



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월03일

(11) 등록번호 10-1541033

(24) 등록일자 2015년07월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B07C 5/34 (2006.01) B07C 5/342 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B07C 5/3416 (2013.01)

B07C 5/3425 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0024427

(22) 출원일자 2015년02월17일

심사청구일자 2015년02월17일

(56) 선행기술조사문헌

KR101293759 B1\*

KR101324338 B1\*

KR101510038 B1

JP2007061696 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

조병관

대전광역시 유성구 학하로 33, 103동 701호(계산동, 학하리슈빌 학의뜰아파트)

김대용

대전광역시 유성구 농대로 21, 304호(궁동, 흥인빌라)

박주봉

충청남도 계룡시 금암로 155-11, 503호(금암동, 이지플러스)

(74) 대리인

이충한

전체 청구항 수 : 총 4 항

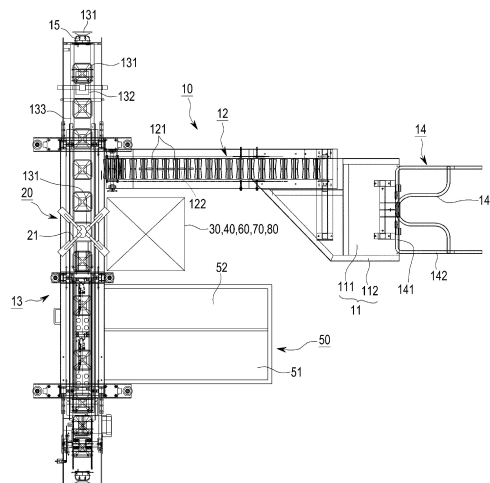
심사관 : 김주식

(54) 발명의 명칭 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치

(57) 요약

투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치에 관한 것으로, 씨감자를 하나씩 순차적으로 이송하는 이송부, 미리 설정된 측정위치로 이송된 씨감자를 광 투과방식으로 투과 스펙트럼을 측정하는 측정부, 상기 측정부에서 측정된 투과 스펙트럼을 분석하는 분석부, 상기 분석부에서 분석된 결과에 기초해서 씨감자의 병원균 감염 여부를 판별하는 판별부 및 상기 판별부의 판별 결과에 기초해서 감염 씨감자와 정상 씨감자를 선별하는 선별부를 포함하고, 상기 판별부는 분석된 투과 스펙트럼에서 미리 설정된 파장영역의 강도값과 정상 씨감자에서 측정된 투과 스펙트럼에 기초해서 미리 설정된 기준 강도값을 비교하여 감염 씨감자인지 여부를 판별하는 구성을 마련하여, 광 투과방식으로 측정된 씨감자의 투과 스펙트럼을 분석하고, 실험치에 의해 설정된 파장영역에서의 강도값을 이용하여 감염 씨감지와 정상 씨감지를 신속하고 정확하게 선별할 수 있다는 효과가 얻어진다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 113044-03-2-SB040

부처명 농림축산식품부

연구관리전문기관 농림수산물기술기획평가원

연구사업명 농림기술개발사업

연구과제명 이병종자 신속전수검역을 위한 복합 초분광 영상시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 충남대학교 산학협력단

연구기간 2014.12.04 ~ 2017.12.03

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

씨감자를 하나씩 순차적으로 이송하는 이송부(10), 이송된 씨감자를 광 투과방식으로 투과 스펙트럼을 측정하는 측정부(20), 상기 측정부에서 측정된 투과 스펙트럼을 분석하는 분석부(30), 상기 분석부에서 분석된 결과에 기초해서 씨감자의 병원균 감염 여부를 판별하는 판별부(40) 및 상기 판별부의 판별 결과에 기초해서 감염 씨감자와 정상 씨감자를 선별하는 선별부(50)를 포함하는 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치로서,

상기 이송부는 다수의 씨감자를 투입받는 호퍼(11), 상기 호퍼의 일측에 설치되고 씨감자를 하나씩 투입하도록 모터의 회전에 의해 이송되는 투입모듈(12) 및 상기 투입모듈에 의해 하나씩 투입되는 씨감자를 측정위치로 이송하는 이송모듈(13)을 포함하되,

상기 호퍼의 투입구에는 다수의 씨감자가 수용된 박스를 안착시켜 투입하도록 받침대의 일단부에 회전 가능하게 설치되는 회전바(141), 회전바(141)의 양단에 직각 방향으로 연결되는 한 쌍의 연결바(142) 및 한 쌍의 연결바(142) 사이에 마련되는 안착대(143)를 포함하는 회전부재(14)가 마련되고,

상기 투입모듈(12)은 투입롤러(121) 및 롤링부재(122)를 포함하되, 모터에 의해 이송되면서 상기 롤링부재에 의해 회전할 수 있도록, 상기 투입롤러는 테이퍼진 원통형 좌측롤러(121-1) 및 우측롤러(121-2)로 구성되어 단면적이 작은 부분이 서로 면접하게 형성되므로써, 그 면접하는 부분인 중앙부에 씨감자가 이송되는 이송홈(H)이 형성되고, 상기 롤링부재는 원통형 바로서, 상기 투입모듈의 중앙에 형성되어 이송홈(H)과 면접하도록 형성되고,

상기 이송모듈(13)은 투입롤러(121)로부터 이송받은 각 씨감자를 이송하는 이송부재(131), 이송부재(131)를 이동시키기 위한 구동력을 발생하는 이송모터(132) 및 이송모터(132)에서 발생한 구동력에 의해 회전운동하여 각 이송부재(131)를 이송하는 이송체인(133)을 포함하되, 상기 이송부재(131)에는 측정부(20)의 발광모듈(21)에서 조사되는 빛을 수광모듈(22)이 설치된 하방으로 투과시키기 위해 통공(134)이 형성되고, 상기 이송부재(131)의 하부에는 씨감자를 배출시키기 위해 이송부재(131)를 회전운동시키는 회전모듈(15)이 장착된 것을 특징으로 하는 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 감염 씨감자의 투과 스펙트럼은 700 nm 파장영역에서 정상 씨감자보다 낮은 피크점을 나타내고, 820 nm 파장영역에서 정상 씨감자보다 높은 피크점을 나타내며, 700 nm와 820 nm 파장영역의 스펙트럼 피크 변화를 정상 씨감자의 스펙트럼 피크 변화보다 작게 나타내는 것을 특징으로 하는 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 판별부(40)는 분석된 투과 스펙트럼에서 미리 설정된 파장영역의 강도값과 정상 씨감자에서 측정된 투과 스펙트럼에 기초해서 미리 설정된 기준 강도값을 비교하여 감염 씨감자인지 여부를 판별하는 것을 특징으로 하는 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 이송부(10)는 씨감자의 이동과정에서 진동을 발생해서 상기 이송부재(131)를 유동시켜 씨감자가 미리 설정

된 설정위치에 놓이게 하는 진동모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치.

## 청구항 5

삭제

## 청구항 6

삭제

## 청구항 7

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 감염 씨감자와 정상 씨감자 각각의 투과 스펙트럼을 분석해서 선별하는 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 감자(*Solanum tuberosum* L.)는 벼, 밀, 옥수수과 함께 세계 4대 식량작물에 속하며, 단위면적당 생산량이 높고 환경의 영향을 적게 받아 재배하기가 용이하다.

[0003] 감자재배 시 각종 병원균 감염에 의한 생산 수량 저하와 상품의 질적 저하를 막기 위해 무병 종서 씨감자를 이용한다.

[0004] 최근 기술의 발전으로 수경재배를 통해 우수한 무병 씨감자를 생산하고 있으나 전체 공급량의 약 40% 정도에 불과하고, 대부분이 토양에서 재배된 씨감자를 이용한다.

[0005] 따라서 씨감자는 재배, 수확, 저장, 파종 과정 중 토양에서 서식하는 병원균의 침입에 쉽게 노출될 수 있다. 특히, 지하부에서 뿌리나 줄기를 통해 침입하는 감염은 조기에 발견이 어렵고, 재배지 토양과 전체 작물을 감염시키는 심각한 문제를 일으킬 수 있다.

[0006] 씨감자에 침입한 각종 곰팡이, 세균 등은 저온저장 환경에서 잠복 상태를 유지하며, 온도와 습도가 높아진 씨감자 파종 환경에서 번식하게 된다.

[0007] 병원균에 감염된 씨감자는 상품성이 없고, 식용될 수 없는 감자를 생산하므로, 농가의 경제적 손실을 초래하게 된다.

[0008] 종래에는 감염된 씨감자를 선별하는 기술은 인력에 의존하여 표면을 육안으로 선별하는 방법을 사용하였으나, 최근에는 생산성에 영향을 주지 않고 비파괴적인 방법을 이용한 내부 및 외부 감염 씨감자를 선별할 수 있는 기술이 개발되고 있다.

