

식물위생조치를 위한 국제기준 (비공식번역본)

ISPM 31

화물의 시료채취 방법론

Methodologies for sampling of consignments

(2008)

FAO/IPPC 사무국

인용 시 요구되는 문구:

FAO. 2008. *Methodologies for sampling of consignments*. International Standard for Phytosanitary Measures No. 31. Rome. FAO on behalf of the Secretariat of the International Plant Protection Convention.

이 정보물 내에 적용된 명칭(designation)과 자료의 표현(presentation)은, 법적 또는 어느 나라의 개발 상태, 영토, 도시 또는 지역 또는 이들의 권한과 관련되거나 또는 국경 또는 영역의 경계 설정과 관련된, UN의 세계 식량 및 농업기구(FAO)의 부분에 대한 어떠한 의견 표명을 전혀 의미하지 않는다. 특정 회사 또는 생산자의 물품에 대한 언급은, 이들이 특허를 받았건 받지 않았건, 이들이, 언급되지 않은 유사한 다른 것에 우선하여, FAO에 의해 승인 또는 추천을 받았다는 것을 의미하지 않는다.

이 정보물에 표현된 의견은 저자들의 의견이며 FAO의 의견이나 정책을 반드시 반영하는 것은 아니다.

© FAO, 2008



일부 권리가 보호되어 있다. 이 산물(work)은 Creative Commons Attribution-Non-Commerical-ShareAlike 3.0 IGO licence (CC-BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode>)에 따라 사용 가능하다.

적절하게 인용된다면, 이 라이선스의 조건에 따라 이 산물은 비상업적 목적을 위하여 복사, 재배포와 적용될 수도 있다. 이 산물의 사용에 있어서 FAO가 특정 기관, 상품 또는 서비스를 허가했다는 어떤 시사(suggestion)도 있어서는 않된다. FAO의 로고 사용은 허가되지 않는다. 이 산물이 적용된다면, 동일 또는 동등한 Creative Commons licence 하에서 허가(licensed)를 받아야만 한다. 이 산물의 번역이 수행된다면, 필요한 인용과 더불어 다음의 disclaimer를 포함해야 한다: “이 번역은 UN FAO가 수행한 것이 아니다. FAO는 번역의 내용이나 정확함에 책임이 없다. 원 영어본이 원본

‘authoritative edition’이 되어야 한다.”

이 라이선스 하에 우호적으로 해결할 수 없는 분쟁 발생은, 여기에 제공된 경우를 제외하고는, 라이선스 8항에서 설명된 중재와 조정에 의해 해결될 것이다. 적용할 수 있는 중재 규칙은 세계지적재산권기구 <http://www.wipo.int/amc/endm1> 조정 규칙이고, 조정은 UN Commission on International Trade Law(UNCITRAL)의 조정 규칙에 따라 수행될 것이다.

제삼자 자료. 표, 그림 또는 이미지 같은 자료들을 제3자에 제공되도록 (attributed) 재사용하고자 하는 사용자는 재사용에 대한 허가가 필요한지를 결정하고 저작권 소유자로부터 허가를 받는 것에 책임이 있다. 이 산물의 제삼자가 소유한 요인의 저작권 위반으로부터 야기되는 청구(claim) 위험은 전적으로 사용자에게 있다.

판매, 권리와 licensing. FAO 정보물은 FAO 웹사이트 (www.fao.org/publications)에서 찾을 수 있고, publication-sales@fao.org를 통하여 구매 가능하다. 상업적 사용 요청은 www.fao.org/contact-us/licence-request를 통하여 제출되어야 한다. 권리와 licensing 관련 질문은 copyright@fao.org에 제출되어야 한다.

이 ISPM이 재생산되는 경우 최신의 채택된 IPSMs 버전이 www.ippc.int에서 내려받을 수 있다는 것을 언급해야 한다.

공식적인 참고문헌, 정책 결정 또는 분쟁 회피와 해결 목적을 위하여 인용되는 ISPMs는

<http://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispms/#614> 하에 출간된 것이다.

UN 식량농업기구와의 협의를 통해 농림축산검역본부에서 출판하였다. (Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations and Animal and Plant Quarantine Agency)

"본 출판물은 본래 UN FAO에서 "*International Standards for Phytosanitary Measures*(식물위생조치를 위한 국제 기준)"로 영어로 출판되었다. 본 한국어 번역은 농림축산검역본부에서 마련하였다."

“이 정보물 내에 적용된 명칭(designation)과 자료의 표현(presentation)은, 법적 또는 어느 나라의 개발 상태, 영토, 도시 또는 지역 또는 이들의 권한과 관련되거나 또는 국경 또는 영역의 경계 설정과 관련된 UN의 세계 식량 및 농업기구(FAO)의 부분에 대한 어떠한 의견 표명을 전혀 의미하지 않는다. 특정 회사 또는 생산자의 물품에 대한 언급은, 이들이 특허를 받았건 받지 않았건, 이들이, 언급되지 않은 유사한 다른 것에 우선하여, FAO에 의해 승인 또는 추천을 받았다는 것을 의미하지 않는다. 이 정보물에 표현된 의견은 저자들의 의견이며 FAO의 의견이나 정책을 반드시 반영하는 것은 아니다.”

"© Animal and Plant Quarantine Agency, 2023 (한국어 번역)"

"© FAO, 1995–2008 (영문판)"

출간 이력

이 부분은 본 기준의 공식적인 부분은 아님

2004-04 ICPM-1이 *화물의 시료채취* 주제를 추가 (2004-030)

2004-04 SC는 작업지시서 20 *화물의 시료채취 지침*을 승인

2005-07 전문가작업단이 초안 작성

2006-05 SC는 이메일을 통하여 의견 요청

2007-05 SC는 초안을 수정하고 회원국 의견수렴을 승인

2007-06 회원국 의견수렴 실시

2007-11 SC가 초안을 수정

2008-04 CPM-3이 기준을 채택

ISPM 31. 2008. *화물의 시료채취 방법론*. 로마, IPPC, FAO

2015-07 사무국은 소소한 수정을 반영하고 CPM-10(2015)에서 결정된
기준 절차 폐지에 따라 기준을 변경(reformatted)함

출간 이력은 최종으로 2015-12에 업데이트됨

차례

채택

서론

범위

참고문헌

정의

요건의 개요

배경

화물의 시료채취의 목적

요건

1. 더미 구분

2. 시료 단위

3. 통계적, 비통계적 시료채취

3.1. 통계에 근거한 시료채취

3.1.1 변수와 관련 개념

3.1.1.1 허용수 (acceptance number)

3.1.1.2 검출 수준

3.1.1.3 신뢰 수준

3.1.1.4 검출 효율

3.1.1.5 시료 크기

3.1.1.6 허용치

3.1.2 변수들과 허용치 간 연관

3.1.3 통계에 근거한 시료채취 방법

3.1.3.1 단순 임의 시료채취

3.1.3.2 계통적 시료채취 (systematic sampling)

- 3.1.3.3 층화 시료채취 (stratified sampling)
- 3.1.3.4 순차 시료채취 (sequential sampling)
- 3.1.3.5 군집 시료채취 (cluster sampling)
- 3.1.3.6 고정 비율 시료채취
- 3.2 비통계적 시료채취
- 3.2.1 편의 시료채취 (convenience sampling)
- 3.2.2 무계획 시료채취 (haphazard sampling)
- 3.2.3 선택적(selective) 또는 표적(targeted) 시료채취

4. 시료채취 방법 선택

5. 시료 크기 결정

- 5.1 더미 내에 병해충 분포를 모를 경우
- 5.2 더미 내에 병해충이 뭉쳐서 분포할 경우

6. 검출 수준의 변이

7. 시료채취의 결과

부록 1

부록 2-5에서 쓰인 수식

부록 2

소량 더미를 위한 시료 크기 계산: 초기하 분포에 기초한 (hypergeometric- based) 시료채취 (임의 시료채취)

부록 3

대량 더미 시료채취: 이항 또는 Poisson에 기초한 시료채취

채택

이 기준은 2008년 4월 CPM에서 채택되었다.

