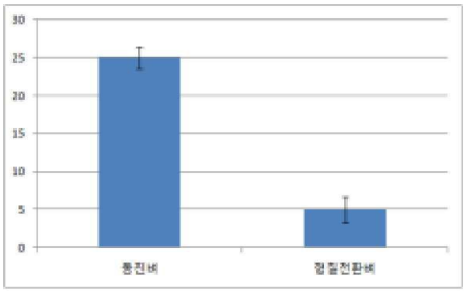
도면1



도면2a

```
   1 GTACTTCCAG CCTCACCTTC AATCGACACA GAAGATGCAC AGATTTCTAG TGACTGCTCT
  61 ACTCTTCTCT CTTCTCAACT ATGGAGCCGT CATGGCCACA GAATCGGACG AGGCAGATTT
 121 CTTCCGAAAC TGTCCGCCAT CCCGATGCAG CAGTGATGGA CCAGACATCA AGTTTCCCTT
 181 CCGGCTTGAA TCCAGCTCTT CATCTTGTGG TGCTCCAGGA ATGCAGTTAT CATGTTCTGG
 241 GCAAGATACT CTCCTACTGC ACCATGTTCT TGGCCTATCG AAGGTAACTG GAATAGACTA
 301 TATATATGGT GTCATCAACA TCGTCCCTCT TGCAGAGTCA TGGTCACAGT GCGCACTTCA
 361 GAAGATAATT TCTGCAAATT ATTCAACCAG TGTGTACAAA CAATATGGGT TCCAATATGC
 421 AAGTCTTGTA AGTTGTTCAG AAGAGTTCAT ATGGGACAGT ACAGACAGCA TTTTTGGCCC
 481 GATTTCTTGC CTCAGCAATG CAAGCCAGTC CCTGTACTTG GTAGCCCCTT ATGCATTTGT
 541 GTCAATTCTC CCGTTATACT GCAAAGTGGT TTCGACAGAG ATCATGATAC CCTACACTTC
 601 CAATCAAGGC AGAAAGGATT ATAATGCAAG CGCAAGCACA GAGTTTAACG AAAGTGCAAA
 661 AAGAATTACT ACATTCTCTG AGATAACATT CACTTGGTCA GCTCCTAATA TCACTGATGT
 721 TTGCATCGAC TGTGAACGAC AACAGCGGCT CTGTGGATTC AGTTCACAAA GGAGGACAGC
 781 ATTCTGCAAA CCTCATGGTA TCAATTTTCT GAGGAAAAAC ATGATATACT CATTATTGAT
 841 TTCTATGATC TGCAGATTTA ACTATTTGGT ATGAAAAATC TAAATGATTT GAAATAAAAG
 901 CACAACCTTT ACTTCCATTT ATTACTTATT TTCTTCTTGT TTCCTAGTAC TTTAGAATTT
 961 GATCTCACAT ACTTTTTAAT TCTTGTCATG GGATATATTC TCTGTCATGT AGTTCTAGCC
1021 GAACACTTGA TCAACACATT TGTGGGCCTA GAAAGTCATA ATCCTGCGAA TTGTCTTGAC
1081 AACTGTATGC CTCTTATGAG TTATGTGCAG CTACAAGTGC AAGCTTAATA TGTTTTACTG
1141 TACCCTGGCC TTTTTTTACT GTTCTGACTA ATATGGAGCA ACATATTCCA TATGTTTGTG
1201 TATCTGAGTA TAGGGTGGAT CTAATTCTTT ACTTTTCTAT CTGCAGGTTC AAAATCACCT
1261 GCCAAAGTTA TCATAGGTAA CAGTTCATCT TAAGCTCATT CTTTTGTAAT TTTAATTCCT
1321 TGTTTCTCCA AGGATAAATA AGGATAGTTG GTACTTTTTA TAAATGTTCA AAACAACTAT
1381 ACAAGTTGCT AACTTCCTTC ATTATGATTT ACCAGTGGCA GTATCTGTAC CCACAATTGT
1441 AGTACTTACA CTGGTGGTGG CCTCTGCACT CTATCTGTCT CTTAAAACCA AGAATGACGA