[0009] 분광분석 기술은 비파괴적인 방법으로 신속, 정확하게 농산물의 내외부 품질을 측정할 수 있는 기술 중 하나이다.

[0010] 분광분석 방법에는 조사하는 광의 이용 형태에 따라 투과 및 반사 방식으로 구분되고, 측정된 분광속성과 대상물의 성분, 조직 등의 변화를 분석하므로 대상물의 내외부 정보를 분석하는데 많이 이용되고 있다.

[0011] 분광분석 기술로 획득한 투과 및 반사스펙트럼으로 농산물의 품질을 분석하는 방법에는 PCA(principal component analysis)와 PLS-DA(partial least square discriminant analysis) 등의 다변량 판별 분석 기법을 가장 많이 사용한다.

- [0012] 예를 들어, 하기의 특허문헌 1에는 근적외 분광분석법을 이용한 곡물 종실의 무게 측정방법 기술이 개시되어 있다.
- [0013] 그리고 본 출원인은 하기의 특허문헌 2에 광 반사방식을 이용한 감염 씨감자의 선별 방법 기술을 개시하여 출원해서 등록받은 바 있다.
- [0014] 특허문헌 2에는 감염 씨감자와 정상 씨감자 각각의 반사 스펙트럼을 측정하고, 측정된 반사 스펙트럼을 수학적인 전처리 기법을 적용하여 분석해서 씨감자의 감염 여부 판별 예측모델을 확립하며, 확립된 예측모델을 이용해서 씨감자의 감염 여부를 판별하는 구성이 개시되어 있다.
- [0015] 그러나 특허문헌 1은 곡물 종실의 무게를 측정하는 방법으로 감염 씨감자를 선별하는 기술에 적용하기 곤란한 문제점이 있었다.
- [0016] 그리고 특허문헌 2는 광 반사방식을 이용해서 측정된 감염 씨감자와 정상 씨감자의 반사 스펙트럼을 분석해서 씨감자의 감염 여부를 판단한다.
- [0017] 반사 스펙트럼은 씨감자의 일부분, 즉 주로 가장자리에서의 반사광을 주로 이용하게 됨에 따라, 투과광을 통해 얻어지는 스펙트럼에 비해 신뢰성이 낮은 문제점이 있었다.
- [0018] 따라서 광 투과방식으로 감염 씨감자를 선별하는 기술의 개발이 필요한 실정이다.
- [0019] 한편, 일반적으로 감염 씨감자 시편은 세균병을 절단면에 집중한 다음 일정기간 동안 저장하면서 주기적으로 스펙트럼을 획득하여 제작된다.
- [0020] 이와 같은 절단 부위의 병징을 확인하고, 스펙트럼을 획득하는 과정에서 외부 노출로 인하여 씨감자의 표면 및 절단 부위에는 급격한 노화가 발생한다.
- [0021] 여기서, 씨감자의 표면 및 절단 부위의 급격한 노화는 스펙트럼의 획득과 분석 결과에 영향을 미침에 따라, 정상 씨감자와 감염 씨감자의 선별 작업의 정확도를 저하시키는 문제점이 있었다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0022] (특허문헌 0001) 대한민국 특허 등록번호 제10-0934410호(2009년 12월 29일 공고)
- (특허문헌 0002) 대한민국 특허 공개번호 제10-2013-0121351호(2013년 11월 6일, 2013년 12월 23일 등록결정)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0023] 본 발명의 목적은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 광 투과방식을 이용하여 비파괴적으로 감염 씨감자를 선별하는 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치를 제공하는 것이다.
- [0024] 본 발명의 다른 목적은 정상 및 감염 씨감자 시편의 투과 스펙트럼을 이용해서 설정된 파장에서의 기준강도값과 측정강도값을 비교해서 감염 씨감자를 선별하는 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치를 제공하는 것이다.
- [0025] 본 발명의 또 다른 목적은 투입롤러의 이송홈에 얹혀져 있던 씨감자가 이송부재에 하나씩 안착될 수 있도록 투입롤러를 회전시켜 투입롤러의 이송홈에 하나씩 안착되도록 씨감자는 서로를 회전시키는 롤링부재(122)가 설치된 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0026] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치는 씨감자를 하나씩 순차적으로 이송하는 이송부(10), 이송된 씨감자를 광 투과방식으로 투과 스펙트럼을 측정하는 측정부(20), 상기 측정부에서 측정된 투과 스펙트럼을 분석하는 분석부(30), 상기 분석부에서 분석된 결과에 기초해서 씨감자의 병원균 감염 여부를 판별하는 판별부(40) 및 상기 판별부의 판별 결과에 기초해서 감염 씨감자

와 정상 씨감자를 선별하는 선별부(50)를 포함하는 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치로서, 상기 이송부는 다수의 씨감자를 투입받는 호퍼(11), 상기 호퍼의 일측에 설치되고 씨감자를 하나씩 투입하도록 모터의 회전에 의해 이송되는 투입모듈(12) 및 상기 투입모듈에 의해 하나씩 투입되는 씨감자를 측정위치로 이송하는 이송모듈(13)을 포함하되, 상기 호퍼의 투입구에는 다수의 씨감자가 수용된 박스를 안착시켜 투입하도록 받침대의 일단부에 회전 가능하게 설치되는 회전바(141), 회전바(141)의 양단에 직각 방향으로 연결되는 한 쌍의 연결바(142) 및 한 쌍의 연결바(142) 사이에 마련되는 안착대(143)를 포함하는 회전부재(14)가 마련되고, 상기 투입모듈(12)은 투입롤러(121) 및 롤링부재(122)를 포함하되, 모터에 의해 이송되면서 상기 롤링부재에 의해 회전할 수 있도록, 상기 투입롤러는 테이퍼진 원통형 좌측롤러(121-1) 및 우측롤러(121-2)로 구성되어 단면적이 작은 부분이 서로 면접하게 형성되므로써, 그 면접하는 부분인 중앙부에 씨감자가 이송되는 이송홈(H)이 형성되고, 상기 롤링부재는 원통형 바로서, 상기 투입모듈의 중앙에 형성되어 이송홈(H)과 면접하도록 형성되고, 상기 이송모듈(13)은 투입롤러(121)로부터 이송받은 각 씨감자를 이송하는 이송부재(131), 이송부재(131)를 이동시키기 위한 구동력을 발생시키는 이송모터(132) 및 이송모터(132)에서 발생한 구동력에 의해 회전운동하여 각 이송부재(131)를 이송하는 이송체인(133)을 포함하되, 상기 이송부재(131)에는 측정부(20)의 발광모듈(21)에서 조사되는 빛을 수광모듈(22)이 설치된 하방으로 투과시키기 위해 통공(134)이 형성되고, 상기 이송부재(131)의 하부에는 씨감자를 배출시키기 위해 이송부재(131)를 회전운동시키는 회전모듈(15)이 장착된 것을 특징으로 한다.

[0027] 상기 감염 씨감자의 투과 스펙트럼은 700 nm 파장영역에서 정상 씨감자보다 낮은 피크점을 나타내고, 820 nm 파장영역에서 정상 씨감자보다 높은 피크점을 나타내며, 700 nm와 820 nm 파장영역의 스펙트럼 피크 변화를 정상 씨감자의 스펙트럼 피크 변화보다 작게 나타내는 것을 특징으로 한다.

[0028] 상기 판별부(40)는 분석된 투과 스펙트럼에서 미리 설정된 파장영역의 강도값과 정상 씨감자에서 측정된 투과 스펙트럼에 기초해서 미리 설정된 기준 강도값을 비교하여 감염 씨감자인지 여부를 판별하는 것을 특징으로 한다.