서론

범위

본 기준은 국가식물보호기구(NPPOs)가 식물위생 요건의 이행을 확인하기 위한 화물 검사나 정밀검사를 하기 위하여 적절한 시료채취 방법론을 선택 하도록 하는 지침을 제공한다.

이 기준은 포장 시료채취(예를 들어, 예찰에 필요한)에 관한 지침을 제공하지 않는다.

참고문헌

이 기준은 ISPMs를 참고한다. ISPMs은 국제식물위생 포탈(IPP) www.ippc.int/core-activities/standards-setting/ispms에서 찾을 수 있다.

Cochram, W.G. 1977. Sampling techniques. 3rd edn. New York, John Wiley & Sons. 428pp.

정의

이 기준에서 사용된 식물위생 용어들의 정의는 ISPM 5(식물위생 용어집)에서 찾을 수 있다.

요건의 개요

국제 교역에서 이동하는 품목의 화물의 검사를 위한 시료 선택에서, NPPO에 의해 사용되는 시료채취 방법론은 여러가지의 시료채취 개념에 근거하고 있다. 이들은 수용 수준(acceptance level), 검출 수준(level of detection), 신뢰 수준(confidence level), 검출 효율(efficacy of detection), 시료 크기(sample size)와 같은 변수를 포함한다.

단순 임의(simple random) 시료채취, 계통적(systematic) 시료채취, 층화(stratified) 시료채취, 순차(sequential) 시료채취 또는 군집(cluser) 시료채취와 같이 통계에 근거한 방법의 적용은, 통계적 신뢰수준과 함께 결과를 제공한다. 통계에 근거하지 않는 편의(convenience) 시료채취, 무계획(haphazard) 시료채취 또는 선택적(selective) 시료채취와 같은 다른 시료채취 방법들은 규제병해충이 있는지 없는지를 결정하는 유효한 결과를 제공할 수 있을 수도 있지만 그들을 기초로 통계적인 추정(inference)을 할 수 없다. 운영상의 한계는, 하나 또는 다른 방법에 의한 시료채취의 실용성에 영향을 줄 것이다.

시료채취의 방법론을 사용하는데 있어서, NPPO는 위반이 있는 더미(lot)를 검출하지 못한다는 어느 정도의 위험을 수용한다. 통계에 근거한 방법을 사용한 검사는 특정 신뢰 수준 내에서 결과를 제공할 수 있을 뿐이며, 어떤 화물에서 병해충이 없음을 증명하지는 못한다.

배경

이 기준은 ISPM 20(식물위생 수입규제 시스템 지침)과 23(검사 지침)을 위한 통계적인 근거와 보안을 제공한다. 교역에서 이동하는 규제물품의 화물의 검사는 병해충위험을 관리하는 필수 수단이며 병해충이 존재하는 지와/또는 식물위생 수입요건 이행을 결정하기 위하여 세계적으로 가장 자주 쓰이는 식물위생 절차이다.

대개의 경우 전체 화물을 검사하는 것은 실행 가능하지 않으므로, 식물위생 검사는 주로 화물로부터 채취된 시료에 대해 이루어진다. 이 기준에 제시된 시료채취 개념은 다른 식물위생 절차, 특히 정밀검사를 위한 단위(units)의 선택에 또한 적용될 수도 있다.

식물, 식물성 산물과 다른 규제물품의 시료채취는 수출 전, 수입 시 또는 NPPOs에 의해 결정된 다른 시점에 이루어 질 수도 있다.

특히 시료채취에 근거한 검사는, 식물위생증명서 발급 거부, 반입 거부, 전체 또는 화물 일부에 대한 소독처리이나 폐기를 이끌어낼 수도 있기 때문에, NPPOs에 의해 설정되고 사용되는 시료채취 절차는 문서화되고 투명해야 하며, 최소 충격의 원칙(ISPM 1(국제 교역에서 식물보호와 식물위생 조치의 적용을 위한 식물위생 원칙))을 고려해야 하는 것이 중요하다.

NPPOs에 의해 이용되는 시료채취 방법론은 시료채취의 목적에 따라 것이며 (예를 들면, 정밀검사를 위한 시료채취), 오로지 통계에 기초할 수도 있고, 특정 운영상의 제한을 고려하여 개발될 수도 있다. 운영의 제한 내에서 시료채취 목적을 달성하기 위하여 개발된 방법론은, 결과에서 완전히 통계에 근거한 절차와 같은 통계적 신뢰수준을 달성하지 않을 수도 있으나, 이와 같은 방법은, 기대되는 시료채취 목표에 따라서는 여전히 유효한 결과를 줄 수도 있다. 시료채취의 유일한 목적이 병해충을 검출할 기회를 증가시키는 것이라면 선택적 또는 표적 표본추출 또한 유용하다.

화물 시료채취의 목적

화물의 시료채취는 다음을 위하여 검사와 그리고/또는 정밀검사를 위해 수행된다:

- 규제병해충의 검출
- 화물 속의 규제병해충의 수나 감염된 단위가 해당 병해충의 정해진 허용수준을 초과하지 않는다는 확실성 제공
- 화물의 전반적인 식물위생 상태의 확실성 제공
- 식물위생 위험이 아직 결정되지 않은 생물체 검출
- 특정 규제병해충을 검출할 수 있는 화물의 최적화
- 사용 가능한 시료채취 자원의 이용을 최대화
- 경로의 모니터링 같은 정보의 수집
- 식물위생 요건 이행에 대한 확인
- 감염된 화물의 비율 결정.

시료채취에 기초한 검사와/또는 정밀검사는, 항상 어느 정도 오류를 포함한다는 것을 인지해야 한다. 검사와/또는 정밀검사를 위한 시료채취 절차의 사용에는, 병해충이 존재한다는 어느 정도 가능성의 수용이 내재 되어있다. 통계에 근거한 시료채취 방법을 이용하는 검사와/또는 정밀검사는 병해충 빈도가 어떤 수준 이하라는 신뢰 수준을 제공할 수는 있지만, 진정으로 어떤 화물에 어떤 병해충이 없다라고 증명할 수는 없다.

요건

1. 더미 구분

한 화물은 하나 또는 이상의 더미로 구성되어 있을 수도 있다. 화물이 하나 이상의 더미로 구성된 경우, 준수(compliance)를 결정하기 위한 검사가 몇 개의 별개의 육안 조사로 구성되어야 할 수도 있으므로, 더미들에서 시료가 구분하여 추출되어야 할 것이다. 이러한 경우, 후속의 검사 또는 정밀검사가 식물위생 요건의 위반으로 판명되는 경우, 해당 더미를 명확하게 구분할 수 있기 위하여, 각각의 더미와 관련된 시료들은 분리되고 구분되어야 한다. 어떤 더미의 검사 여부는 ISPM 23(검사에 대한 기타 고려사항

부분)에서 언급된 요인들을 사용하여 결정되어야 한다.

시료채취 되는 더미는 다음과 같은 요인들의 동질성으로 구분 가능한 단일 품목의 단위 수여야 한다.

