



استانداردهای بین المللی موازین بهداشت گیاهی
INTERNATIONAL STANDARDS FOR
PHYTOSANITARY MEASURES

استاندارد شماره ۳۱

ISPM No. 31

متودولوژی نمونه برداری محموله های کشاورزی

METHODOLOGIES FOR SAMPLING OF
CONSIGNMENTS

ترجمه و تنظیم:

مریم جلیلی مقدم

مدیر تدوین ضوابط، استانداردها و برنامه های کنترل

1392

فهرست مطالب:

تأیید

مقدمه

حیطه

کلیات مقررات

پیش زمینه

اهداف نمونه برداری از محموله ها

شرایط

1 شناسایی بسته

2 واحد نمونه

3 نمونه برداری آماری و غیر آماری

3.1 نمونه برداری دارای مبنای آماری

3.1.1 پارامترها و مفاهیم مربوطه

3.1.1.1 عدد پذیرش

3.1.1.2 ضریب تشخیص

3.1.1.3 ضریب اطمینان

3.1.1.4 ضریب کارایی تشخیص

3.1.1.5 اندازه نمونه

3.1.1.6 سطح خطا

3.1.2 ارتباط بین پارامترها و سطح خطا

3.1.3 شیوه های نمونه برداری دارای مبنای آماری

3.1.3.1 نمونه برداری ساده تصادفی

3.1.3.2 نمونه برداری منظم

3.1.3.3 نمونه برداری لایه ای

3.1.3.4 نمونه برداری متوالی

3.1.3.5 نمونه برداری خوشه ای

3.1.3.6 نمونه برداری با نسبت ثابت

3.2 نمونه برداری بدون مبنای آماری

3.2.1 نمونه برداری راحت

3.2.2 نمونه برداری نامنظم

3.2.3 نمونه برداری انتخابی یا نمونه برداری هدف دار

4 انتخاب یک شیوه نمونه برداری

5 تعیین اندازه نمونه

5.1 انتشار آفت نامعلوم در بسته

5.2 انتشار آفت متراکم در بسته

6 سنجش سطح (میزان) تشخیص

7 نتیجه نمونه برداری

محاسبه اندازه نمونه ها برای بسته های کوچک: نمونه برداری بر اساس توزیع فوق هندسی (نمونه برداری ساده تصادفی)

نمونه برداری از بسته های بزرگ: نمونه برداری بر اساس توزیع دو جمله ای یا پواسون

نمونه برداری بر ای آفات با توزیع متراکم:

نمونه برداری بر اساس روش دو جمله ای بتا

تأیید

این استاندارد مورد تأیید کمیسیون موازین بهداشت نباتی در ماه آوریل سال 2008 می باشد.

مقدمه

حیطه

این استاندارد دستورالعمل انتخاب شیوه ی نمونه برداری مناسب جهت بازرسی یا آزمایش محموله های کشاورزی را به منظور تأیید تطابق آنها با موازین بهداشت گیاهی ، برای سازمانهای ملی حفظ نباتات (NPPO ها) فراهم می نماید.

این استاندارد دستورالعملی برای نمونه برداری صحرائی (مانند انواع ردیابی های آفات) ارائه نمی کند.

کلیات مقررات

شیوه های مورد استفاده از سوی NPPO ها برای انتخاب نمونه ها جهت بازرسی کالاهای درحال جابجایی در تجارت بین المللی، بر مبنای تعدادی از مفاهیم نمونه برداری است. اینها شامل پارامترهایی مثل میزان پذیرش، سطح کشف و شناسایی، ضریب اطمینان، میزان دقت در کشف و اندازه نمونه هستند.

بکارگیری شیوه هایی که اساس آماری دارند، مانند نمونه برداری ساده تصادفی، نمونه برداری منظم، نمونه برداری لایه ای، نمونه برداری متوالی، یا نمونه برداری خوشه ای، نتایجی را با ضریب اطمینان آماری در اختیار می گذارند. دیگر شیوه های نمونه برداری که مبنای آماری ندارند، مانند نمونه برداری راحت، نمونه برداری نامنظم، یا نمونه برداری انتخابی، می توانند نتایج صحیحی در رابطه با حضور یا عدم حضور آفت یا آفات مشمول مقررات در اختیار قرار دهند، اما هیچگونه

استنباط آماری بر مبنای آنها امکان پذیر نیست. محدودیت های عملیاتی دارای تأثیر بر قابلیت اجرای نمونه برداری با یک شیوه و یا شیوه دیگر خواهند بود.

برای کاربرد شیوه های نمونه برداری، NPPO ها ریسک شناسایی نشدن بسته هایی خارج از استاندارد را تا میزان معینی می پذیرند. بازرسی با استفاده از شیوه های دارای مبنای آماری فقط می تواند نتایجی با میزان معین اطمینان در اختیار قرار دهد و نمی تواند عدم وجود آفت را در یک محموله اثبات کند.

پیش زمینه

این استاندارد مبنای آماری و متمم های ISPM شماره 20 (دستورالعملهایی برای یک سیستم نظارت بر بهداشت نباتات وارداتی) و شماره 23 (دستورالعمل بازرسی) را در اختیار می گذارد. بازرسی کالاهای مشمول مقررات که در تجارت جابجا می شوند یک ابزار اساسی برای مدیریت خطرات آفات و رایج ترین پروسه بهداشت نباتی است که برای تشخیص حضور آفات و یا رعایت مقررات بهداشت نباتات وارداتی در سطح جهان مورد استفاده قرار می گیرد.

معمولاً بازرسی کل محموله عملی نیست، بنابر این بازرسی بهداشت نباتات عموماً فقط بر روی نمونه های اخذ شده از یک محموله انجام می گیرد. قابل ذکر است که مفاهیم نمونه برداری درج شده در این استاندارد می تواند همچنین برای دیگر پروسه های بهداشت نباتی، بخصوص در گزینش واحدها برای آزمایش، مورد استفاده قرار گیرد.