[0029] 상기 이송부(10)는 씨감자의 이동과정에서 진동을 발생해서 상기 이송부재(131)를 유동시켜 씨감자가 미리 설정된 설정위치에 놓이게 하는 진동모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0030] 상기 측정부는 상기 이송부재에 안착된 씨감자에 빛을 조사하는 발광모듈, 씨감자를 투과한 빛을 수광하는 수광모듈 및 상기 이송부재가 미리 설정된 측정위치로 이동되는지 여부를 감지하는 감지모듈을 포함하고, 상기 발광모듈은 빛을 조사하는 광원과 광원에서 조사된 빛의 조사 방향을 씨감자를 향하게 하는 발광 광섬유를 포함하며, 상기 발광 광섬유는 불규칙한 곡면으로 형성되는 씨감자의 표면에 고르게 빛을 조사하도록 미리 설정된 각도로 복수개가 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0031] 상기 이송부는 씨감자의 이동과정에서 진동을 발생해서 상기 이송부재를 유동시켜 씨감자가 미리 설정된 설정위치에 놓이게 하는 진동모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0032] 또한 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 감염 씨감자 선별방법은 (a) 씨감자를 측정부가 설치된 측정위치로 이송하는 단계, (b) 상기 (a)단계에서 측정위치로 이송된 씨감자에 빛을 조사해서 광 투과방식으로 투과 스펙트럼을 측정하는 단계, (c) 상기 (b)단계에서 측정된 투과 스펙트럼을 분석해서 미리 설정된 파장영역의 강도값과 정상 씨감자에서 측정된 투과 스펙트럼에 기초해서 미리 설정된 기준강도값을 비교하여 감염 씨감자인지 여부를 판별하는 단계 및 (d) 상기 (c)단계의 판별결과에 기초해서 감염 씨감자와 정상 씨감자를 선별하는 단계를 포함하는 것을 한다.

[0033] 상기 (c)단계는 (c1) 상기 투과 스펙트럼의 이동평균을 이용한 평활화 전처리 기법을 적용한 후, 부분 최소자승 판별분석법을 이용하여 분석하는 단계와 (c2) 분석된 투과 스펙트럼의 700 nm와 820 nm 파장영역의 강도값과 상기 기준강도값을 비교하여 감염 씨감자인지 여부를 판별하는 단계를 포함하고, 상기 감염 씨감자의 투과 스펙트럼은 700 nm 파장영역에서 정상 씨감자보다 낮은 피크점을 나타내고, 820 nm 파장영역에서 정상 씨감자보다 높은 피크점을 나타내며, 700 nm와 820 nm 파장영역의 스펙트럼 피크 변화를 정상 씨감자의 스펙트럼 피크 변화보다 작게 나타내는 것을 특징으로 한다.

[0034] 상기 (a)단계는 이송부재에 안착된 상태로 이송되는 씨감자가 정위치에 놓이도록 진동모듈을 구동해서 진동을 발생시키는 것을 특징으로 한다.

[0035] 상기 (b)단계는 분광분석장치에 입력된 설정값에 따라 씨감자의 투과 스펙트럼을 획득하는 노출 시간, 스캔 번호, 이동 평균을 조절하여 최적화된 투과 스펙트럼을 획득하는 것을 특징으로 한다.

[0036] 상기 감염 씨감자는 펙토박테리움 아트로셉티쿰(Pectobacterium atrosepticum), 클라비박터 미치가넨시스 아종

세페도니쿠스(*Clavibacteri michiganensis* subsp. *sepedonicus*), 버티실리움 알보아트룸(*Verticillium albo-atrum*) 및 라이족토니아 솔라니(*Rhizoctonia solani*)로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 식물병원균에 감염되는 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

- [0037] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치에 의하면, 광 투과방식으로 측정된 씨감자의 투과 스펙트럼을 분석하고, 실험치에 의해 설정된 파장영역에서의 강도값을 이용해서 감염 씨감자와 정상 씨감자를 신속하고 정확하게 선별할 수 있다는 효과가 얻어진다.
- [0038] 즉, 본 발명에 따르면, 육안으로 관측이 불가능한 감염 씨감자의 내부 병징을 비파괴 방법으로 검출이 가능하여 씨감자 저장효율 향상 및 교차 감염 위험성 최소화할 수 있다는 효과가 얻어진다.
- [0039] 그리고 본 발명에 따르면, 병원균 종류별로 신속한 진단이 가능하므로, 병해 발생상황에서 즉각적인 맞춤형 방제가 가능하고, 신속 정확한 병원균 검사기술 개발로 감염확산을 경감시킬 수 있으며, 씨감자 전체 생산비용을 절감할 수 있다는 효과가 얻어진다.
- [0040] 또, 본 발명에 따르면, 생산, 저장, 유통 중의 씨감자 감염 병원균의 비파괴 신속 진단으로 고질적 병해의 광범위한 감염피해를 최소화할 수 있으며, 양질의 씨감자를 안정적으로 공급할 수 있어 재배 농가의 소득 증대에 기여할 수 있다는 효과가 얻어진다.
- [0041] 또한, 본 발명에 의하면, 병원균의 신속 진단을 통한 전문가 의존 및 고가장비 대체 효과를 기대할 수 있으며, 기존 진단에 소요되었던 검사비용, 노동력 및 시간을 절감하고, 감염 씨감자의 제거 및 맞춤형 방제로 재배기간 동안에 필요한 농약 등을 절감하여 친환경 농업을 가능하게 하는 효과를 얻어진다.

### 도면의 간단한 설명

- [0042] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치의 블록 구성도,  
 도 2는 도 1에 도시된 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치의 구성도,  
 도 3은 투입모듈의 입체도  
 도 4은 이송모듈에 마련되는 이송부재의 확대도,  
 도 5는 측정부의 측면도,  
 도 6는 정상 및 감염 씨감자의 평균 스펙트럼을 분석한 결과를 예시한 도면,  
 도 7은 투과 스펙트럼을 이용해서 감염 씨감자를 판별하는 동작상태를 표시하는 표시부 화면의 예시도,  
 도 8은 정상 씨감자와 궤도박테리움 아트르셉티컴에 감염된 씨감자를 7일간 관찰한 결과를 보인 도면,  
 도 9은 가장 우수한 모델로 개발된 결과 그래프,  
 도 11는 이동 평균을 이용한 평활화 전처리의 예측결과 그래프,  
 도 12은 표 1의 이동 평균을 이용한 평활화 전처리의 우수한 모델의  $\beta$ -coefficient 그래프,  
 도 13은 정상 및 감염 씨감자를 분석한 결과 그래프,  
 도 14는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 감염 씨감자 선별방법을 단계별로 설명하는 흐름도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0043] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0044] 본 발명은 정상 씨감자와 감염 씨감자 시편을 제작해서 광 투과방식으로 투과 스펙트럼을 측정하고, 측정된 투과 스펙트럼을 분석하여 감염 여부를 판별할 수 있는 파장영역 및 강도(intensity)값을 획득한다.
- [0045] 이에 따라, 본 발명은 씨감자의 투과 스펙트럼에서 획득된 파장영역의 강도값을 이용해서 감염 씨감자인지 여부

를 신속하게 판별할 수 있다.