- 원산지
- 재배자
- 포장 (packing) 시설
- 종, 품종, 성숙 정도
- 수출자
- 생산 지역
- 규제병해충과 그 특징
- 원산지에서의 소독처리
- 가공 종류.

더미를 구분하기 위하여 NPPO에 의해 사용되는 기준은 유사한 화물에는 일관성 있게 적용되어야 한다.

편의를 위하여 다수의 품목을 한 개의 더미로 취급하는 것은, 그 시료채취의 결과로부터는 통계적 유추를 이끌어 낼 수 없다는 것을 의미할 수도 있다.

2. 시료 단위

시료채취는 첫번째로 적당한 시료채취 단위 구별이 필요하다(예를 들어, 과일, 줄기, 다발, 무게 단위, 자루(bag), 상자). 시료 단위를 결정하는 것은 병해충이 품목 전반에 걸친 분포의 균질성, 병해충이 비이동성(sedentary)인지 또는 이동성인지, 화물이 어떻게 포장되었는지, 용도, 운영적인 고려 사항과 관련된 것들에 의해 영향을 받는다. 예를 들면, 병해충의 생물적인 특징에 의해서만 결정된다면, 낮은 이동성 병해충의 경우, 적정한 시료 단위는 개별 식물체 또는 식물성 산물일 것이고, 이동성이 있는 병해충의 경우에는 상자 또는 품목 용기가 선호되는 시료 단위일 수도 있을 것이다. 그러나 검사가 한 종류 이상의 병해충을 검출하기 위한 경우, 다른 고려 사항(예를 들면, 다른 표본 단위 사용의 적용)이 적용될 수도 있다. 시료 단위는 일관성 있게 정해져야 하고 서로 간에 독립적이어야 한다. 이는

NPPOs가 시료로부터 시료가 채취된 더미 또는 화물을 추정하는 절차를 쉽게 만들어 줄 것이다.

3. 통계적과 비통계적 시료채취

시료채취 방법은 검사와/또는 정밀검사를 위한 단위를 선정하기 위하여 NPPO에 의해 승인된 절차이다. 화물 또는 더미의 식물위생 검사를 위한 시료채취는, 선정된 단위들이 되돌려지지(replacement) 않으면서¹, 화물 또는 더미로부터 단위를 채취함으로써 이루어진다. NPPO는 통계에 근거한 또는 비통계적인 시료채취 방법론 중 하나를 선택할 수도 있다.

통계에 또는 표적 방법에 근거한 시료채취는 화물과/또는 더미에서 규제 병해충 검출을 촉진하기 위하여 설계된다.

3.1. 통계에 근거한 시료채취

통계에 근거한 시료채취 방법들은 다수의 상호연관된 변수들을 결정하고, 가장 적절한 통계에 근거한 시료채취 방법을 선택하는 것이 관여한다.

3.1.1 변수들과 관련된 개념들

통계에 근거한 시료채취는 특정한 신뢰 수준에서 특정 감염(infestation)의 퍼센트 또는 비율을 검출하도록 설계되었으므로, NPPO가 다음의 상호연관된 변수들을 결정할 것을 요구하고 있다: 허용수, 검출 수준, 신뢰 수준, 검출 효율, 표본 크기. 또한 NPPO는 어떤 병해충의 허용수준을 설정할 수도 있다 (예, 규제비검역병해충).

3.1.1.1 허용수(acceptance number)

허용수는, 식물위생 활동이 취해지기 전에, 주어진 크기의 시료 안에서 허용되는 감염 단위(units)의 수 또는 개별 병해충의 수이다. 많은 NPPOs가

¹ 되돌려지지 않는 시료채취는, 다음 단위가 선정되기 전에 이 단위를 되돌려 놓지 않으면서, 화물 또는 더미로부터 단위를 선정한다. 되돌려지지 않는 시료채취는 선정된 물건(item)이 되돌려지지(returned) 않는다는 것을 의미하지는 않는다.

검역병해충에 대해서는 허용수를 0으로 정할 것이다. 예를 들면, 허용수가 0이고 감염된 단위가 시료에서 검출되었다면 식물위생 활동이 내려질 것이다. 한 시료 내에서 허용수가 0인 것이 전체 화물에서 허용치가 0인 것을 의미하지는 않는다는 것을 이해하는 것이 중요하다. 시료에서 병해충이 검출되지 않았다고 하더라도, 나머지 화물에 매우 낮은 수준일지라도 병해충이 존재할 수도 있는 가능성은 남아있다.

허용수는 시료와 연결되어 있다. 허용수는 시료에서 허용되는 감염 단위의 수 또는 개별 병해충의 수인 반면, 허용수준은 (3.1.1.6 참고) 전체 화물의 상태에 적용된다.

3.1.1.2 검출 수준

검출 수준은 시료채취 방법론이 특정한 검출 효율과 신뢰 수준에서 검출하고자 하는 감염의 최소 퍼센트 또는 비율이므로, NPPO가 어떤 화물에서 검출하고자 하는 것이다.

검출 수준은 어떤 병해충, 어떤 병해충의 그룹 또는 카테고리, 또는 불특정 병해충에 대해서 설정될 수도 있다. 검출 수준은 아래로부터 만들어 질 수도 있다:

- 특정 감염 수준을 검출하기 위하여 병해충위험분석에 기초한 결정 (수용할 수 없는 위험을 나타내는 것으로 결정된 감염)
- 검사 전 적용되는 식물위생조치의 효과에 대한 평가
- 어느 수준 이상의 검사 강도는 실질적이지 않다는 운영면에 기초한 결정

3.1.1.3 신뢰 수준

신뢰 수준은 검출 수준을 초과하는 감염 정도를 가진 화물이 발견될 수 있는 확률을 나타낸다. 신뢰 수준 95%가 보편적으로 사용된다. NPPO는 품목의 용도에 따라 다른 신뢰 수준을 선택할 수도 있다. 예를 들면, 식용 품목들 보다는 재식용 품목들에 더 높은 검출 신뢰수준이 요구될 수도 있고, 그 신뢰 수준은 적용된 식물위생조치의 강도와 위반사항의 역사적 증거에 따라

변할 수도 있다. 아주 높은 신뢰 수준 값은 성취하기가 바로 어려워지고, 낮은 값은 결정을 내리기 위한 의미가 적어진다. 95%의 신뢰 수준은 시료 채취의 결과로부터 도출된 결론들이 평균적으로 100번 중 95번 위반 화물을 검출할 수 있고, 결과적으로 평균 5%의 위반 화물이 검출되지 않을 수 있다는 것을 가정할 수도 있다.

3.1.1.4. 검출 효율

검출의 효율은 감염된 단위(units)에 대한 검사 혹은 정밀검사가 병해충을 검출할 확률이다. 일반적으로 효율을 100%로 가정해서는 안된다. 예를 들면 병해충이 육안으로 검출되기 어려울 수도 있으며, 식물은 병징을 나타내지 않을 수(잠복 감염)도 있고, 효율이 사람의 실수의 결과로 감소될 수도 있다. 시료 크기를 결정하는 데에 있어, 낮은 효율 값을(이를테면, 감염된 단위(units)가 검사되었을 때 병해충을 검출할 수 있는 80% 확률) 포함할 수 있다.

3.1.1.5. 시료 크기

시료 크기는 검사 또는 정밀검사 되어질 더미 또는 화물로부터 선택된 단위의 수이다. 시료 크기를 결정하기 위한 지침은 section 5에 있다.

3.1.1.6. 허용수준

허용수준은 전체 화물 또는 더미의 감염 백분율로, 식물위생 활동 임계치이다.