نمونه برداری از نباتات، محصولات نباتی، یا دیگر اقلام مشمول مقررات می تواند هنگام صادرات، در نقطه واردات، یا دیگر نقاطی که NPPO ها تعیین کرده اند، صورت گیرد.

این نکته حائز اهمیت است که شیوه های نمونه برداری تدوین شده و مورد استفاده توسط NPPO ها بصورت مکتوب و دارای شفافیت بوده، و به اصل تأثیر حداقل (ISPM شماره 1: اصول بهداشت نباتات برای حفظ نباتات و بکارگیری مقررات بهداشت نباتات در ارتباط با تجارت جهانی) را مد نظر قرار دهند، بخصوص از آن رو که بازرسی بر اساس نمونه برداری می تواند به رد یا صدور گواهی بهداشت نباتات، امتناع از ورود، یا پردازش یا انهدام محموله یا بخشی از یک محموله بیانجامد.

شیوه های نمونه برداری مورد استفاده توسط NPPO ها به مقاصد نمونه برداری بستگی خواهد داشت (برای مثال، نمونه برداری برای آزمایش) و ممکن است صرفاً دارای مبنای آماری بوده و یا با توجه به محدودیت های خاص عملیاتی تدوین شده باشد. شیوه های تدوین شده برای دستیابی به اهداف نمونه برداری، در چهارچوب محدودیت های عملیاتی، نمی توانند در نتایج به همان سطوح اطمینان شیوه های دارای مبنای آماری کامل دست یابند، اما با اینحال این شیوه ها می توانند بسته به اهداف مطلوب نمونه برداری، نتایج معتبری ارائه نمایند. در صورتی که تنها هدف از نمونه برداری، افزایش شانس کشف یک آفت باشد، نمونه برداری انتخابی یا هدف دار نیز معتبر خواهد بود.

اهداف نمونه برداری از محموله ها

برای اهداف زیر ، نمونه برداری از محموله ها به منظور بازرسی و/ یا آزمایش انجام می گیرد:

- کشف آفات مشمول مقررات
- ایجاد اطمینان از این امر که تعداد آفات مشمول مقررات یا واحدهای آلوده در یک محموله از میزان قابل قبول معین شده برای یک آفت خاص تجاوز نمی کند
- اطمینان از وضعیت کلی بهداشت نباتی یک محموله

- کشف ارگانسیم هایی که هنوز خطر بهداشت نباتی خاصی برای آنها شناخته نشده است
- بهینه سازی احتمال کشف آفات خاص مشمول مقررات
- به حداکثر رسانی استفاده از منابع نمونه برداری موجود
- جمع آوری اطلاعات دیگر مانند اطلاعات مربوط به نظارت بر یک گذرگاه
- سنجش رعایت مقررات بهداشت نباتات
- تشخیص نسبت آلودگی محموله.

لازم به ذکر است که بازرسی و/یا آزمایش بر اساس نمونه برداری همواره دارای درصدی خطا می باشد. پذیرش احتمال تقریبی این امر که آفات وجود دارند، از خصوصیات ذاتی کاربرد پروسه های بازرسی و/یا آزمایش است. بازرسی و/یا آزمایش با استفاده از شیوه های نمونه برداری دارای مبنای آماری، می تواند این ضریب اطمینان را به دست دهد که احتمال رویت یک آفت کمتر از سطح معین است، اما این به معنای اثبات این امر نیست که آفت حقیقتاً در محموله وجود ندارد.

شرایط

1 شناسایی بسته

یک محموله می تواند متشکل از یک یا بیش از یک بسته (عدل، دسته، سری ...) باشد. درجایی که محموله متشکل از بیش از یک بسته است، احتمالاً بازرسی به منظور تشخیص رعایت مقررات، متشکل از چندین بازرسی بصری مجزا خواهد بود و از اینرو، بسته ها باید بصورت جداگانه نمونه برداری شوند. در چنین مواردی، نمونه های مرتبط با هر بسته باید از بقیه جدا و مشخص باشند تا اگر بازرسی یا آزمایش بعدی به کشف عدم رعایت مقررات بهداشت نباتات منجر شد بتوان بسته

مربوطه را به صراحت یافت. اینکه آیا یک بسته بازرسی خواهد شد یا نه، با استفاده از عواملی تشخیص داده خواهد شد که در ISPM شماره 23 (دستورالعمل بازرسی، بخش 1.5) آمده است. بسته ای که قرار است از آن نمونه برداری شود باید دارای تعداد معینی واحد از یک کالای همسان بوده و با استفاده از یکسانی عواملی مثل آنچه در زیر آمده است قابل شناسایی باشد:

- مبدا
- کشت دهنده
- تأسیسات بسته بندی
- نوع، گونه، یا درجه بلوغ
- صادرکننده
- منطقه تولید
- آفات مشمول مقررات و ویژگی های آنها
- فرآوری در مبدا
- نوع فرآوری (سترون ...).

شرایط مورد استفاده توسط NPPO برای تمایز بسته ها باید بطور پایدار برای کلیه محموله های مشابه بکار گرفته شوند.

برخورد با کالاهای مختلف به عنوان یک مجموعه به منظور راحتی، می تواند به معنای این باشد که امکان اخذ استنباط های آماری از نتایج نمونه برداری امکان پذیر نیست.