- [0046] 본 명세서에서 '감염'은 식물병원균에 감염되는 것을 의미하고, 상기 식물병원균은 껍토박테리움 아트로셉티쿰(*Pectobacterium atrosepticum*), 클라비박터 미치가넨시스 아종 세페도니쿠스(*Clavibacteri michiganensis* subsp. *sepedonicus*), 버티실리움 알보아트룸(*Verticillium albo-atrum*) 및 라이족토니아 솔라니(*Rhizoctonia solani*)로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 균일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0047] 상기 껍토박테리움 아트로셉티쿰 및 클라비박터 미치가넨시스 아종 세페도니쿠스는 각각 감자무름병 및 감자둘레썩음병을 유발시키는 병원성 세균이고, 버티실리움 알보아트룸 및 라이족토니아 솔라니는 각각 반쪽시들음병 및 검은무늬썩음병을 유발하는 곰팡이 균이다.
- [0048] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치의 블록 구성도이고, 도 2는 도 1에 도시된 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치의 구성도이다.
- [0049] 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치는 도 1에 도시된 바와 같이, 씨감자(P)를 하나씩 순차적으로 이송하는 이송부(10), 미리 설정된 측정위치로 이송된 씨감자를 광 투과방식으로 투과 스펙트럼을 측정하는 측정부(20), 측정부(20)에서 측정된 투과 스펙트럼을 분석하는 분석부(30), 분석부(30)에서 분석된 결과에 기초해서 씨감자의 병원균 감염 여부를 판별하는 판별부(40) 및 판별부(40)의 판별 결과에 기초해서 감염 씨감자와 정상 씨감자를 선별하는 선별부(50)를 포함한다.
- [0050] 이와 함께, 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치는 씨감자를 하나씩 순차적으로 이송해서 투과 스펙트럼을 측정하고, 측정된 투과 스펙트럼의 분석 결과에 따라 감염 씨감자와 정상 씨감자를 선별하도록 각 장치의 구동을 제어하는 제어부(60) 및 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치를 구동하는 구동 프로그램을 저장하는 저장부(70)를 더 포함할 수 있다.
- [0051] 이송부(10)는 도 2에 도시된 바와 같이, 투입되는 다수의 씨감자를 하나씩 측정부(20) 측으로 이송하는 기능을 한다.
- [0052] 이를 위해, 이송부(10)는 다수의 씨감자를 투입받는 호퍼(11), 호퍼(11)의 일측에 설치되고 씨감자를 하나씩 투입하는 투입모듈(12) 및 투입모듈(12)에 의해 하나씩 투입되는 씨감자를 측정위치로 이송하는 이송모듈(13)을 포함할 수 있다.
- [0053] 호퍼(11)는 받침대의 상부에 설치되는 이동관(111)과 이동관(111)의 외곽을 따라 설치되는 안내 가이드(112)를 포함할 수 있다.
- [0054] 이동관(111)은 이송모듈(13) 측으로 가면서 폭이 좁아지도록 테이퍼지게 형성될 수 있다.
- [0055] 한편, 호퍼(11)의 투입구에는 받침대의 일단부에 힌지 회전 가능하게 회전부재(14)가 마련될 수 있다.
- [0056] 회전부재(14)는 받침대의 일단부에 회전 가능하게 설치되는 회전바(141), 회전바(141)의 양단에 직각 방향으로 연결되는 한 쌍의 연결바(142) 및 한 쌍의 연결바(142) 사이에 마련되는 안착대(143)를 포함할 수 있다.
- [0057] 안착대(143)는 씨감자를 수용한 박스나 바구니를 안착시키는 기능을 한다.
- [0058] 이를 위해, 안착대(143)는 회전부재(14)가 작업대 일측에 위치하는 경우, 수평 상태를 유지하도록 지면과 나란하게 배치될 수 있다.
- [0059] 투입모듈(12)은 호퍼(11)의 이동관(111)이 경사지게 설치됨에 따라, 이동관(111)의 하단부 측으로 이동되는 씨감자를 하나씩 이송해서 이송모듈(13)의 이송부재(131)에 안착시키는 기능을 한다.
- [0060] 이를 위해, 투입모듈(12)은, 도 3을 참조하면, 이동관(111) 일측에 서로 나란하게 설치되는 다수의 투입롤러(121) 및 롤링부재(122)를 포함한다.
- [0061] 각 투입롤러(121)는 테이퍼진 원통형으로서, 좌측롤러(121-1) 및 우측롤러(121-2)로 구성되어 단면적이 작은 부분이 서로 면접하게 형성되므로써, 그 면접하는 부분인 중앙부에 씨감자가 이송되는 이송홈(H)이 형성된다.
- [0062] 그리고 투입롤러(121)는 씨감자를 하나씩 이송시키기 위해 미리 설정된 간격으로 이격 설치되어, 씨감자를 이송모듈(13) 측으로 이송시킬 수 있다.
- [0063] 이를 위하여 상기 좌측롤러(121-1) 및 우측롤러(121-2)에는 베어링(B)이 형성되고 이를 관통하는 회전축(S)이 엔드리스체인(도면 미도시)에 연결되고 상기 엔드리스체인은 구동력을 발생하는 모터에 의해 회전하면서 상기

롤러를 이송시킨다.

- [0064] 또한, 상기 롤러는 호퍼측에서 이송모듈 측으로 이동하면서 이송홈에 얹혀진 씨감자를 이송하게 되는데, 이때 씨감자가 이송부재(131)에 하나씩 공급될 수 있도록 상기 이송홈에 씨감자가 하나만 안착되게 하는 롤링부재(122)를 형성한다.
- [0065] 상기 롤링부재(122)는 투입모듈(12)의 중앙에 형성되어 이송홈 저부와 면접하도록 형성된 원통형 바로서, 상기 투입롤러(121)가 이송되면서 고정설치된 롤링부재에 의해 상기 베어링을 매개로 회전하게 되고, 투입롤러의 이송홈에 얹혀져 있던 씨감자 또한 회전하면서 겹겹히 쌓인 씨감자는 서로를 회전시키면서 이송홈에 하나씩 안착되게 되는 것이다.
- [0066] 여기서, 상기 롤링부재는 투입모듈(12) 전 구간에 걸쳐 설치할 수 도 있지만, 이송모듈 측 일부에만 설치할 수 도 있다.
- [0067] 또한, 상기 롤링부재는 투입롤러에 최적의 마찰력을 제공하도록 이송홈의 곡률반경과 대응되게 형성하고, 그 재질을 실리콘 등의 마찰력이 큰 재질을 선택하므로써 투입롤러(121)의 회전이 용이하도록 하는 바람직하다.
- [0068] 이송모듈(13)은 투입모듈(12)에 의해 하나씩 이송된 씨감자를 측정부(20) 및 선별부(50)로 이동시키는 기능을 한다. 이송모듈(13)은 각 씨감자를 이송하는 이송부재(131), 이송부재(131)를 이동시키기 위한 구동력을 발생시키는 이송모터(132) 및 이송모터(132)에서 발생한 구동력에 의해 회전운동하여 각 이송부재(131)를 이송하는 이송체인(133)을 포함할 수 있다.
- [0069] 예를 들어, 도 4는 이송모듈에 마련되는 이송부재의 확대도이다.
- [0070] 도 4에 도시된 바와 같이, 이송부재(131)는 씨감자가 안착될 수 있도록 컵이나 접시 형상으로 형성될 수 있다.
- [0071] 여기서, 이송부재(131)에는 측정부(20)의 발광모듈(21)에서 조사되는 빛을 수광모듈(22)이 설치된 하방으로 투과시키기 위해 통공(134)이 형성될 수 있다.
- [0072] 이송부재(131)의 하부에는 씨감자를 배출시키기 위해 이송부재(131)를 회전운동시키는 회전모듈(15)이 장착될 수 있다.
- [0073] 회전모듈(15)은 제어부(60)의 제어신호에 따라 신축 동작하는 솔레노이드 밸브나 액추에이터를 포함할 수 있다.
- [0074] 이송부(130)의 하부에는 씨감자의 이동과정에서 진동을 발생하는 진동모듈이 설치될 수 있다.
- [0075] 상기 진동모듈은 씨감자의 이동과정에서 진동을 발생시켜 이송부재(131)를 유동시켜 씨감자가 미리 설정된 설정 위치에 놓이게 하는 기능을 한다.
- [0076] 다음, 도 5를 참조해서 측정부의 구성을 상세하게 설명한다.
- [0077] 도 5는 측정부의 측면도이다.
- [0078] 측정부(20)는 도 5에 도시된 바와 같이, 이송부재(131)에 안착된 씨감자에 빛을 조사하는 발광모듈(21), 씨감자를 투과한 빛을 수광하는 수광모듈(22) 및 이송부재(131)가 미리 설정된 측정위치로 이동되는지 여부를 감지하는 감지모듈(23)을 포함할 수 있다.
- [0079] 발광모듈(21)은 빛을 조사하는 광원과 광원에서 조사된 빛의 조사 방향을 씨감자를 향하게 하는 발광 광섬유(optic fiber)를 포함할 수 있다.
- [0080] 발광 광섬유는 불규칙한 곡면으로 형성되는 씨감자의 표면에 고르게 빛을 조사할 수 있도록 복수, 예컨대 4개로 마련될 수 있다.
- [0081] 각 발광 광섬유는 각각 90° 각도로 배치되고, 씨감자에 약 45° 각도로 빛을 조사하도록 설치될 수 있다.
- [0082] 수광모듈(22)은 발광모듈과 마찬가지로, 씨감자를 투과한 빛을 수광하는 수광 광섬유로 마련될 수 있다.
- [0083] 감지모듈(23)은 이송부재(131)가 측정 위치로 접근하는지 여부를 감지하는 근접센서를 포함할 수 있다.
- [0084] 분석부(30)는 수광모듈(22)에서 수광된 빛의 투과 스펙트럼의 이동 평균을 이용해서 정규화 전처리를 수행하고 부분최소 자승 판별분석법(partial least square discriminant analysis, 이하 'PLS-DA'라 함)을 이용해서 투

과 스펙트럼을 분석할 수 있다.