허용수준은 규제비검역병해충에 설정될 수도 있으며(ISPM 21(규제비검역병해충에 대한 병해충위험분석))에서 설명되었듯이), 다른 식물위생 수입요건과 관련된 조건에서도 설정될 수도 있다(예를 들면, 목재의 수피 또는 식물 뿌리의 흙).

대부분의 NPPOs는, section 3.1.1.1에 설명되어 있듯이, 시료채취 되지 않은 단위들에 병해충이 있을 확률을 고려하면서, 모든 검역병해충에 0의

허용수준을 가지고 있다. 그러나 어떤 NPPO는 병해충위험분석에 근거하여 특정 검역병해충의 허용수준을 설정할 수도 있고(ISPM 11 (검역병해충에 대한 병해충위험분석)), 이를 근거로 시료채취 비율을 정할 수 있다. 예를 들면, 해당 검역병해충의 정착 잠재력이 낮은 것으로 고려되거나 또는 산물의 최종 용도(예를 들면 가공을 위해 수입된 생과실과 채소)가 위험 지역으로 병해충이 들어가는(entry) 잠재력을 제한하는 경우, NPPOs는 0보다 큰 허용수준을 설정할 수도 있다.

3.1.2. 변수들 간의 연관과 허용수준

5개 변수(허용수, 검출 수준, 신뢰 수준, 검출 효율, 표본 크기)들은 통계적으로 연관되어 있다. 설정된 허용수준을 고려하여, NPPO는 사용된 검출 방법의 효율과 시료의 허용수를 결정해야 한다; 남은 세 변수 중 어떤 두가지 변수가 또한 선택되어질 수 있고, 남은 것은 나머지 변수들에서 결정되어진 값으로부터 결정될 것이다.

허용수준이 0보다 크게 설정되었다면, 허용수준보다 높은 감염 수준을 가진 화물이 특정 신뢰 수준에서 검출될 수 있다는 것을 보증하기 위해서, 선택된 검출 수준은 허용수준과 동일해야 한다(또는 허용수가 0보다 높다면 낮음).

만약 병해충이 시료 단위에서 검출되지 않는다면, 제시된 신뢰 수준에서, 감염 백분율이 검출 수준 아래로 내려갔다는 사실 외에는 말할 수 없다. 병해충이 적절한 시료 크기에서 검출되지 않는다면, 신뢰 수준은 허용수준이 초과되지 않을 확률을 나타내게 된다.

3.1.3 통계에 근거한 시료채취 방법

3.1.3.1 단순 임의(simple random) 시료채취

단순 임의 시료채취는 더미나 화물에서 모든 시료 단위가 동일한 확률로 선택되어지게 된다. 단순 임의 시료채취는 난수표(random number table) 같은 도구에 따른 시료 단위의 추출을 한다. 미리 결정된 임의화(randomization) 과정의 사용이 무계획 시료채취(haphazard sampling)와

구별되는 점이다(3.2.2.에서 설명됨).

이 방법은 대개 병해충의 분포나 감염 비율을 잘 알 수 없을 때 사용된다. 단순 임의 표본추출은 실질적인 운영에서는 제대로 적용하기가 어려울 수 있다. 이 방법을 사용하기 위해서, 각각의 단위는 같은 확률로 선택되어야 한다. 더미 전체에 병해충이 임의로 분포하지 않을 경우, 이 방법은 적당하지 않을 수도 있다. 단순 임의 시료채취는 다른 시료채취 방법보다 더 많은 자원이 필요할 수도 있다. 이 적용은 화물의 유형(type)과/또는 구성(configuration)에 달려 있을 수 있다.

3.1.3.2 계통적(systematic) 시료채취

계통적 시료채취는 고정된, 미리 결정된 간격 내의 단위로부터 시료를 채취한다. 그러나, 첫 번째 선택은 해당 더미 전체에서 임의로 이루어져야만 한다. 병해충이 시료채취를 위해 선택된 간격과 비슷하게 분포한다면 편향된 결과가 나올 수도 있다.

이 방법의 두가지 장점은 시료채취 과정이 기계에 의해 자동화될 수도 있다는 것과 첫 번째 단위만 임의 절차의 사용이 필요한 것이다.

3.1.3.3 층화(stratified) 시료채취

층화 시료채취는 더미를 작게 구분(즉, 층)한 다음, 각각의 구분된 부분마다에서 시료를 채취한다. 각각의 구분된 부분 내에서 특정한 방법(계통적 혹은 임의)에 의해 시료가 채취된다. 어떤 경우에는, 각각의 구분된 부분에서 다른 개수의 시료가 채취될 수도 있다 - 예를 들면, 구분된 부분의 크기에 비례하여 시료 단위의 수가 정해질 수도 있고, 또는 구분된 부분의 감염에 대한 사전지식에 근거해서 정해질 수도 있다.

만일 적용 가능하다면, 층화 시료채취는 거의 항상 검출 정밀성을 개선할 수 있을 것이다. 층화 시료채취와 관련된 변이가 적을수록 더욱 정확한 결과가 나온다. 이는 포장 절차와 보관 상태에 따라 더미 내 감염 수준이 변화할 수도 있을 때 특히 그러하다. 층화 시료채취는 병해충 분포에 대한 지식이

가정되고 운영상의 고려가 허용될 때 선호되는 선택이다.

3.1.3.4 순차(sequential) 시료채취

순차 시료채취는 위의 방법 중 하나를 이용해서 일련의 시료를 채취하는 것이다. 각 시료(또는 그룹)가 추출된 후, 데이터가 쌓이고, 그 화물을 허용하느냐 혹은 거부하느냐, 또는 시료채취를 계속하느냐를 결정하도록 미리 정해진 범위(range)와 비교된다.

이 방법은 허용수준이 0보다 큰 수준으로 결정된 경우와, 첫 번째 시료 단위가 허용수준을 넘었는지 아닌지 결정 내릴 수 있을 충분한 정보를 제공하지 않을 경우에 사용될 수 있다. 이 방법은 어떤 크기의 시료에서든 허용수가 0인 경우에는 사용되지 않는다. 순차 시료채취는 결정을 내리기 위한 시료 수를 줄일 수 있고, 준수하는 화물을 거부할 가능성을 줄인다.

3.1.3.5 군집(cluster) 시료채취

군집 시료채취는 더미로부터 필요한 시료 단위의 총 수를 결정하기 위해, 미리 결정된 군집 크기(예를 들면 과일 상자들, 꽃다발들)에 기초한 단위들의 그룹을 선택하게 된다. 군집 시료채취는 평가가 쉬우며, 군집들이 같은 크기일 때 더욱 믿을만하다. 이는 시료채취를 위한 가용자원이 제한되어 있는 경우 유용하며, 병해충 분포가 임의적이라고 예상될 때 잘 작동한다.

군집 시료채취는 층화될(stratified) 수 있고, 그룹을 선택하기 위해 계통적 방법이나 임의 방법 중 어느 한 가지를 이용할 수 있다. 이 방법은 통계에 근거한 방법들 중에서 쓸 수 있는 가장 실용적인 방법인 경우가 많다.

3.1.3.6 고정 비율 시료채취

더미에서 고정된 비율의 단위를 시료채취 (예, 2%) 하는 것은, 더미 크기가 변하면 검출 수준 또는 신뢰 수준이 일관되지 않게 된다. 부록5에 보여지듯이, 고정 비율 시료채취는 주어진 검출 수준에서 신뢰 수준을 변하게 하거나, 주어진 신뢰 수준에서 검출 수준을 변하게 한다.