لازمه نمونه برداری ابتدا تشخیص هویت واحد مناسب برای نمونه برداری است (برای مثال: یک میوه، ساقه، شاخه، واحد وزنی، کیسه یا کارتن). تشخیص واحد نمونه برداری، به عوامل مربوط به یکسانی در انتشار آفات در کل کالا، اینکه آیا آفات ساکن یا متحرک باشند، چگونگی بسته بندی محموله، کاربرد مورد نظر، و ملاحظات عملیاتی بستگی دارد. برای مثال، اگر تصمیم گیری صرفاً به بیولوژی آفت بستگی داشته باشد، واحد نمونه برداری مناسب ممکن است در صورت کم تحرکی آفت، یک گیاه یا محصول گیاهی باشد، ولی در مورد آفات متحرک، ممکن است یک کارتن یا ظرف دیگر محتوی کالا بعنوان واحد نمونه برداری ترجیح داده شود. علی ایحال، هنگامی که قرار است بازرسی بیش از یک نوع آفت را شناسایی کند، ممکن است ملاحظات دیگری (برای مثال، قابلیت اجرایی استفاده از واحدهای مختلف برای نمونه برداری) اعمال شود. واحدهای نمونه برداری باید بطور مرتب مشخص شده و از یکدیگر مستقل باشند. این امر NPPO ها را قادر می سازد تا پروسه استنباط از نمونه بسته یا محموله ای را که نمونه از آن انتخاب شده است ساده کنند.

3 نمونه برداری آماری و غیر آماری

شیوه نمونه برداری، پروسه ای است که توسط NPPO ها برای انتخاب واحدها جهت بازرسی و/یا آزمایش تصویب شده است. نمونه برداری برای بازرسی بهداشت نباتات محموله ها یا بسته ها، با برداشتن واحدهایی از محموله یا بسته بدون جابجا کردن واحدهای انتخابی انجام می گیرد. NPPO ها می توانند یک شیوه دارای مبنای آماری و یا بدون مبنای آماری را انتخاب نمایند.

نمونه برداری بر اساس شیوه های دارای مبنای آماری و یا شیوه های هدف دار، برای تسهیل کشف آفت یا آفات مشمول مقررات در یک محموله و/یا بسته می باشد.

3.1 نمونه برداری دارای مبنای آماری

شیوه های نمونه برداری دارای مبنای آماری مستلزم تشخیص تعدادی پارامتر مرتبط باهم و انتخاب مناسب ترین شیوه نمونه برداری دارای مبنای آماری است.

3.1.1 پارامترها و مفاهیم مربوطه

نمونه برداری دارای مبنای آماری برای کشف درصد یا نسبت خاصی از آلودگی با ضریب اطمینان معین است، و از اینرو NPPO را ملزم به تعیین این پارامترهای مرتبط به هم می نماید: عدد پذیرش، ضریب تشخیص، ضریب اطمینان، ضریب کارایی تشخیص و اندازه نمونه. همچنین NPPO می تواند برای آفات خاص یک سطح خطا تعیین کند (برای مثال، آفات مشمول مقررات غیر قرنطینه ای).

3.1.1.1 عدد پذیرش

عدد پذیرش تعداد واحدهای آلوده و یا تعداد معین آفات است که پیش از انجام اقدامات بهداشت نباتات، با توجه به اندازه یک نمونه قابل پذیرش است. بسیاری از NPPO ها این عدد را برای آفات قرنطینه ای صفر می دانند. برای مثال، اگر عدد پذیرش صفر باشد و یک واحد آلوده در نمونه یافت شود، آنگاه اقدامات بهداشت نباتات انجام خواهد گرفت. توجه این امر حائز اهمیت است که عدد پذیرش صفر برای یک نمونه به معنای سطح خطای صفر در کل محموله نمی باشد. حتی اگر آفتی در یک نمونه یافت نشود، هنوز این احتمال باقیست که آفت در بقیه محموله باقی باشد، اگرچه در سطح بسیار اندک.

عدد پذیرش با نمونه مرتبط است. عدد پذیرش، تعداد واحدهای آلوده و یا تعداد تکی آفت هایی است که در نمونه مجاز است، درحالیکه سطح خطا (بخش 3.1.1.6 را ببینید) به وضعیت کل محموله اطلاق می شود.

3.1.1.2 ضریب تشخیص

ضریب تشخیص، حداقل درصد یا نسبت آلودگی است که یک شیوه نمونه برداری با دقت معین در تشخیص و ضریب اطمینان کشف خواهد کرد، و NPPO قصد کشف آنرا در یک محموله دارد. ضریب تشخیص می تواند برای یک آفت، یک گروه یا طبقه ای از آفات، یا برای آفات مشخص نشده تعیین شود. ضریب تشخیص می تواند از موارد زیر اخذ شود:

- یک تصمیم بر مبنای آنالیز خطرات آفات برای تشخیص سطح معین آلودگی (میزان آلودگی که نماینده خطر غیرقابل قبول است)
- یک ارزیابی کارآیی اقدامات بهداشت نباتات انجام شده قبل از بازرسی
- یک تصمیم دارای مبنای عملیاتی که بازرسی بالاتر از یک سطح شدت معین عملی نیست.

3.1.13 ضریب اطمینان

ضریب اطمینان نشانگر احتمال کشف یک محموله با درجه آلودگی بالاتر ضریب تشخیص است. استفاده از ضریب اطمینان 95٪ رایج است. ممکن است NPPO بسته به کاربرد مورد نظر برای کالا، ضریب اطمینان های دیگری را لازم کند. برای مثال، ممکن است برای کالاهایی که برای غرس در نظر گرفته شده اند ضریب اطمینان بالاتری نسبت به کالاهایی در نظر گرفته شود که برای مصرف هستند، و نیز ضریب اطمینان می تواند بسته به شدت مقررات بهداشت نباتات اعمال شده و شواهد و سوابق عدم رعایت مقررات، تغییر کند. دستیابی به مقادیر سطوح اطمینان بسیار بالا سرعت دشوار شده و مقادیر سطوح اطمینان کمتر جهت تصمیم گیری معنای کمتری پیدا می کنند. یک سطح دستیابی 95٪ به معنای آنست که نتیجه گیری های اخذ شده از نتایج نمونه برداری می تواند بطور متوسط از هر 100 مورد 95 مورد تشخیص دهد که محموله مقررات را

رعایت نکرده است، و از اینرو می توان استنباط کرد که بطور متوسط 5٪ از موارد نقض مقررات تشخیص داده نخواهند شد.