- [0085] 예를 들어, 도 6은 정상 및 감염 씨감자의 평균 스펙트럼을 분석한 결과를 예시한 도면이다.
- [0086] 도 6에 도시된 바와 같이, 정상 씨감자와 감염 씨감자에서 획득한 투과 스펙트럼은 600 ~ 950 nm 사이에서 주요한 변화들이 관찰되었다.
- [0087] 그리고 주요 특징적인 영역으로는 약 700 nm, 750 nm, 820 nm에서 뚜렷하였다.
- [0088] 즉, 투과 스펙트럼을 평균 스펙트럼으로 나타내고 분석해서 정상 씨감자와 감염 씨감자의 스펙트럼의 비교해 본 결과, 정상 씨감자에서는 약 700 nm 파장영역에서의 피크점(P1)은 감염 씨감자의 피크점(P2)이 높게 나타났다.
- [0089] 반면, 약 820 nm 파장영역에서는 정상 씨감자의 피크점(P3)이 감염 씨감자의 피크점(P4)보다 상대적으로 낮게 나타났다.
- [0090] 또한, 정상 씨감자는 약 700 nm, 820 nm 파장영역의 스펙트럼 피크 변화( $\Delta 1$ )가 크게 나타나는 반면, 감염 씨감자는 피크 변화( $\Delta 2$ )가 거의 없는 것으로 확인되었다.
- [0091] 이에 따라, 관별부(40)는 투과 스펙트럼의 약 700 nm, 750 nm, 820 nm 파장영역에서의 강도값을 이용해서 감염 씨감자를 관별할 수 있다.
- [0092] 선별부(50)는 이송부재(131)의 이송 방향을 따라 순차적으로 마련되는 정상 씨감자 수집모듈(51)과 감염 씨감자 수집모듈(52)을 포함할 수 있다.
- [0093] 정상 씨감자 수집모듈(51)과 감염 씨감자 수집 모듈(52)은 각각 관별부의 관별 결과에 따른 회전모듈(15)의 솔레노이드 밸브의 신장 동작시 이송부재(131)로부터 배출되는 씨감자를 임시 저장하는 저장소 기능을 한다.
- [0094] 제어부(60)는 분석부(30), 관별부(40), 메모리(70)와 함께 하나의 분광분석장치로 마련될 수 있다.
- [0095] 상기 분광분석장치는 획득된 투과 스펙트럼을 화면에 표시하고, 관리자의 조작명령에 따라 수행되는 동작상태를 표시하는 표시부(80)를 더 포함할 수 있다.
- [0096] 도 6은 투과 스펙트럼을 이용해서 감염 씨감자를 관별하는 동작상태를 표시하는 표시부 화면의 예시도이다.
- [0097] 구동 프로그램은 도 6에 도시된 바와 같이, 분광분석장치에 입력된 설정값에 따라 씨감자의 투과 스펙트럼을 획득하기 위하여 노출시간(integration time), 스캔 번호(scan number), 이동 평균(moving average)을 조절하여 최적의 투과 스펙트럼을 획득할 수 있다.
- [0098] 여기서, 획득된 투과 스펙트럼은 표시부(80)의 화면에 그래프로 표시될 수 있다.
- [0099] 또한, 제어부(60)는 이송부(10)의 회전모듈(15)에 마련된 솔레노이드 밸브와 통신이 가능하도록 표시부(80)의 화면 아래쪽에 검은색 6칸을 투과 스펙트럼을 획득한 순간부터 메모리에 할당하고, 씨감자가 알고리즘을 거쳐 감염 상태인지 여부를 판단한 다음, 회전모듈(15)에 마련된 제1 및 제2 솔레노이드 밸브 중 하나를 작동시키도록 제어신호를 발생한다.
- [0100] 이에 따라, 관리자는 표시부(80)의 화면에 표시된 투과 스펙트럼, 씨감자의 감염 여부 관별 결과 및 각 솔레노이드 밸브의 동작상태를 실시간으로 모니터링할 수 있다.
- [0101] 한편, 본 발명에 따른 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치 및 선별방법은 하기와 같은 연구과정을 통해 개발되었다.
- [0102] 상세하게 설명하면, 본 발명은 우선 세균을 배양하여 씨감자에 세균을 접종한 일정 배양 기간, 예컨대 7일 동안 병징의 진행 상황을 확인해서 최소 범위의 병징 발생을 확인한 후 적합한 병징 씨감자를 제작하고, 투과 스펙트럼을 획득하여 분석하였다.
- [0103] 여기서, 메뉴얼을 통해 확인된 병징은 가장 작은 범위의 병징을 나타내는 단계에서 감염 씨감자 시료로 사용하고자 제작하였다.
- [0104] 제작한 감염 씨감자 시료는 세균병 중에서 가장 활성이 좋고 자연상태와 거의 동일한 껍토박테리움 아트로셉티쿰을 선택하였다.

- [0105] 도 8은 정상 씨감자와 껍토박테리움 아트로셉티컴에 감염된 씨감자를 7일간 관찰한 결과를 보인 도면이다.
- [0106] 세균병의 최소 발병 농도는 이전 연구 결과에 의거하여 접종 후 12 ~ 24시간 내에 병징이 가장 빠르게 나타나는 4배 희석 배양액  $1 \times 10^8$  cfu/ml 농도를 접종하였다.
- [0107] 그리고 각각 20 uI, 50 uI씩 접종 하여 접종 후 시간에 따른 변화 및 접종량에 따른 병 발생 양상을 관찰하였다.
- [0108] 도 8에 도시된 바와 같이, 균주의 접종량을 달리하여 접종한 결과 20 uI를 접종하였을 때 병징이 중심부로부터 서서히 진행됨을 확인하였고, 50 uI를 접종한 경우 넓은 면적으로 퍼지는 것으로 확인되었다. 이는 접종량이 많아 배양액이 퍼지면서 넓은 면적으로부터 병징이 나타나는 것으로 확인되었다.
- [0109] 병징이 나타나는 시기 역시 접종한 후, 50 uI의 경우 1일차에 병징이 나타나는 것을 확인하였고, 20 uI의 경우 2일차부터 육안으로 확인되는 병징이 나타나는 것을 확인할 수 있었다.
- [0110] 따라서 본 발명에서는 총 80개의 정상 씨감자를 절단하여 20 uI를 접종하고 2일 저장 후 스펙트럼 획득에 이용하였다.
- [0111] 정상 씨감자와 감염 씨감자의 판별 가능성을 상기한 바와 같이 구성된 본 발명에 따른 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치를 이용해서 실험하였다.
- [0112] 그리고 본 발명은 정상 씨감자와 감염 씨감자로 획득한 스펙트럼의 모델 개발 및 검증을 위하여, 160개의 스펙트럼 데이터를 8:2의 비율로 나누어 모델 개발과 검증을 하였다.
- [0113] 즉, 총 128개의 데이터가 PLS-DA(partial least square discriminant analysis)의 모델 개발에 사용되었고, 32개의 데이터가 검증에 사용되었다.
- [0114] 우수한 모델의 평가 기준은 각 전처리에 의해 개발된 모델의 성능을 평가하였는데, 결정계수가 높고 SEC(Standard error of calibration) 및 SEP(standard error of prediction)가 작아야 하며 PC의 수 등을 고려한다.
- [0115] 본 발명에서는 첫째로 개발된 모델의 결정계수와 교차 타당화(cross validation)의 결정계수 차이가 적고, 둘째로 PC의 수가 낮으며, 마지막으로 SEC, SEP가 낮은 모델 순으로 고려하여 우수한 모델로 평가하였다.
- [0116] 표 1은 모델로 개발된 정상씨감자와 감염 씨감자의 PLS-DA 결과 테이블이다.

표 1

| Preprocessing            | PC no. | Calibration |       | Validation |       | Accuracy (%) |           |
|--------------------------|--------|-------------|-------|------------|-------|--------------|-----------|
|                          |        | $R_c^2$     | SEC   | $R_v^2$    | SEV   | Sound        | Infection |
| Raw                      | 10     | 0.989       | 0.053 | 0.938      | 0.125 | 100          | 100       |
| Moving average smoothing | 10     | 0.967       | 0.091 | 0.943      | 0.121 | 100          | 100       |
| Normalization            | Mean   | 10          | 0.958 | 0.103      | 0.913 | 0.149        | 100       |
|                          | Range  | 11          | 0.959 | 0.101      | 0.920 | 0.143        | 100       |
| MSC                      | 9      | 0.955       | 0.107 | 0.910      | 0.107 | 100          | 100       |

[0118]  $R_c^2$ : Coefficient of determination for calibration

[0119]  $R_v^2$ : Coefficient of determination for validation

[0120] SEC : Standard error of calibration

[0121] SEV : Standard error of validation

[0122] 표 1에 기재된 바와 같이, 정확도는 모두 100%였고, 결정계수는 모든 전처리에서 0.9 이상이 확인되었다.

[0123] 가장 높은 결정계수는 아무런 전처리를 하지 않은 모델에서 0.989로 높은 결정계수가 확인되었다.

- [0124] 한편, 도 9는 가장 우수한 모델로 개발된 결과 그래프이다.
- [0125] 도 9에 도시된 바와 같이, 우수 모델 선정 기준을 고려해 볼 때, 이동 평균을 이용한 평활화 전처리에서 가장 좋은 모델이 확인되었는데, 이때 개발된 모델(Calibration)의 결정계수는 0.967이며, SEC는 0.091이었다.
- [0126] 검증(validation)의 결정계수는 0.943이고, SEV는 0.121이다.
- [0127] 표 2는 전처리별 모델을 적용하여 확인된 결과 테이블이다.