3.2 통계에 근거하지 않은 시료채취

편의 시료채취, 무계획 시료채취 또는 선택적 또는 표적 표본추출 같은, 통계에 근거하지 않은 다른 시료채취 방법들도, 규제병해충이 있음 또는 없음을 판단하는데 유효한 결과를 제공할 수도 있다. 다음 방법들은 특정 운영상 고려사항에 근거하거나, 또는 목적이 순전히 병해충의 검출에 있을 경우 사용될 수도 있다.

3.2.1 편의(convenience) 시료채취

편의 시료채취는, 임의 혹은 계통적 방법으로 단위를 선택하는 것 없이, 더미에서 가장 편리한 (예를 들어, 접근하기 쉽고, 비용이 싸고, 신속한) 단위를 선택하는 것이다.

3.2.2. 무계획(haphazard) 시료채취

무계획 시료채취는 진정한 임의화 절차를 사용하지 않고, 자의적으로 단위를 선택하는 것이다. 이 방법은, 검역관이 어떤 편향된 선택을 의식하지 않기 때문에, 임의로 보여질 수도 있다. 그러나, 무의식적인 편향이 일어날 수도 있으며 그래서 시료가 더미를 대표하는 정도를 알 수 없다.

3.2.3. 선택적(selective) 또는 표적(targeted) 시료채취

선택 시료채취는, 특정 규제병해충을 검출하기 위한 기회를 늘리기 위해, 가장 감염이 되어있을 것 같은 부분들 또는 명확하게 감염되어 있는 단위들로부터 시료를 채취하는 것이다. 이 방법은 그 품목에 대한 경험이 있고 그 병해충의 생물학적 특성을 잘 알고 있는 검역관에 의존할 수도 있다. 더 높은 감염 확률을 가진 더미의 특정 구역(예를 들어, 목재(timber)의 젖은 부분은 선충이 숨어있기 더 쉬울 수도 있음)을 식별하는 경로 분석을 통해, 이 방법의 사용 계기가 될 수도 있다. 시료가 표적되어 있고 (targeted), 그러므로 통계적으로 편향되어 있기 때문에, 더미의 감염 수준에 대한 확률적 서술(probabilistic statement)은 있을 수 없다. 그러나 시료채취의 유일한 목적이 규제병해충을 검출하기 위한 기회를 늘리려는 것이

라면, 이 방법은 유효하다(valid). 다른 규제병해충을 검출하는데 필요한 일반 신뢰에 부합하기 위하여는, 별도의 시료들이 필요할 수도 있다. 시료채취가 특정 규제병해충을 찾기 쉬운 곳에 중점이 맞추어져 있고, 나머지 더미 또는 화물은 모르기 때문에, 선택적 또는 표적 시료채취는 더미 또는 화물의 전체적인 병해충 상태에 대한 정보를 얻을 기회를 제한할 수도 있다.

4. 시료채취 방법의 선택

대부분의 경우, 적당한 시료채취 방법을 선택하는 것은, 화물 또는 더미 내의 병해충의 발생(incidence)과 분포뿐 아니라, 의문시되는 검사 상황과 관련된 운영상의 변수에 관한 정보에 필수적으로 의존한다. 대부분의 식물위생 적용에서는, 운영상의 제한이, 하나 또는 다른 시료채취 방법의 실제 사용을 좌우하게 될 것이다. 결과적으로 실질적 방법의 통계적인 유효성을 결정하는 것은 다른 대안의 여지를 감소시킨다.

궁극적으로 NPPO에 의해 선택되는 시료채취의 방법은 운영상 실행 가능하고 목적을 달성하기에 가장 적합하여야 하고 투명성을 위하여 잘 문서화된 것이어야 한다. 운영상 실행 가능성은 상태별 요인들과 관련된 판단과 명확하게 연계되어 있으나 일관성 있게 적용되어야 한다.

시료채취가 특정 병해충 검출 기회를 늘리기 위하여 수행된다면, 검역관들이 더 높은 감염 확률을 가진 더미의 부분을 구분할 수 있는 한, 표적 시료채취 (3.2.3에 설명되어 있음)가 선호되는 방법일 수도 있다. 이런 지식이 없다면, 통계에 근거한 방법들 중 하나가 더 적절할 것이다. 비통계적인 시료채취는 각각의 단위가 시료에 포함되어 질 동일한 확률을 가지지 않게 되므로 신뢰 수준이나 검출 수준을 정량화할 수 없다.

시료채취가 화물의 전체적인 식물위생 상태에 대한 정보 제공, 다수의 검역병해충을 검출 또는 식물위생 요건에 부합됨을 증명하기 위해서라면, 통계적인 방법이 적절할 것이다.

통계적 방법을 선택함에 있어, 화물이 수확, 선별, 포장에서 어떻게 처리되었는지와 더미 내의 병해충의 분포 가능성을 고려할 수도 있다. 시료

채취 방법은 결합될 수도 있다: 즉 층화된 시료는 층 내에서 임의 또는 계통 선택 시료 단위(혹은 군집) 중 하나를 적용할 수도 있다.

시료채취를 통해 0이 아닌 허용수준을 초과하였는지 결정해야 한다면, 순차적 시료채취 방법이 적절할 수도 있다.

일단 시료채취 방법이 선택되고, 바르게 적용되면, 다른 결과를 얻고자 하는 목적을 가진 반복되는 시료채취는 허용되지 않는다. 시료채취는 특별한 기술적인 이유(예를 들어, 시료채취 방법론의 적용이 잘못되었다고 의심될 때)로 인하여 필요하다고 인정되지 않는 한 반복되어서는 안된다.

5. 시료 크기 결정

채취해야 하는 시료의 수를 결정하기 위하여, NPPO는 신뢰 수준(예, 95%), 검출 수준(예, 5%) 그리고 허용수(예, 0)를 선택해야 하며, 검출 효율(예, 80%)을 결정해야 한다. 이런 값들과 더미의 크기로부터 시료 크기가 계산 되어질 수 있다. 부록 2-5는 시료 크기 결정의 수학적 근거를 제시한다. 이 기준의 3.1.3.은 더미에서 병해충의 분포를 고려할 때, 가장 적절한 통계에 기초한 시료채취 방법에 대한 지침을 제공한다.

5.1 더미 내 병해충 분포가 알려지지 않음

시료채취는 시료를 되돌려 놓지 않고 (without replacement) 이루어지고, 모집단이 한정되어 있기 때문에, 시료 크기를 결정하기 위해 초기하(超幾何, hypergeometric) 분포가 사용되어야 한다. 이 분포는, 특정한 숫자의 감염된 단위가 더미 내에 존재할 때, 주어진 크기의 더미로부터, 주어진 크기의 시료 내의, 어떤 수의 감염된 단위를 검출할 수 있는 확률을 제시한다(부록 2 참조). 더미 내에 감염된 단위의 수는, 검출 수준에 더미 내 총 단위 수를 곱함으로써 추정된다.

더미의 크기가 커지면, 특정 검출 수준과 신뢰 수준에서 요구되는 시료 크기는 상위의 한계값에 접근한다. 표본 크기가 더미 크기의 5% 미만일 때, 표본 크기는 이항(binomial) 또는 Poisson 분포 중 하나를 이용하여 계산될 수

있다(부록 3 참조). 세 가지 분포(초기하, 이항, Poisson)는 큰 더미 크기에서는, 특정 신뢰수준과 검출 수준에서 거의 동일한 표본 크기를 제시하지만, 이항과 Poisson 분포가 계산하기에 더 용이하다.