1501 TGAGATACAA CTGAAGGTTG AAATGTTTCT CAAGACATAT GGCACATCTA AACCGACAAG
1561 ATACACATTC TCTGAAGTGA AGAGGATTAC AAGACGGTTT AAACATAAAC TAGGCACAGG
1621 TGGATTTGGA AGTGTATATA AAGGTGAGCT GTCAAAAGGA GTACCTGTTG CTGTAAAGAT
1681 GCTTGAGAAC TCAAAAGGAG AGGGGGAAGA GTTCATCAAT GAAGTAGCAA CCATAGGGAG
1741 AATCCATCAT GTCAATGTTG TCCGCCTCTT GGGATTTTGC TCCGAAGGAA CAAGGCATGC
1801 TCTTATTTAT GAATTCATGC CTAATAATTC ACTGGAGAAA TATATATTCT CACGTGATTA
1861 TATTAGTTCT CAAGAAGTCC TAGTTCCTGA CAAGATGCTC AAAATAGCAT TAGGAATAGC
1921 CCAAGGAATT GAGTACTTAC ATCAAGGGTG CAGCCAGCGC ATCCTCCACT TTGATATCAA
1981 GCCTCACAAC ATTTTGCTAG ACCACAGCTT CAGCCCAAAG ATTTCGGACT TTGGCCTTGC
2041 AAAGCTCTGC GCAAGGGATC AAAGCATTGT CACATTGACT GCAGCAAGAG GCACAATGGG
2101 TTACATTGCA CCGGAACTAT ATTCTAGGAA CTTTGGCGCG GTATCTTACA AGTCAGATGT
2161 TTTCAGTTTT GGCATGCTAG TGTTGGAAAT GTTGAGCGGA AAGAGGAACT CAGATCCAAG
2221 TATCAACAGC CAAAATGAGG TTTTTGTTCC AGAGTGGATA TATGAGACAA TAGTCAGTGC
2281 GCAAGAGTCA GAATTTGCCA AGGATATGAC ACAGGAAGAG AAAGAAAAGT TGAGAAAGCT
2341 GGCCATTGTG GCGCTATGGT GTGTTCAGTG GAACCCAGCA AACCGGCCCT CCATGAGAAA
2401 AGTGGTGAAT ATGTTAACAG GAAGCTTGCA AAATCTGAAG AATCCCCCTA GGCCATTCGT
2461 CTCATCTCTA AGCTAACCTA CACCAGAAAA TCTGGCGAGC TAAATGTATC AGCATGTTAC
2521 ATACAAGTTG AGCATGTCAT GATGTCCAGT CAGTTCTGAA AATTGCACTC TGAATGTAAT
2581 ATGTAGCTAG AACAATACTT CTATTTCCTA ATCGATTTGT GAATTGTAAG CATGCAAAAA
2641 TTGTTACTTC CTCCGTTTCA TATTATAAGA CTTTCTAGCA TTGTCCACA
```

도면2b

```
   1 ATGCACAGAT TTCTAGTGAC TGCTCTACTC TTCTCTCTTC TCAACTATGG AGCCGTCATG
  61 GCCACAGAAT CGGACGAGGC AGATTTCTTC CGAAACTGTC CGCCATCCCG ATGCAGCAGT
 121 GATGGACCAG ACATCAAGTT TCCCTTCCGG CTTGAATCCA GCTCTTCATC TTGTGGTGCT
 181 CCAGGAATGC AGTTATCATG TTCTGGGCAA GATACTCTCC TACTGCACCA TGTTCTTGGC
 241 CTATCGAAGG TAACTGGAAT AGACTATATA TATGGTGTCA TCAACATCGT CCCTCTTGCA