표 2

| Preprocessing            |       | Prediction |       | Accuracy (%) |           |
|--------------------------|-------|------------|-------|--------------|-----------|
|                          |       | $R^2_p$    | SEP   | Sound        | Infection |
| Raw                      |       | 0.948      | 0.111 | 100          | 100       |
| Moving average smoothing |       | 0.950      | 0.109 | 100          | 100       |
| Normalization            | Mean  | 0.907      | 0.151 | 100          | 100       |
|                          | Range | 0.915      | 0.148 | 100          | 100       |
| MSC                      |       | 0.901      | 0.158 | 100          | 100       |

[0129]  $R^2_p$ : Coefficient of determination of prediction

[0130] SEP : Standard error of prediction

[0131] 표 2에 기재된 바와 같이, 이동 평균을 이용한 평활화 전처리에서 0.950의 결정계수와 0.109의 SEP가 확인되었으며, 이때 정확도는 정상 및 감염 씨감자 모두 100%였다.

[0132] 도 10은 이동 평균을 이용한 평활화 전처리의 예측결과 그래프이다.

[0133] 도 10에 도시된 바와 같이, 각각의 예측결과 값에 오차값을 적용한 경우에도 다른 그룹으로 속하는 경우는 없었다.

[0134] 따라서 본 발명에서는 가장 우수한 모델을 이용하여 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치에 전처리와 판별 모델을 씨감자의 투과 스펙트럼 획득한 후 계산되도록 프로그램화하였다.

[0135] 이는 현장에서 실시간 적용 가능성을 평가하는 것과 동일한 효과를 나타내는 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단하였기 때문이다.

[0136] PLS-DA를 통해 개발된 판별 모델로 연산하여 예측값을 얻기 위해서는 하나의 스펙트럼의 크기가 동일한 벡터값과 상수 값이 필요하다.

[0137] 이를  $\beta$ -coefficient,  $\beta_0$ 라 한다.

[0138] 즉, 예측 값은 획득한 씨감자 스펙트럼의 벡터와  $\beta$ -coefficient 벡터의 곱으로 표현되며, 일정한 상수값  $\beta_0$ 의 연산에 의해 정상 및 감염 씨감자로 판별된다.

[0139] 이를 수학적 식 1로 나타낼 수 있다.

### 수학적 식 1

$$\hat{Y} = \beta_i \times X_i^n + \beta_0$$

[0141] 여기서, i는 Vector size (3648),

[0142]  $\hat{Y}$ :는 Predicted result(0:Sound seed potato, 1:infected seed potato),

- [0143]  $\beta_i$  :는 coefficient Calculated by optimal developed PLS-DA,
- [0144]  $X_i^m$  :는 Each sample spectrum,
- [0145]  $\beta_0$ 는 Constant(value:-7.247).
- [0146] 도 11은 표 1의 이동 평균을 이용한 평활화 전처리의 우수한 모델의  $\beta$ -coefficient 그래프이다.
- [0147] 한편, 본 발명에 따른 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치의 성능 평가 실험은 제작된 씨감자 시료를 정상과 감염 상태를 확인할 수 없도록 무작위로 호퍼(11)에 넣고 가동한 상태에서 수행되었다.
- [0148] 여기서, 각각의 씨감자 시료는 정상 씨감자 30개와 감염 씨감자 50개이며, 실험이 완료된 후 정상 및 감염 씨감자를 분석하고 확인한 결과는 도 11에 도시되어 있다.
- [0149] 도 12는 정상 및 감염 씨감자를 분석한 결과 그래프이다.
- [0150] 도 12에 도시된 바와 같이, 에러값을 포함할 경우 다른 그룹에 속할 수 있는 샘플들이 일부 존재하였으나, 각각의 정상 및 감염 씨감자는 정확하게 두 그룹으로 분류되었다.
- [0151] 특히, 에러값의 범위가 일부의 샘플에서 높게 나타나는 이유는 투입모듈(12)에서 이송모듈(13)로 옮겨질 때 병징의 부위가 정확하게 이송부재(131)의 중앙부에 위치하는 경우보다 바깥쪽이나 다른 곳에 위치하여 병징 스펙트럼의 강도가 약한 경우 발생한 것이다.
- [0152] 이에 따라, 본 발명은 투입모듈(12)에서 이송모듈(13)로 옮겨진 후 측정부(20)까지 이송하는 동안 상기 진동모듈을 구동해서 이송부재(131)에 진동을 발생시켜 씨감자가 정위치에 놓이도록 함으로써, 감염 씨감자 선별 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0153] 다음, 도 13을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 감염 씨감자 선별방법을 상세하게 설명한다.
- [0154] 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 감염 씨감자 선별방법은 (a) 씨감자를 측정부가 설치된 측정위치로 이송하는 단계, (b) 이송된 씨감자에 빛을 조사해서 광 투과방식으로 투과 스펙트럼을 측정하는 단계, (c) 측정된 투과 스펙트럼을 분석해서 미리 설정된 파장영역의 강도값과 미리 설정된 기준강도값을 비교하여 감염 씨감자인지 여부를 판별하는 단계 및 (d) 상기 (c)단계의 판별결과에 기초해서 감염 씨감자와 정상 씨감자를 선별하는 단계를 포함한다.
- [0155] 도 13은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 감염 씨감자 선별방법을 단계별로 설명하는 흐름도이다.
- [0156] 도 13의 S10단계에서 작업자는 받침대의 일측에 마련된 안착대(143) 상에 씨감자가 수용된 박스나 바구니를 안착시킨 후, 연결바(142)의 선단에 마련된 손잡이를 들어올려 힌지 회전운동시킴으로서, 씨감자를 호퍼(11)에 무작위로 투입한다.
- [0157] 그러면 이송부(10)의 투입모듈(12)은 호퍼(11)에 투입된 씨감자를 하나씩 이송모듈(13)을 향해 이송하고, 이송모듈(13)은 각 이송부재(131)에 씨감자를 하나씩 순차적으로 안착시켜 감지위치로 이동시킨다.
- [0158] 이때, 측정부(20)의 감지모듈(23)은 이송부재(131)의 접근 여부를 감지하고, 제어부(60)는 감지모듈(23)의 감지 신호가 수신되면, 씨감자에 빛을 조사하고 씨감자를 투과한 빛을 수광하여 광 투과방식으로 씨감자의 투과 스펙트럼을 측정하도록 발광모듈(21) 및 수광모듈(22)의 동작을 제어한다(S12).
- [0159] 이와 같은 과정을 통해 투과 스펙트럼이 측정되면, 분석부(30)는 획득된 투과 스펙트럼을 분석한다(S14).
- [0160] 이때, 분석부(30)는 획득된 투과 스펙트럼에 수학적인 전처리 기법을 적용한수 분광분석할 수 있다.
- [0161] 예를 들어, 분석부(30)는 투과 스펙트럼의 이동 평균을 이용해서 정규화 전처리를 수행하고, PLS-DA를 이용해서 투과 스펙트럼을 분석할 수 있다.
- [0162] 판별부(40)는 분석된 투과 스펙트럼의 미리 설정된 파장영역의 강도값과 기준 강도값을 비교하여 감염 씨감자인지 여부를 판별한다(S16).
- [0163] 예를 들어, 판별부(40)는 투과 스펙트럼의 약 700 nm, 820 nm 파장영역의 강도값과 기준 강도값을 비교하여 감염 씨감자를 판별할 수 있다.

- [0164] S16단계의 판별 결과 감염 씨감자로 판별되면, 제어부(60)는 이송부재(131)가 감염 씨감자 수집모듈(52)에 대응되는 위치로 이송되면, 회전모듈(15)을 동작시켜 씨감자를 배출하도록 제어한다.
- [0165] 이에 따라, 감염 씨감자는 감염 씨감자 수집모듈(52)에 임시 저장된다.
- [0166] 반면, S16단계의 판별 결과 정상 씨감자로 판별되면, 제어부(60)는 이송부재(131)가 정상 씨감자 수집모듈(51)에 대응되는 위치로 이송되면, 회전모듈(15)을 동작시켜 씨감자를 배출하도록 제어한다.
- [0167] 이에 따라, 정상 씨감자는 정상 씨감자 수집모듈(51)에 임시 저장된다.
- [0168] S22단계에서 제어부(60)는 모든 씨감자의 선별 작업이 완료되었는지 여부를 검사하고, 모든 씨감자의 선별 작업이 완료될 때까지 S12단계 내지 S22단계를 반복 수행하도록 제어한다.
- [0169] 만약, S22단계의 검사결과 모든 씨감자의 선별 작업이 완료되면, 제어부(60)는 투과스펙트럼을 이용한 감염 씨감자 선별장치의 구동을 정지하고 종료한다.
- [0170] 상기한 바와 같은 과정을 통하여, 본 발명은 광 투과방식으로 측정된 씨감자의 투과 스펙트럼을 분석하고, 실험치에 의해 설정된 파장영역에서의 강도값을 이용해서 감염 씨감자와 정상 씨감자를 신속하고 정확하게 선별할 수 있다.
- [0171] 이상 본 발명에 의해서 이루어진 발명을 상기 실시 예에 따라 구체적으로 설명하였지만, 본 발명은 상기 실시 예에 한정되는 것은 아니고, 그 요지를 이탈하지 않는 범위에서 여러 가지로 변경 가능한 것은 물론이다.