5.2 더미 내에 병해충이 집단으로(aggregated) 분포

대부분 병해충 개체군은 포장에서는 어느 정도 집단화되어 있다. 품목들이, 등급화 또는 선별 없이, 포장에서 수확되고 포장(packed)될 수도 있기 때문에, 더미 내 감염된 단위의 분포는 무리를 이루거나(clustered) 있거나 뭉쳐있을 수도 있다. 품목의 집단화된 감염된 단위는 감염을 찾아낼 가능성을 항상 낮출 것이다. 그러나, 식물위생 검사는 낮은 수준으로 감염된 단위와/또는 병해충을 검출해내는 것을 목표로 하고 있다. 한 시료의 검출 효율과 필요한 시료 크기에 대한 감염된 단위의 집단화의 영향은 대부분의 경우 적다. NPPO가 더미 내에서 감염된 단위가 집단화되어 있을 가능성이 높다고 판단했을 경우에는, 층화 시료채취 방법이 집단화된 감염을 검출할 기회를 증가시켜 줄 수도 있다.

병해충이 집단화 되어 있을 때, 시료 크기는 이상적으로는 β -이항 분포를 사용하여 계산되어야 한다(부록 4 참조). 그러나 이 계산은, 일반적으로 잘 알 수 없는, 집단화의 정도에 대한 지식이 있어야 하므로, 따라서 이 분포는 일반적으로 사용하기에는 실용적이지 않을 수도 있다. 다른 분포들(초기하, 이항, Poisson) 중 하나를 사용할 수도 있다; 그러나 집단화의 정도가 늘어남에 따라 시료채취의 신뢰 수준은 감소할 것이다.

6. 검출 수준의 변화

일정한 검출 수준의 선택은, 더미의 크기가 변하기 때문에, 수입 화물과 함께 들어오는 감염된 단위의 수가 계속 변하는 결과가 될 수도 있다 (예를 들어, 10,000개 단위에서 1% 감염 수준은 100개의 감염된 단위를 말하는 반면, 1,000개 단위에서 1% 감염 수준은 10개의 감염된 단위). 이상적으로 검출 수준의 선택은, 특정 기간 동안 모든 화물들에 섞여 들어오는 감염된 단위 수를 일부 반영할 것이다. NPPO가 각각 화물에서 들어오는 감염된 단위 수도 관리하고자 한다면, 다양한 검출 수준이 사용될 수도 있을 것이다. 허용

수준은 화물당 감염 개수라는 말로 특정될 수 있으며, 시료 크기는 바람직한 신뢰 수준과 검출 수준을 제시하기 위하여 정해질 것이다.

7. 시료채취의 결과

시료채취와 관련되어 있는 활동과 기술의 결과는 식물위생 활동이 내려지는 결과가 될 수도 있다(검사 결과와 관련된 더 자세한 사항은 ISPM 23에서 찾을 수 있음).

이 부록은 참고 목적일 뿐이며 이 기준을 규정하는 부분은 아니다.

부록 1: 부록 2-5에서 쓰인 수식

수식번호	목 적	부록 번호
1	시료 내에서 감염된 단위 i 를 검출할 확률	2
2	감염된 단위를 검출하지 못하는 확률을 계산하는 근사값	2
3	n 개 단위인 하나의 시료에서 감염된 단위 i 를 검출할 확률 (시료 크기가 더미 크기의 5% 이하)	3
4	n 개 단위인 하나의 시료에서 감염된 단위를 확인하지 못하는 확률의 이항 분포	3
5	적어도 한 개의 감염된 단위를 확인할 수 있는 확률의 이항 분포	3
6	m 을 결정하기 위하여 수식 5와 6을 재배치한 이항 분포	3
7	이항 수식6의 Poisson 분포	3
8	감염된 단위를 검출하지 못하는 확률의 Poisson 분포 (단순화)	3
9	적어도 한 개의 감염된 단위를 검출하는 확률의 Poisson 분포 (신뢰수준)	3
10	시료 크기 m 을 결정하는 Poisson 분포	3
11	베타 이항에 근거한 집단화된 공간 분포의 시료채취	4
12	베타 이항- 여러 개의 더미를 검사한 후 감염된 단위를 확인하지 못할 확률 (단일 더미에 대한)	4
13	베타 이항- 하나 이상의 감염된 단위를 확인할 확률	4
14	m 을 결정하기 위하여 수식 12와 13을 재배치한 베타 이항 수식	4

이 부록은 참고 목적일 뿐이며 이 기준을 규정하는 부분은 아니다

부록 2: 소량(small) 더미에서의 시료 크기 계산: 초기하 분포에 기초한 시료채취 (단순 임의 시료채취)

초기하 분포는 비교적 소량인 더미에서 병해충을 발견할 확률을 설명하는데 적절하다. 하나의 더미는, 시료 크기가 더미 크기의 5% 이상일 때는 ‘소량’이라고 간주된다. 이런 경우에 더미에서 하나의 단위를 시료채취하는 것은 다음 단위에서 감염된 단위를 발견할 확률에 영향을 미친다. 초기하에 기초한 시료채취는 되돌려 놓지 않는(without replacement) 시료채취에 기초한다.

또한, 더미 내의 병해충의 분포는 집단화되어 있지 않고 임의 시료채취가 사용된다고 가정한다. 이 방법론은 층화 시료채취 같은 다른 방법으로도 확대될 수 있다 (자세한 사항을 Cochran, 1977에서 찾을 수 있음).

하나의 시료에서 감염된 단위(i)를 검출할 확률은 다음과 같다.

$$P(X = i) = \frac{\binom{A}{i} \binom{N-A}{n-i}}{\binom{N}{n}} \quad \text{수식 1}$$

여기에서:

$$\binom{a}{b} = \frac{a!}{b!(a-b)!} \quad \text{여기서} \quad a! = a(a-1)(a-2)\dots\dots 1 \text{ and } 0! = 1$$

$P(X=i)$ 는 시료에서 감염된 단위 i 를 검출할 확률, 여기서 $i = 0, \dots, n$.

신뢰 수준은 $1 - P(X = i)$ 이다.

A = 만약 해당 더미에서 모든 단위가 검사되거나 정밀검사될 경우, 더미에서 검출될 수 있는 감염된 단위의 수, 주어진 검출 효율 (검출 수준 x N x 정수로 축약된 효율)

i = 시료에서 감염된 단위의 수

N = 더미 내 단위의 수 (더미의 크기)

n = 시료에서 단위의 수 (시료 크기)

특히, 감염되지 않은 단위를 발견할 확률을 위해 사용될 수 있는 근사값은

$$P(X=0) = \left(\frac{N-A-u}{N-u} \right)^n \quad \text{수식 2}$$

여기서 $u = (n-1)/2$ (Cochran, 1977).

n 을 결정하기 위해 방정식을 푸는 것은 계산적으로 어려우나, 근사치나 혹은 최고 가능성 추정을 통해 될 수 있다.

Tables 1과 2는 허용수가 0일 때, 다른 더미 크기에서 계산된 시료 크기와 검출 수준과 신뢰 수준을 보여준다.