3.1.1.4 ضریب کارآیی تشخیص

ضریب کارآیی تشخیص یعنی احتمال آنکه بازرسی یا آزمایش یک واحد آلوده منجر به تشخیص آفت شود. بطور کلی کارآیی را نباید 100٪ پنداشت. محض نمونه، ممکن است تشخیص آفات با چشم دشوار باشد، ممکن است گیاهان از خود آثار بیماری را نشان ندهند (آلودگی نهفته)، و یا کارآیی ممکن است در نتیجه خطای انسانی کاهش یابد. امکان آن هست که برای تعیین اندازه نمونه، مقادیر پایین تر کارآیی را در نظر گرفت (برای نمونه، 80٪ شانس تشخیص آفت، هنگام بازرسی یک واحد آلوده).

3.1.1.5 اندازه نمونه

اندازه نمونه تعداد واحدهایی است که از بسته یا محموله برای بازرسی یا آزمایش انتخاب می شود. دستورالعمل تعیین اندازه در بخش 5 آمده است.

3.1.1.6 سطح خطا

سطح خطا به درصد آلودگی در کل محموله یا بسته اطلاق می شود و مرز اقدامات بهداشت نباتات است.

می توان سطوح خطا را برای آفات غیرقرنطینه ای مشمول مقررات (که در ISPM شماره 21: *آنالیز خطرات آفات برای آفات غیر قرنطینه ای*، بخش 4.4) و نیز برای شرایط مربوط به مقررات بهداشت نباتات وارداتی (برای مثال: پوست روی چوب یا خاک روی ریشه گیاه) تعیین نمود.

با در نظر گرفتن احتمالات حضور آفت در واحد های نمونه برداری نشده که در بخش 1.3.1.1 آمده است، اغلب NPPO ها برای کلیه آفات قرنطینه ای دارای یک سطح خطای صفر می باشند. علی ایحال، یک NPPO می تواند سطح خطا را برای یک آفت مشمول مقررات بر مبنای آنالیز خطر آفت (ISPM شماره 11: آنالیز خطرات آفات برای آفات قرنطینه شده شامل آنالیز خطرات زیست محیطی و ارگانسیم های تغییر یافته زنده، بخش 3.4.1) تعیین نموده و آنگاه نرخ نمونه برداری را از روی آن تعیین کند. برای مثال، NPPO ها می توانند سطح خطایی را تعیین کنند که بالاتر از صفر باشد زیرا در صورتی که توان بقای آفت کم تلقی شده و یا استفاده نهایی مورد نظر برای محصول (برای مثال، میوه تازه و سبزیجات که جهت پردازش و تبدیل وارد شده باشند) منجر به محدود شدن احتمال ورود آفت به مناطق خطرناک باشد، ممکن است تعداد کمی از آفت قرنطینه ای قابل پذیرش باشد.

3.1.2 ارتباط بین پارامترها و سطح خطا

پنج پارامتر (عدد پذیرش، ضریب تشخیص، ضریب اطمینان، ضریب کارایی تشخیص، و اندازه نمونه) بصورت آماری با هم مرتبط اند. با در نظر گرفتن سطح خطای تعیین شده، NPPO باید کارایی شیوه تشخیص مورد استفاده را معین نموده و بر عدد پذیرش در نمونه تصمیم گیری کند؛ و دو مورد از سه مورد پارامتر باقیمانده را نیز می توان برگزید و پارامتر آخر از روی مقادیر انتخاب شده برای پارامترهای دیگر انتخاب می شود.

در صورتی که یک سطح خطای بالاتر از صفر انتخاب شده باشد، ضریب تشخیص مورد انتخاب باید مساوی با (یا اگر ضریب اطمینان بالاتر از صفر است، کمتر از) ضریب اطمینان باشد تا اطمینان حاصل شود که محموله ها دارای ضریب آلودگی بالاتر از سطح خطا با ضریب اطمینان تعیین شده کشف خواهند شد.

اگر آفتی در واحد نمونه کشف نشد، آنگاه درصد آلودگی محموله را نمی توان خارج از این واقعیت درج نمود که این رقم پایین تر از ضریب تشخیص با ضریب اطمینان مقرر است. اگر آفت در نمونه دارای اندازه مناسب کشف نشد، درصد اطمینان این احتمال را بدست می دهد که از ضریب اطمینان تجاوز نشده است.

3.1.3 شیوه های نمونه برداری دارای مبنای آماری

3.1.3.1 نمونه برداری ساده تصادفی

نمونه برداری ساده تصادفی منجر به این امر است که کلیه واحدهای نمونه دارای احتمال مساوی انتخاب شدن از بسته یا محموله هستند. نمونه برداری ساده تصادفی مستلزم نمونه گیری با استفاده از ابزاری مثل جدول اعداد تصادفی است. استفاده از یک پروسه تصادف سازی از قبل تعیین شده، همان عملی است که این روش را از نمونه برداری نامنظم (که در بخش 3.2.2 توصیف شده است) متمایز می سازد.

این روش هنگامی مورد بهره برداری قرار می گیرد که در مورد انتشار آفت و یا میزان آلودگی اطلاعات اندکی در دسترس باشد. بکارگیری نمونه برداری ساده تصادفی می تواند در موقعیت های عملیاتی دشوار باشد. برای استفاده از این روش، کلیه واحدها باید دارای احتمال انتخاب مساوی باشند. در مواردی که یک آفت بصورت تصادفی در کل بسته منتشر نشده باشد، این روش بهینه نخواهد بود. ممکن است نمونه برداری ساده تصادفی در مقایسه با دیگر شیوه های نمونه برداری به منابع بیشتری احتیاج داشته باشد. اعمال این شیوه می تواند به نوع و/یا ساختار محموله وابسته باشد.

3.1.3.2 نمونه برداری منظم

نمونه برداری منظم مستلزم نمونه برداری از واحدهای درون بسته در فواصل معین و ثابت است. علی ایحال، اولین انتخاب باید بصورت تصادفی از کل بسته صورت گیرد. اگر انتشار آفات با فواصل انتخاب شده برای نمونه برداری هماهنگ باشد، امکان اخذ نتایج غلط وجود دارد.