### 산업상 이용가능성

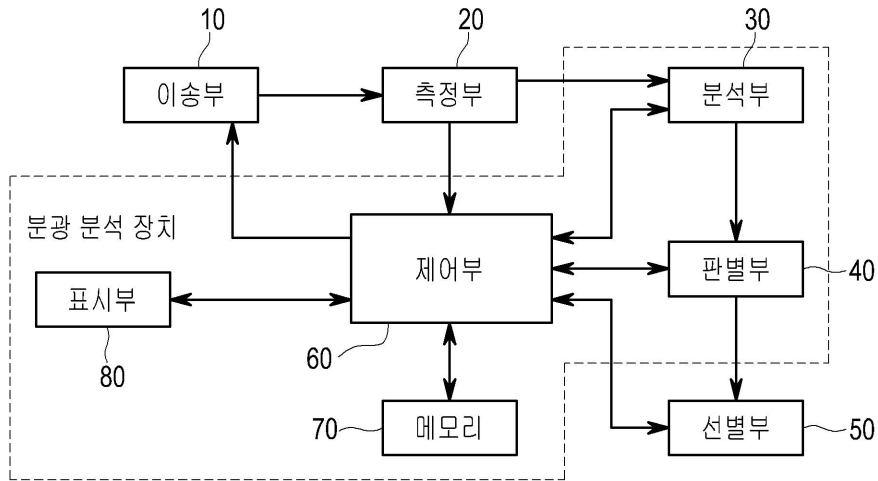
- [0172] 본 발명은 광 투과방식으로 측정된 씨감자의 투과 스펙트럼을 분석하고, 실험치에 의해 설정된 파장영역에서의 강도값을 이용해서 감염 씨감자와 정상 씨감자를 신속하고 정확하게 선별하는 기술에 적용된다.

### 부호의 설명

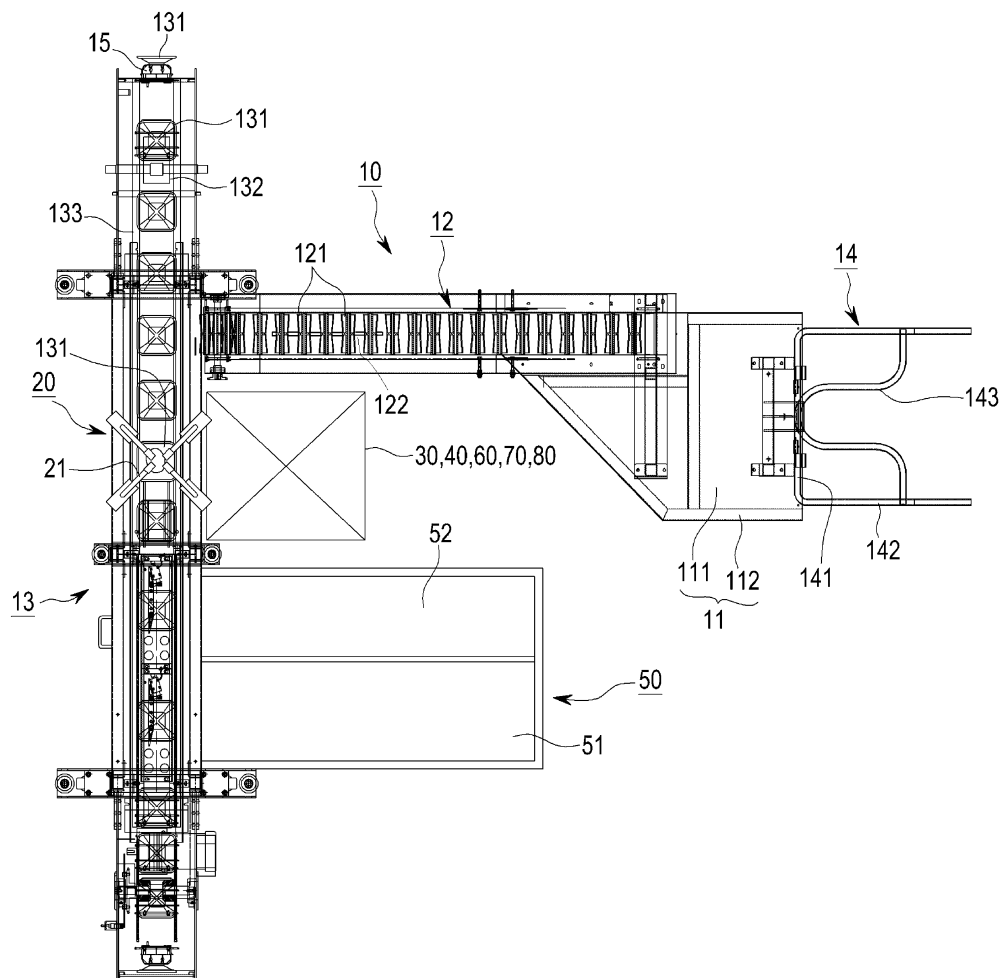
- [0173]
- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| 10: 이송부                 | 11: 호퍼                 |
| 111: 이동판                | 112: 안내 가이드            |
| 12: 투입모듈                | 121: 투입롤러    122: 롤링부재 |
| 13: 이송모듈                | 131: 이송부재              |
| 132: 이송모터               | 133: 이송체인              |
| 134: 통공                 | 14: 회전부재               |
| 141: 회전바                | 142: 연결바               |
| 143: 안착대                | 15: 회전모듈               |
| 20: 측정부                 | 21: 발광모듈               |
| 22: 수광모듈                | 30: 분석부                |
| 40: 판별부                 | 50: 선별부                |
| 51, 52: 정상, 감염 씨감자 수집모듈 |                        |
| 60: 제어부                 | 70: 메모리                |
| 80: 표시부                 |                        |