Table 1. 초기하 분포에서 시료 크기에 따른 여러 검출 수준들의 95%와 99% 신뢰 수준의 최소 표본 크기 표

Number of units in lot	P = 95% (confidence level) % level of detection x efficacy of detection					P = 99% (confidence level) % level of detection x efficacy of detection				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
25	24*	-	-	-	-	25*	-	-	-	-
50	39*	48	-	-	-	45*	50	-	-	-
100	45	78	95	-	-	59	90	99	-	-
200	51	105	155	190	-	73	136	180	198	-
300	54	117	189	285*	-	78	160	235	297*	-
400	55	124	211	311	-	81	174	273	360	-
500	56	129	225	388*	-	83	183	300	450*	-
600	56	132	235	379	-	84	190	321	470	-
700	57	134	243	442*	-	85	195	336	549*	-
800	57	136	249	421	-	85	199	349	546	-
900	57	137	254	474*	-	86	202	359	615*	-

1 000	57	138	258	450	950	86	204	368	601	990
2 000	58	143	277	517	1553	88	216	410	737	1800
3 000	58	145	284	542	1895	89	220	425	792	2353
4 000	58	146	288	556	2108	89	222	433	821	2735
5 000	59	147	290	564	2253	89	223	438	840	3009
6 000	59	147	291	569	2358	90	224	442	852	3214
7 000	59	147	292	573	2437	90	225	444	861	3373
8 000	59	147	293	576	2498	90	225	446	868	3500
9 000	59	148	294	579	2548	90	226	447	874	3604
10 000	59	148	294	581	2588	90	226	448	878	3689
20 000	59	148	296	589	2781	90	227	453	898	4112
30 000	59	148	297	592	2850	90	228	455	905	4268
40 000	59	149	297	594	2885	90	228	456	909	4348
50 000	59	149	298	595	2907	90	228	457	911	4398
60 000	59	149	298	595	2921	90	228	457	912	4431
70 000	59	149	298	596	2932	90	228	457	913	4455
80 000	59	149	298	596	2939	90	228	457	914	4473
90 000	59	149	298	596	2945	90	228	458	915	4488
100 000	59	149	298	596	2950	90	228	458	915	4499
200 000+	59	149	298	597	2972	90	228	458	917	4551

감염된 단위의 소수점 이하 수는 불가능하기 (예를 들어, 0.5%의 감염된 300 단위는 화물에서 1.5 감염된 단위에 상응한다) 때문에, 표에서 별표로 표시된 값들은 소수점 이하를 버린 것이다. 이는 시료채취 강도가 약간 증가하는 것을 의미하고, 계산된 숫자의 소수점 이하를 버릴 때, 더 큰 단위에서 더 적은 시료 크기가 계산되는 경우가 있을 수도 있다(예를 들면, 표에서 700과 800 단위들의 결과를 비교해보시오). 이것은 또한 표에서 지시하는 비율보다 약간 더 낮은 비율의 감염 단위들이 검출될 수 있음을 의미하며, 혹은, 그런 감염은 신뢰수준보다 더 높게 검출될 수 있다.

가능하지 않은 경우(한 개 이하의 단위가 감염됨)를 가정한 시나리오는 표에서 -로 표시되었다.

Table 2: 초기하 분포에서 더미 크기에 따른 여러 검출 수준들의 80%와 90% 신뢰수준의 시료 크기

Number of units in lot	P = 80% (confidence level) % level of detection x efficacy of detection					P = 90% (confidence level) % level of detection x efficacy of detection				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
100	27	56	80	-	-	37	69	90	-	-
200	30	66	111	160	-	41	87	137	180	-
300	30	70	125	240*	-	42	95	161	270*	-
400	31	73	133	221	-	43	100	175	274	-
500	31	74	138	277*	-	43	102	184	342*	-
600	31	75	141	249	-	44	104	191	321	-
700	31	76	144	291*	-	44	106	196	375*	-
800	31	76	146	265	-	44	107	200	350	-
900	31	77	147	298*	-	44	108	203	394*	-
1 000	31	77	148	275	800	44	108	205	369	900
2 000	32	79	154	297	1106	45	111	217	411	1368
3 000	32	79	156	305	1246	45	112	221	426	1607
4 000	32	79	157	309	1325	45	113	223	434	1750
5 000	32	80	158	311	1376	45	113	224	439	1845
6 000	32	80	159	313	1412	45	113	225	443	1912
7 000	32	80	159	314	1438	45	114	226	445	1962
8 000	32	80	159	315	1458	45	114	226	447	2000
9 000	32	80	159	316	1474	45	114	227	448	2031
10 000	32	80	159	316	1486	45	114	227	449	2056
20 000	32	80	160	319	1546	45	114	228	455	2114
30 000	32	80	160	320	1567	45	114	229	456	2216

40 000	32	80	160	320	1577	45	114	229	457	2237
50 000	32	80	160	321	1584	45	114	229	458	2250
60 000	32	80	160	321	1588	45	114	229	458	2258
70 000	32	80	160	321	1591	45	114	229	458	2265
80 000	32	80	160	321	1593	45	114	229	459	2269
90 000	32	80	160	321	1595	45	114	229	459	2273
100 000	32	80	160	321	1596	45	114	229	459	2276
200 000	32	80	160	321	1603	45	114	229	459	2289

감염된 단위의 소수점 이하 수는 불가능하기 (예를 들어, 0.5%의 감염된 300 단위는 화물에서 1.5 감염된 단위에 상응한다) 때문에, 표에서 별표로 표시된 값들은 소수점 이하를 버린 것이다. 이는 시료채취 강도가 약간 증가하는 것을 의미하고, 계산된 숫자의 소수점 이하를 버릴 때, 더 큰 단위에서 더 적은 시료 크기가 계산되는 경우가 있을 수도 있다(예를 들면, 표에서 700과 800 단위들의 결과를 비교해보시오). 이것은 또한 표에서 지시하는 비율보다 약간 더 낮은 비율의 감염 단위들이 검출될 수 있음을 의미하며, 혹은, 그런 감염은 신뢰 수준보다 더 높게 검출될 수 있다.

가능하지 않은 경우(한 개 이하의 단위가 감염됨)를 가정한 시나리오는 표에서 -로 표시되었다.

이 부록은 참고 목적일 뿐이며 이 기준을 규정하는 부분은 아니다

부록 3: 큰 더미의 시료채취 : 이항 분포 혹은 Poisson에 근거한 시료채취

충분히 혼합된 큰 더미의 경우, 감염된 단위를 찾아내는 가능성은 단순 이항식 통계에 가깝다. 시료 크기는 더미 크기의 5%보다 더 적다. n 단위들의 시료에서 감염된 단위들, i 를 확인할 확률은 다음과 같이 주어진다:

$$P(X=i) = \binom{n}{i} \phi^i (1-\phi)^{n-i} \quad \text{수식 3}$$

p 는 더미에서 감염된 단위들의 평균비(감염 수준)이고 그리고 ϕ 는 100으로 나눈 퍼센트 검사 효율을 의미한다.

$P(X = i)$ 는 시료에서 감염된 단위들, i 를 확인할 확률이다. 신뢰 수준은 다음과 같다: $1 - P(X = i)$, $i = 0, 1, 2, \dots, n$.

식물위생 목적들의 경우, 시료에서 병해충 자체나 병징을 확인하지 못하는 확률이 결정된다. n 단위들의 시료에서 감염된 단위를 확인하지 못하는 확률은 다음 식으로 주어진다.

$$P(X=0) = (1-\phi)^n \quad \text{수식 4}$$

적어도 하나의 감염된 단위를 검출하는 확률은

$$P(X>0) = 1 - (1-\phi)^n \quad \text{수식 5}$$

이 방정식은 n 을 결정하기 위해 재배열 될 수 있다.

$$n = \frac{\ln[1 - P(X > 0)]}{\ln(1 - \phi p)} \quad \text{수식 6}$$

감염 수준(p), 유효도(ϕ) 그리고 신뢰수준($1 - P(X > 0)$)들이 NPPQ에 의해 결정되어질 때, 시료 크기 n 은 이 방정식에 의해 결정될 수 있다.