 301 GAGTCATGGT CACAGTGCGC ACTTCAGAAG ATAATTTCTG CAAATTATTC AACCAGTGTG
 361 TACAAACAAT ATGGGTTCCA ATATGCAAGT CTTGTAAGTT GTTCAGAAGA GTTCATATGG
 421 GACAGTACAG ACAGCATTTT TGGCCCGATT TCTTGCCTCA GCAATGCAAG CCAGTCCCTG
 481 TACTTGGTAG CCCCTTATGC ATTTGTGTCA ATTCTCCCGT TATACTGCAA AGTGGTTTCG
 541 ACAGAGATCA TGATACCCTA CACTTCCAAT CAAGGCAGAA AGGATTATAA TGCAAGCGCA
 601 AGCACAGAGT TTAACGAAAG TGCAAAAAGA ATTACTACAT TCTCTGAGAT AACATTCACT
 661 TGGTCAGCTC CTAATATCAC TGATGTTTGC ATCGACTGTG AACGACAACA GCGGCTCTGT
 721 GGATTCAGTT CACAAAGGAG GACAGCATTC TGCAAACCTC ATGGTTCAAA ATCACCTGCC
 781 AAAGTTATCA TAGTGGCAGT ATCTGTACCC ACAATTGTAG TACTTACACT GGTGGTGGCC
 841 TCTGCACTCT ATCTGTCTCT TAAAACCAAG AATGACGATG AGATACAACT GAAGGTTGAA
 901 ATGTTTCTCA AGACATATGG CACATCTAAA CCGACAAGAT ACACATTCTC TGAAGTGAAG
 961 AGGATTACAA GACGGTTTAA ACATAAACTA GGCACAGGTG GATTTGGAAG TGTATATAAA
1021 GGTGAGCTGT CAAAAGGAGT ACCTGTTGCT GTAAAGATGC TTGAGAACTC AAAAGGAGAG
1081 GGGGAAGAGT TCATCAATGA AGTAGCAACC ATAGGGAGAA TCCATCATGT CAATGTTGTC
1141 CGCCTCTTGG GATTTTGCTC CGAAGGAACA AGGCATGCTC TTATTTATGA ATTCATGCCT
1201 AATAATTCAC TGGAGAAATA TATATTCTCA CGTGATTATA TTAGTTCTCA AGAAGTCCTA
1261 GTTCCTGACA AGATGCTCAA AATAGCATTA GGAATAGCCC AAGGAATTGA GTACTTACAT
1321 CAAGGGTGCA GCCAGCGCAT CCTCCACTTT GATATCAAGC CTCACAACAT TTTGCTAGAC
1381 CACAGCTTCA GCCCAAAGAT TTCGGACTTT GGCCTTGCAA AGCTCTGCGC AAGGGATCAA
1441 AGCATTGTCA CATTGACTGC AGCAAGAGGC ACAATGGGTT ACATTGCACC GGAACTATAT
1501 TCTAGGAACT TTGGCGCGGT ATCTTACAAG TCAGATGTTT TCAGTTTTGG CATGCTAGTG
1561 TTGGAAATGT TGAGCGGAAA GAGGAACTCA GATCCAAGTA TCAACAGCCA AAATGAGGTT
1621 TTTGTTCCAG AGTGGATATA TGAGACAATA GTCAGTGCGC AAGAGTCAGA ATTTGCCAAG
1681 GATATGACAC AGGAAGAGAA AGAAAAGTTG AGAAAGCTGG CCATTGTGGC GCTATGGTGT
1741 GTTCAGTGGA ACCCAGCAAA CCGGCCCTCC ATGAGAAAAG TGGTGAATAT GTTAACAGGA
1801 AGCTTGCAAA ATCTGAAGAA TCCCCCTAGG CCATTCGTCT CATCTCTAAG CTAA
```

도면3