دو امتیاز این شیوه را می توان بدین صورت بیان کرد: امکان خودکار کردن پروسه با استفاده از ماشین آلات وجود دارد، و استفاده از یک پروسه تصادفی فقط برای انتخاب اولین واحد لازم است.

3.1.3.3 نمونه برداری لایه ای

نمونه برداری لایه ای مستلزم جداسازی بسته به قطعات فرعی (یعنی لایه) و سپس نمونه گیری واحدها از یکایک این لایه هاست. درون هر قطعه فرعی، واحدهای نمونه با استفاده از یک روش خاص (منظم یا تصادفی) برداشته می شوند. تحت برخی از شرایط، ممکن است تعداد متفاوتی از واحدهای نمونه از هر قطعه گرفته شوند - برای مثال، ممکن است تعداد واحدهای نمونه با اندازه قطعه فرعی در ارتباط بوده و یا بر مبنای دانش قبلی از آلودگی قطعات فرعی تعیین شده باشد.

در صورتی که اصلاً امکان پذیر باشد، نمونه برداری لایه ای تقریباً همیشه به بهبود دقت در تشخیص می انجامد. انحراف اندک مربوط به نمونه برداری لایه ای منجر به دستیابی نتایج دقیق تری می شود. این نکته بخصوص زمانی صادق است که احتمال دارد سطوح آلودگی در سطح یک بسته با توجه به شیوه های بسته بندی یا شرایط ذخیره سازی متغیر باشد. هنگامی که اطلاع از انتشار آفت حدس زده شده باشد و ملاحظات عملی امکان آنرا فراهم سازد، نمونه برداری لایه ای انتخاب ارجح خواهد بود.

3.1.3.4 نمونه برداری متوالی

نمونه برداری متوالی مستلزم گرفتن مجموعه ای از نمونه ها با استفاده از یکی از شیوه های بالاست. بعد از آنکه هر نمونه (یا سری نمونه ها) گرفته شد، داده ها جمع آوری شده و با جداول تعیین شده قبلی مقایسه می شود تا تصمیم بر پذیرش محموله، رد محموله، یا ادامه نمونه گیری اخذ شود. این شیوه را می توان زمانی بکار برد که سطح خطا بالاتر از صفر بوده و اولین سری از نمونه ها اطلاعات کافی برای تصمیم گیری این امر در اختیار قرار نمی دهد که آیا از سطح خطا عدول شده است. اگر عدد پذیرش در یکی از نمونه های دارای هر اندازه ای صفر باشد، این شیوه مورد استفاده قرار نمی گیرد. نمونه برداری متوالی می تواند تعداد نمونه های لازم برای تصمیم گیری و یا احتمال رد یک محموله بی ایراد را کاهش دهد.

3.1.3.5 نمونه برداری خوشه ای

نمونه برداری خوشه ای مستلزم انتخاب دسته هایی از واحدها بر مبنای اندازه خوشه از قبل تعیین شده (برای مثال، جعبه های میوه، دسته های گل)، برای تکمیل تعداد کل واحدهای نمونه لازم از یک بسته است. ارزیابی نمونه برداری خوشه ای ساده تر بوده و اگر خوشه ها دارای اندازه مساوی باشند قابل اعتمادتر است. این شیوه برای مواردی مفید است که منابع موجود برای نمونه برداری محدود است، و زمانی بخوبی موثر است که انتظار می رود انتشار آفات بصورت تصادفی باشد.

نمونه برداری خوشه ای می تواند لایه ای باشد و می تواند از روشهای تصادفی یا منظم برای انتخاب گروه ها استفاده کند. در میان شیوه های نمونه برداری دارای مبنای آماری، این شیوه اغلب قابل اجراترین شیوه می باشد.

3.1.3.6 نمونه برداری با نسبت ثابت

زمانی که اندازه بسته های مساوی نیست، نمونه گیری یک نسبت ثابت از واحدهای درون بسته (برای مثال 2/1) منجر به سطوح تشخیص یا سطوح اطمینان ناهمخوان می گردد. همانطور که در ضمیمه 5 نشان داده شده است، نمونه برداری با نسبت ثابت به تغییر در سطوح اطمینان در یک ضریب تشخیص خاص، و یا به سطوح متغیر تشخیص برای یک ضریب اطمینان خاص می انجامد.

3.2 نمونه برداری بدون مبنای آماری

دیگر شیوه های نمونه برداری که دارای مبنای آماری نیستند، مانند نمونه برداری راحت، نمونه برداری نامنظم، نمونه برداری انتخابی یا نمونه برداری هدف دار، ممکن است به نتایج معتبر در تشخیص حضور یا عدم حضور آفت یا آفات مشمول مقررات بیانجامند. بر اساس ملاحظات خاص عملیاتی، یا زمانی که هدف فقط تشخیص آفات است، می توان از شیوه های زیر سود جست.

3.2.1 نمونه برداری راحت

نمونه برداری راحت مستلزم انتخاب سهل ترین (برای مثال، در دسترس ترین، ارزان ترین، سریع ترین) واحدهای یک بسته می باشد بی آنکه واحدها بصورت تصادفی یا منظم انتخاب شوند.

3.2.2 نمونه برداری نامنظم

نمونه برداری نامنظم مستلزم انتخاب شخصی واحدها بدو استفاده از یک پروسه واقعی تصادفی است. ممکن است این روش اغلب تصادفی بنظر برسد زیرا بازرسی در انتخاب ها دارای تمایل عمدی نیست. علی ایحال، ممکن است تمایل غیرعمدی بوجود بیاید، بطوریکه درجه ای که نمونه به آن میزان نماینده بسته است معلوم نباشد.