도면

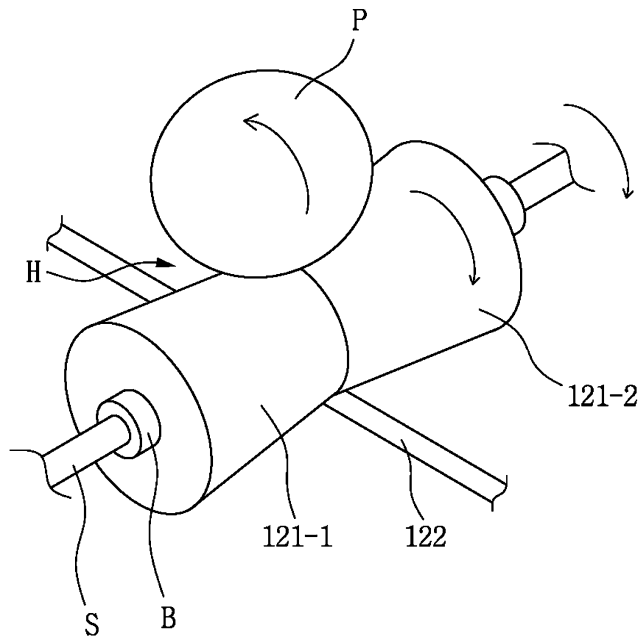
도면1



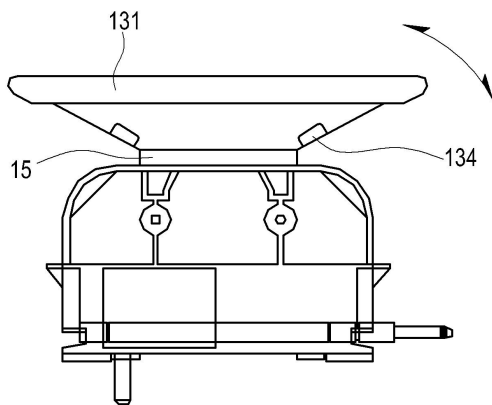
도면2



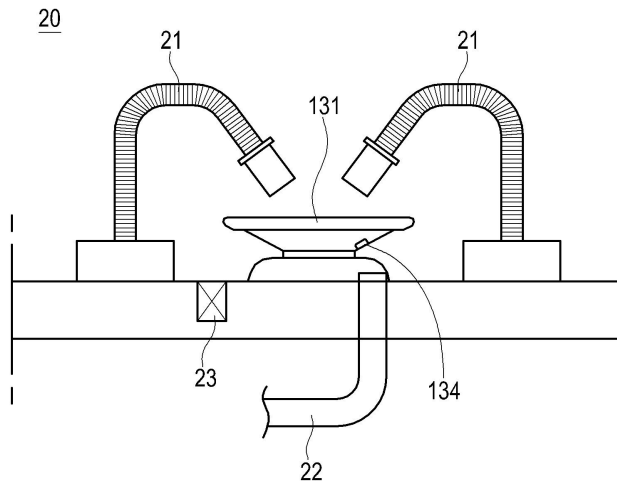
도면3



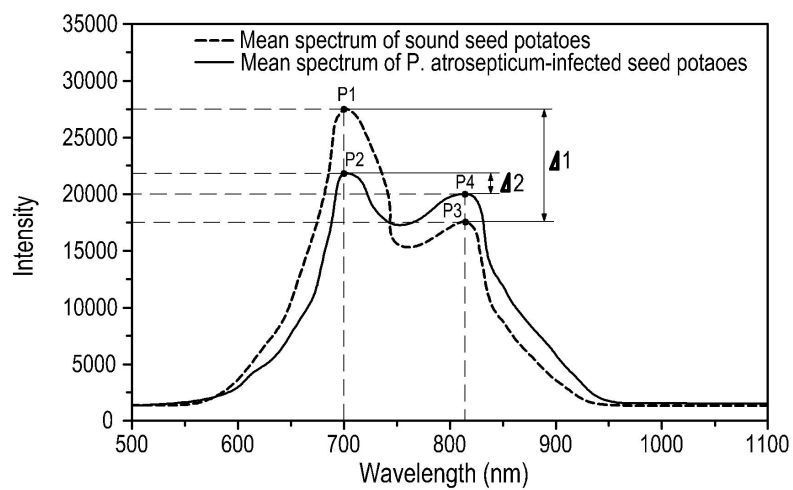
도면4



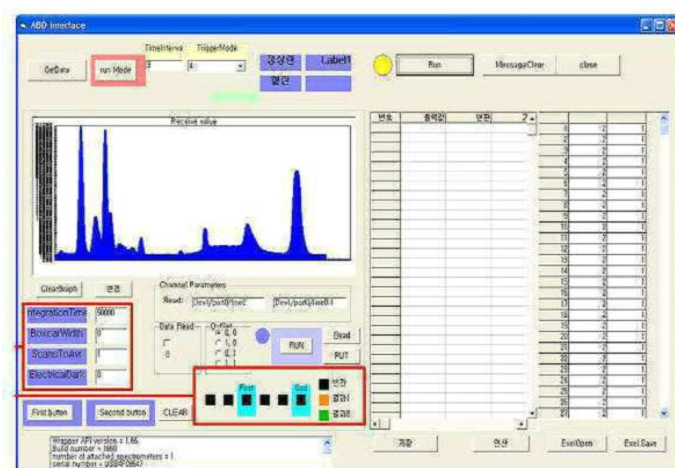
도면5



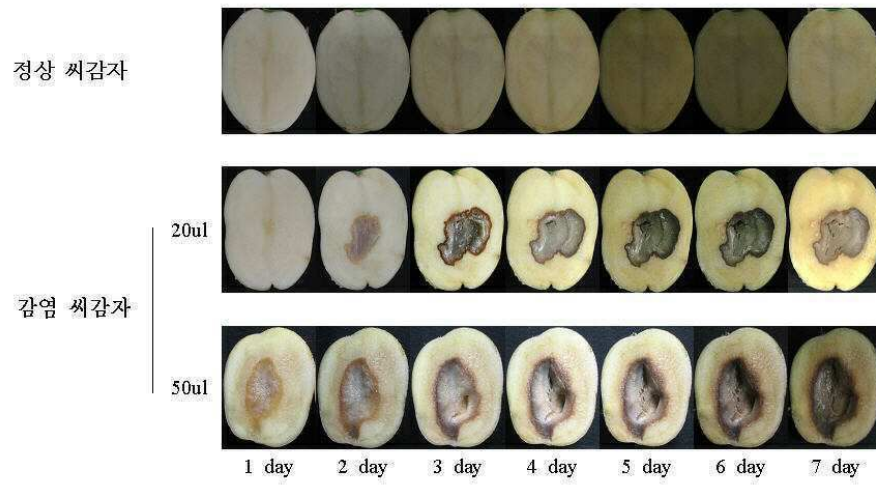
도면6



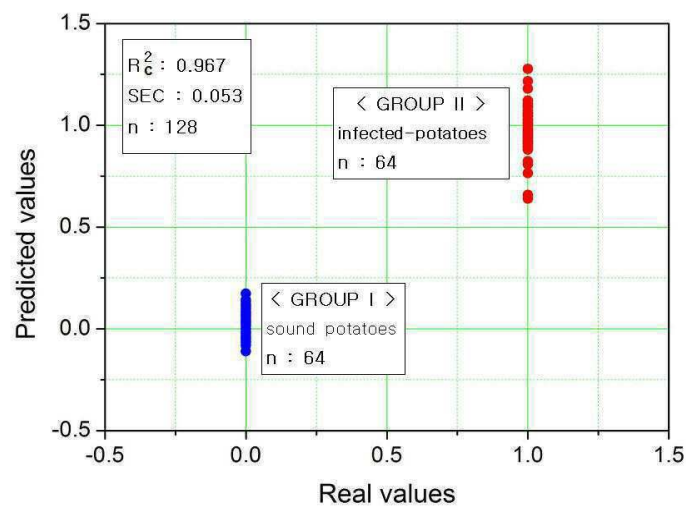
도면7



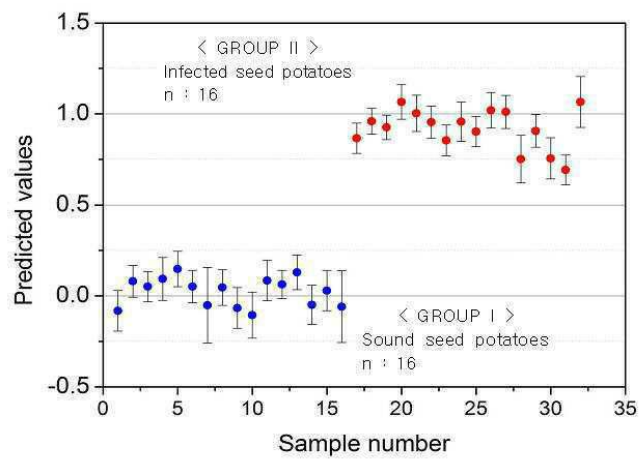
도면8



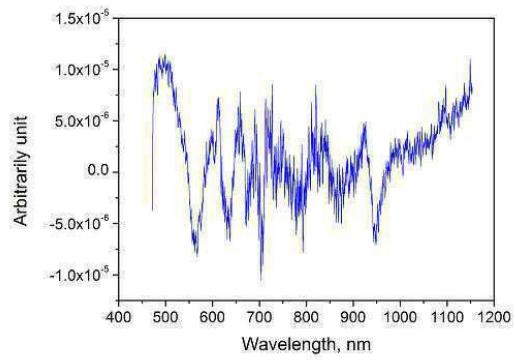
도면9



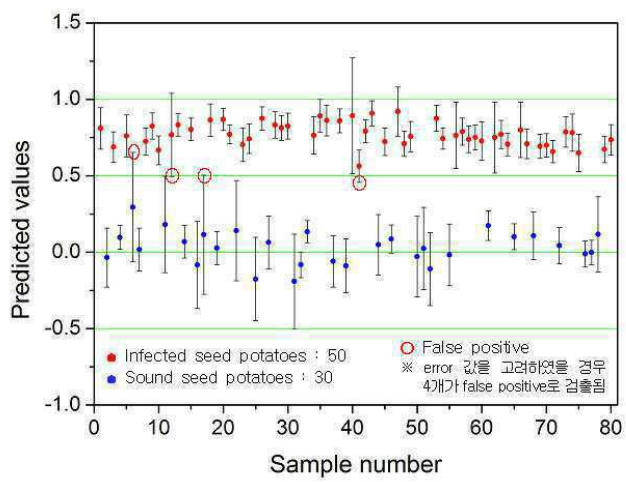
도면10



도면11



도면12



도면13