이항 분포는 Poisson 분포와 가까워질 수 있다. n 이 더 커지고 p 가 적어지면, 위의 이항 분포 방정식은 아래 Poisson 분포식에 가까워진다.

수식 7

$$P(X=i) = \frac{(n\phi p)^i e^{-n\phi p}}{i!}$$

여기에서 e 는 자연 로그 기본 값이다.

감염되지 않은 단위들을 발견할 확률은 단순하게 하면

$$P(X=0) = e^{-n\phi p}$$

수식 8

적어도 하나의 감염된 단위를 발견할 확률(신뢰 수준)은 다음 같이 계산된다.

$$P(X>0) = 1 - e^{-n\phi p}$$

수식 9

n 은 다음과 같이 풀어지는데, 이는 시료 크기를 결정할 때 사용될 수 있다.

$$n = -\ln[1 - P(X>0)]/\phi p$$

수식 10

Tables 3과 4는, 허용수가 0일 때, 이항 분포와 Poisson에서의 검출 수준, 효율 및 신뢰 수준에서 계산된 시료 크기를 보여 주고 있다. Table 1(부록 2)의 100% 효율을 비교하면, n 이 크고 p 가 적을 때에는 이항 분포와 Poisson 분포가 초기하 분포와 매우 유사한 결과를 보여주는 것을 알 수 있다.

Table 3: 더미 크기가 크고 충분히 혼합되어 있을 때, 효율값에 따른, 다양한 검출 수준에서의 95%와 99% 신뢰 수준의 표본 크기, 이항 분포

% efficacy	P = 95% (confidence level) % level of detection					P = 99% (confidence level) % level of detection				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
100	59	149	299	598	2995	90	228	459	919	4603
99	60	150	302	604	3025	91	231	463	929	4650
95	62	157	314	630	3152	95	241	483	968	4846
90	66	165	332	665	3328	101	254	510	1022	5115

85	69	175	351	704	3523	107	269	540	1082	5416
80	74	186	373	748	3744	113	286	574	1149	5755
75	79	199	398	798	3993	121	305	612	1226	6138
50	119	299	598	1197	5990	182	459	919	1840	9209
25	239	598	1197	2396	11982	367	919	1840	3682	18419
10	598	1497	2995	5990	29956	919	2301	4603	9209	46050

Table 4: 더미 크기가 크고 충분히 혼합되어 있을 때, 효율값에 따른, 다양한 검출 수준에서의 95%와 99% 신뢰 수준의 표본 크기, Poisson 분포

% efficacy	P = 95% (confidence level) % level of detection					P = 99% (confidence level) % level of detection				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
100	60	150	300	600	2996	93	231	461	922	4606
99	61	152	303	606	3026	94	233	466	931	4652
95	64	158	316	631	3154	97	243	485	970	4848
90	67	167	333	666	3329	103	256	512	1024	5117
85	71	177	353	705	3525	109	271	542	1084	5418
80	75	188	375	749	3745	116	288	576	1152	5757
75	80	200	400	799	3995	123	308	615	1229	6141
50	120	300	600	1199	5992	185	461	922	1843	9211
25	240	600	1199	2397	11983	369	922	1843	3685	18421
10	600	1498	2996	5992	29958	922	2303	4606	9211	46052

이 부록은 참고 목적일 뿐이며 이 기준을 규정하는 부분은 아니다.

부록 4: 집단화된 분포를 하고 있는 병해충의 시료채취: 베타 이항에 근거한 시료채취

집단화된 공간 분포의 경우 시료채취는 집단화를 보상하기 위해 보정될 수 있다. 이러한 보정을 적용하기 위해서는 품목이 군집들(clusters)(예를 들면 박스)로 이루어져 있으며 선택된 군집에서 각각의 단위들이 조사되었다고 (군집 표본추출) 가정해야 한다. 그러한 경우에, 감염된 단위 비율 f 는 모든 군집에서 더 이상 상수가 아니며, 단지 베타 밀도 함수를 따른다.

$$P(X=i) = \binom{n}{i} \frac{\prod_{j=0}^{i-1} (f+j\theta) \prod_{j=0}^{n-i-1} (1-f+j\theta)}{\prod_{j=0}^{n-1} (1+j\theta)} \quad \text{수식 11}$$

f 는 그 더미에서 감염된 단위(감염 수준) 평균 비율이다.

$P(X=i)$ 는 더미에서 감염된 단위 i 가 확인될 확률이다

n = 한 더미에서 단위 수

$\prod$ 는 생산 함수

θ 은 j 번째 더미에서 집단화 수치. θ 은 $0 < \theta < 1$ 임

식물위생 시료채취는 여러 묶음(batches)을 검사한 후, 감염된 단위가 발견되지 않는 확률에 더 관심을 둔다. 하나의 묶음에서 $X > 0$ 일 때 확률은 아래와이며,

$$P(X > 0) = 1 - \prod_{j=0}^{n-1} (1-f+j\theta)/(1+j\theta) \quad \text{수식 12}$$

여러 더미 각각에서 감염된 단위가 없을 확률은 $P(X=0)^m$ 과 같다. 여기서 m 은 더미의 개수이다. f 가 낮을 때 수식 1은 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\Pr(X=0) \approx (1+n\theta)^{-(mf/\theta)} \quad \text{수식 13}$$

하나 이상의 감염된 단위가 관찰될 확률은 $1 - \Pr(X=0)$ 로 주어지며, 이 수식을 m 을 결정하기 위하여 재배열하면

$$m = \frac{-\theta}{f} \left[\frac{\ln(1 - P(x > 0))}{\ln(1 + n\theta)} \right] \quad \text{수식 14}$$

층화 시료채취는 집단화의 영향을 감소시키는 방법을 제공한다. 층들은 층 내의 집단화 정도가 최소화되도록 선택되어야 한다.

집단화 정도와 신뢰 수준이 고정되어 있을 때, 시료 크기가 결정될 수 있다. 집단화 정도 없이는 시료 크기가 결정될 수 없다.

efficacy(ϕ)는 100%를 넘지 않으며, 수식에서 ϕf 를 f 로 대체하여 포함되기도 한다.

이 부록은 참고 목적일 뿐이며 이 기준을 규정하는 부분은 아니다

부록 5: 초기하와 고정 확률 시료채취 결과 비교

Table 5: 10% 검출 수준에 대한 다른 시료채취 체계(scheme)들의 결과에 대한 신뢰도

더미 크기	초기하에 기초한 시료채취 (임의 시료채취)		고정 비율 시료채취 (2%)	
	시료 크기	신뢰수준	시료 크기	신뢰수준
10	10	1	1	0.100
50	22	0.954	1	0.100
100	25	0.952	2	0.191
200	27	0.953	4	0.346
300	28	0.955	6	0.472
400	28	0.953	8	0.573
500	28	0.952	10	0.655
1 000	28	0.950	20	0.881
1 500	29	0.954	30	0.959
3 000	29	0.954	60	0.998

400	28	0.10	8	0.31
500	28	0.10	10	0.26
1 000	28	0.10	20	0.14
1 500	29	0.10	30	0.09
3 000	29	0.10	60	0.05

Table 6: 다른 시료채취 체계를 사용한 95% 신뢰도를 가지고 검출할 수 있는 최소 수준

더미 크기	초기하에 기초한 시료채취		고정 비율 시료채취 (2%)	
	시료 크기	최소 검출 수준	시료 크기	최소 검출 수준
10	10	0.10	1	1.00
50	22	0.10	1	0.96
100	25	0.10	2	0.78
200	27	0.10	4	0.53
300	28	0.10	6	0.39