3.2.3 نمونه برداری انتخابی یا نمونه برداری هدف دار

نمونه برداری انتخابی مستلزم انتخاب عمدی نمونه‌ها از قسمت‌هایی از بسته که آلودگی آنها محرز است، و بمنظور افزایش امکان یافت یک آفت خاص مشمول مقررات می باشد. ممکن است این شیوه بر بازرسانی تکیه کند که درمورد کالا تجربه دارند و با بیولوژی آفت آشنا هستند. همچنین بکارگیری این شیوه ممکن است بر اثر آنالیز گذرگاه رخ دهد که احتمال آلودگی بیشتری را در یک بخش خاص از بسته تشخیص داده است (برای مثال، بخش رطوبی یک الوار بیشتر در معرض حمله ناماتودها قرار دارد). از آنجا که نمونه هدف است، و از اینرو از نظر آماری غرض مند است، نمی توان یک اظهار نظر احتمالاتی درباره ضریب آلودگی ارائه نمود. با اینحال، اگر مقصود صرف از نمونه برداری، افزایش احتمال کشف یک آفت مشمول مقررات باشد، این شیوه معتبر است. ممکن است برای حصول اطمینان کلی در کشف دیگر آفات مشمول مقررات، به نمونه های دیگری از کالا احتیاج باشد. استفاده از نمونه برداری انتخابی یا نمونه برداری هدف دار می تواند فرصت های استنتاج اطلاعات درباره وضعیت کلی آفت در بسته یا محموله را محدود سازد، زیرا نمونه برداری بر مکانی تمرکز دارد که احتمال یافت آفت مشمول مقررات زیاد است نه بر بقیه بسته یا محموله.

4 انتخاب یک شیوه نمونه برداری

در اغلب موارد، انتخاب یک شیوه مناسب برای نمونه برداری لزوماً به اطلاعات موجود درباره رویت آفت و انتشار آن در محموله یا بسته، و نیز به پارامترهای عملیاتی مرتبط با وضعیت بازرسی مورد نظر وابسته می باشد. در اغلب کاربردهای بهداشت نباتی، محدودیت های عملی هستند که قابلیت اجرایی نمونه برداری را با یک شیوه یا شیوه دیگر دیکته می کنند. در نتیجه، تعیین صحت آماری شیوه های عملی، منجر به محدود شدن میدان گزینه ها می گردد.

شیوه نمونه برداری که در نهایت از سوی NPPO انتخاب می شود، باید از نظر عملی انجام پذیر بوده و برای دستیابی به مقصود مناسب و به منظور شفافیت بخوبی مکتوب شده باشد. بدیهی است

که بحث انجام پذیری، به قضاوت عوامل خاص وضعیتی وابسته است، اما باید بطور منسجم اعمال شود.

اگر نمونه برداری به منظور افزایش احتمال کشف یک آفت خاش انجام می شود، نمونه برداری هدف دار (که در بخش 3.2.3 شرح داده شده) می تواند انتخاب ارجح باشد، مشروط بر آنکه بازرسان بتوانند قسمتهایی از بسته را که دارای احتمال آلودگی بالاتر است شناسایی کنند. بدون آگاهی از این امر، یکی از شیوه های نمونه برداری دارای مبنای آماری مفیدتر خواهد بود. شیوه های نمونه برداری بدون مبنای آماری، نتایجی بدست نمی دهند که در آن هریک از بسته ها برای شرکت در نمونه دارای احتمال یکسان باشند، و نیز تعیین تعداد با ضریب اطمینان یا ضریب تشخیص خاص را ممکن نمی کنند.

در صورتیکه نمونه برداری با این منظور انجام می پذیرد که اطلاعات مربوط به وضعیت کلی بهداشت نباتی محموله را مشخص کند، چند آفت قرنطینه ای را کشف نماید یا رعایت مقررات بهداشت نباتات را بسنجد، آنگاه شیوه های نمونه برداری دارای مبنای آماری مناسب خواهند بود.

در انتخاب یک شیوه نمونه برداری دارای مبنای آماری، می توان به چگونگی رفتار با محموله در زمان برداشت، طبقه بندی و بسته بندی، و انتشار احتمالی آفت یا آفات در بسته توجه نمود. شیوه های نمونه برداری را می توان ترکیب کرد: برای مثال، یک نمونه لایه ای می تواند از انتخاب تصادفی یا منظم واحدهای (یا خوشه های) نمونه در لایه ها استفاده کرده باشد.

اگر نمونه برداری با هدف تشخیص این نکته انجام می پذیرد که آیا از یک سطح خطای بالاتر از صفر تجاوز شده است، شیوه نمونه برداری متوالی می تواند برای این منظور مناسب باشد.

وقتی شیوه نمونه برداری انتخاب شد و به درستی اعمال گردید، تکرار نمونه برداری با هدف دستیابی به نتیجه متفاوت غیرقابل قبول است. نمونه برداری نباید تکرار شود مگر آنکه به علل خاص فنی ضروری تلقی گردد (برای مثال، احتمال بکارگیری غلط شیوه نمونه برداری).

5 تعیین اندازه نمونه

برای تعیین اندازه نمونه های برداشتی، NPPO باید یک ضریب اطمینان مشخص (مثلاً 95٪)، یک ضریب تشخیص (مثلاً 5٪) و یک عدد پذیرش (مثلاً صفر) تعیین کند، و نیز کارآیی تشخیص (مثلاً 80٪) را معلوم نماید. از این مقادیر و از اندازه بسته، می توان اندازه نمونه را محاسبه نمود. ضمیمه های 2-5 مبنای ریاضی تعیین اندازه نمونه را در اختیار می گذارند. بخش 3.1.3 از این استاندارد، دستورالعمل مناسب ترین شیوه نمونه برداری دارای مبنای آماری را با توجه به انتشار آفت در بسته در اختیار قرار می دهد.

5.1 انتشار آفت نامعلوم در بسته

از آنجا که نمونه برداری بدون جایگزینی انجام می گیرد و اندازه جمعیتی محدود است، باید برای تعیین اندازه نمونه از توزیع فوق هندسی بهره جست. هنگامی که تعداد معینی از واحدهای آلوده در یک بسته وجود داشته باشد، این نوع توزیع، احتمال تشخیص تعداد معینی از واحدهای آلوده در یک نمونه با اندازه معلوم را که از یک بسته با ابعاد معین برداشته شده است می دهد (ضمیمه 2 را ببینید).

با افزایش ابعاد بسته، اندازه نمونه لازم برای یک ضریب تشخیص و ضریب اطمینان خاص به یک سقف بالایی نزدیک می شود. هنگامی که اندازه نمونه کمتر از 5٪ از اندازه بسته باشد، می توان اندازه نمونه را با استفاده از توزیع دوجمله ای یا توزیع پواسون (ضمیمه 3 را ببینید) محاسبه نمود. هر سه توزیع (هندسه فوق مقیاسات فضایی، دوجمله ای یا پواسون) برای سطوح اطمینان و

تشخیص معین با بسته های ابعاد بزرگ، تقریباً ابعاد یکسانی برای نمونه ها به دست می دهند، اما محاسبه با روش های توزیع دوجمله ای و پواسون آسان تر است.

5.2 انتشار آفت متراکم در بسته

اغلب توده های آفات در طبیعت تا حدی متراکم هستند. از آنجا که ممکن است این جوامع در صحرا برداشت و بسته بندی گردند بی آنکه دسته یا طبقه بندی شده باشند، توزیع واحدهای آلوده در یک بسته می تواند بصورت خوشه ای یا متراکم باشد. اجتماع واحدهای آلوده به یک توده، همواره احتمال کشف آلودگی را تقلیل می دهد. علی ایحال، بازرسی های بهداشت نباتی دارای هدف کشف واحدهای آلوده و/یا آفات در سطح کم می باشند. تأثیر تراکم واحدهای آلوده بر کارایی تشخیص یک نمونه و بر اندازه لازم برای نمونه در اغلب موارد ناچیز است. زمانی که NPPO ها تشخیص می دهند که تراکم واحدهای آلوده در یک بسته دارای احتمال بالاست، شیوه نمونه برداری لایه ای می تواند احتمال کشف آلودگی متراکم را افزایش دهد.

زمانی که آفات مجتمع هستند، محاسبه اندازه نمونه با استفاده از توزیع دوجمله ای بتا مطلوب خواهد بود (ضمیمه 4 را ملاحظه کنید). با اینحال، این روش محاسبه نیاز به آگاهی از درصد تراکم دارد که بطور معمول موجود نیست و از اینرو این توزیع برای استفاده عمومی قابل اعمال نمی باشد. یکی دیگر از توزیع ها (هندسه فوق مقیاسات فضایی، دوجمله ای یا پواسون) را می توان بکار برد؛ اما ضریب اطمینان نمونه برداری با افزایش درجه تراکم تقلیل خواهد یافت.

6 سنجش سطح (میزان) تشخیص

انتخاب یک ضریب تشخیص ثابت می تواند به ورود تعداد متغیری از واحد های آلوده به همراه محموله های وارداتی منجر شود زیرا ابعاد بسته ها متفاوت می باشد (برای مثال 1٪ ضریب آلودگی در 1000 واحد یعنی 10 واحد آلوده، اما 1٪ ضریب آلودگی در 10000 واحد به معنای 100

واحد آلوده می باشد). انتخاب مطلوب یک ضریب تشخیص، تاحدودی بازتاب تعداد واحدهای آلوده وارد شده به کلیه محموله ها ظرف یک دوره زمانی خاص است. اگر NPPO ها بخواهند تعداد واحدهای آلوده وارد شده به همراه هر محموله را نیز کنترل کنند، می توان از یک ضریب تشخیص متغیر استفاده کرد. سطح خطا بصورت تعداد اقلام آلوده در هر محموله تعیین گردیده، و اندازه نمونه به منظور ارائه سطوح اطمینان و تشخیص مطلوب مشخص خواهد شد.

7 نتیجه نمونه برداری

نتیجه فعالیتها و تکنیک های مربوط به نمونه برداری ممکن است به انجام اقدامات بهداشت نباتات بیانجامد (جزئیات بیشتر در ISPM شماره 23: دستورالعمل بازرسی، بخش 2.5 یافت می شود).

محاسبه اندازه نمونه ها برای بسته های کوچک: نمونه برداری بر اساس توزیع فوق هندسی (نمونه برداری ساده تصادفی)

توزیع فوق هندسی برای توصیف احتمال کشف آفت در یک بسته نسبتاً کوچک مناسب است. بسته ای کوچک محسوب می شود که اندازه نمونه بیش از 5٪ از اندازه بسته باشد. در این صورت، برداشتن یک نمونه از بسته بر احتمال کشف یک واحد آلوده در واحد انتخابی بعدی تأثیر می گذارد. نمونه برداری بر اساس توزیع فوق هندسی بر مبنای نمونه برداری بدون جایگزینی می باشد.

همچنین فرض بر این است که انتشار آفت در بسته بصورت متراکم نبوده و از نمونه برداری تصادفی استفاده می شود. این شیوه می تواند به روش های دیگر مانند نمونه برداری لایه ای (جزئیات بیشتر در کوچران 1977 یافت می شود) بسط یابد.

احتمال تشخیص t واحد آلوده در یک نمونه با:

(فرمول 1) به دست می آید.

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

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

$P(X=i)$ احتمال مشاهده i واحد آلوده در نمونه می باشد که در آن i مساوی است با $0, \dots, n$.

ضریب اطمینان مساوی است با: $1 - P(X=i)$

اگر تمام واحد های درون یک بسته بازرسی و آزمایش شوند، با توجه به ضریب کارآیی تشخیص (ضریب تشخیص $X \times N \times X$ کارآیی، روند شده به عدد صحیح)، تعداد واحدهای آلوده در بسته که قابل

تشخیص هستند $A =$

تعداد واحدهای آلوده در نمونه $i =$

تعداد واحدهای درون بسته $N =$

تعداد واحدهای نمونه (اندازه نمونه) $n =$

بخصوص تخمین قابل استفاده برای احتمال کشف هیچ واحد آلوده

(فرمول 2)

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

می باشد که $u = (n-1)/2$ می باشد (از کوچران 1977).

حل معادله برای بدست آوردن n بصورت ریاضی دشوار می باشد اما از طریق تخمین و یا با استفاده از تخمین حداکثر احتمال قابل انجام است.

جداول 1 و 2 اندازه های نمونه را نشان می دهند که برای ابعاد مختلف بسته ها، و ضریب تشخیص و اطمینان در حالتی که عدد پذیرش صفر باشد محاسبه شده اند.

Table 1: Table of minimum sample sizes for 98% and 99% confidence levels at varying levels of detection according to lot size, hypergeometric distribution

Number of units in lot	P = 98% (confidence level)					P = 99% (confidence level)				
	% level of detection × efficacy of detection					% level of detection × efficacy of detection				
	8	2	1	0.8	0.1	8	2	1	0.8	0.1
28	24*	—	—	—	—	28*	—	—	—	—
80	39*	48	—	—	—	48*	80	—	—	—
100	48	78	98	—	—	89	90	99	—	—
200	81	108	188	190	—	73	136	180	198	—
300	84	117	189	288*	—	78	160	238	297*	—
400	88	124	211	311	—	81	174	273	360	—
800	86	129	228	388*	—	83	183	300	480*	—
600	86	132	238	379	—	84	190	321	470	—
700	87	134	243	442*	—	88	198	336	849*	—
800	87	136	249	421	—	88	199	349	846	—
900	87	137	284	474*	—	86	202	389	618*	—
1 000	87	138	288	480	980	86	204	368	601	990
2 000	88	143	277	817	1883	88	216	410	737	1800
3 000	88	148	284	842	1898	89	220	428	792	2383
4 000	88	146	288	886	2108	89	222	433	821	2738
8 000	89	147	290	864	2283	89	223	438	840	3009
6 000	89	147	291	869	2388	90	224	442	882	3214
7 000	89	147	292	873	2437	90	228	444	861	3373
8 000	89	147	293	876	2498	90	228	446	868	3800
9 000	89	148	294	879	2848	90	226	447	874	3604
10 000	89	148	294	881	2888	90	226	448	878	3689
20 000	89	148	296	889	2781	90	227	483	898	4112
30 000	89	148	297	892	2880	90	228	488	908	4268
40 000	89	149	297	894	2888	90	228	486	909	4348
80 000	89	149	298	898	2907	90	228	487	911	4398
60 000	89	149	298	898	2921	90	228	487	912	4431
70 000	89	149	298	896	2932	90	228	487	913	4488
80 000	89	149	298	896	2939	90	228	487	914	4473
90 000	89	149	298	896	2948	90	228	488	918	4488
100 000	89	149	298	896	2980	90	228	488	918	4499

Table 2: Table of sample sizes for 80% and 90% confidence levels at varying levels of detection according to lot size, hypergeometric distribution

Number of units in lot	P = 80% (confidence level)					P = 90% (confidence level)				
	% level of detection × efficacy of detection					% level of detection × efficacy of detection				
	8	2	1	0.8	0.1	8	2	1	0.8	0.1
100	37	86	80	—	—	37	69	90	—	—
200	30	66	111	160	—	41	87	137	180	—
300	30	70	128	240*	—	42	98	161	270*	—
400	31	73	133	321	—	43	100	178	274	—
500	31	74	138	377*	—	43	102	184	342*	—
600	31	78	141	249	—	44	104	191	321	—
700	31	76	144	291*	—	44	106	196	378*	—
800	31	76	146	268	—	44	107	200	380	—
900	31	77	147	298*	—	44	108	203	394*	—
1 000	31	77	148	278	800	44	108	208	369	900
2 000	32	79	184	297	1106	48	111	217	411	1368
3 000	32	79	186	308	1246	48	112	221	426	1607
4 000	32	79	187	309	1328	48	113	223	434	1780
5 000	32	80	188	311	1376	48	113	224	439	1848
6 000	32	80	189	313	1412	48	113	228	443	1912
7 000	32	80	189	314	1438	48	114	226	448	1962
8 000	32	80	189	318	1488	48	114	226	447	2000
9 000	32	80	189	316	1474	48	114	227	448	2031
10 000	32	80	189	316	1486	48	114	227	449	2086
20 000	32	80	160	319	1846	48	114	228	488	2114
30 000	32	80	160	320	1867	48	114	229	486	2216
40 000	32	80	160	320	1877	48	114	229	487	2237
50 000	32	80	160	321	1884	48	114	229	488	2280
60 000	32	80	160	321	1888	48	114	229	488	2288
70 000	32	80	160	321	1891	48	114	229	488	2268
80 000	32	80	160	321	1893	48	114	229	489	2269
90 000	32	80	160	321	1898	48	114	229	489	2273
100 000	32	80	160	321	1896	48	114	229	489	2276
200 000	32	80	160	321	1603	48	114	229	489	2289

نمونه برداری از بسته های بزرگ: نمونه برداری بر اساس توزیع دوجمله ای یا پواسون

برای بسته های بزرگ نسبتاً مخلوط، احتمال یافتن یک واحد آلوده بوسیله معادله دوجمله ای ساده تخمین زده می شود. اندازه نمونه کوچکتر از 5٪ از ابعاد بسته می باشد. احتمال مشاهده i واحد آلوده در یک نمونه n واحدی بصورت:

$$P(X=i) = \binom{n}{i} \phi p^i (1 - \phi p)^{n-i} \quad \text{Formula 3} \quad \text{(فرمول 3) محاسبه می گرد}$$

P متوسط نسبت واحدهای آلوده (ضریب آلودگی) در بسته و Φ نماینده ضریب کارآیی بازرسی تقسیم بر 100 است.

1- $P(X=i)$ احتمال مشاهده i واحد آلوده در نمونه است. ضریب اطمینان مساوی است با:

$$P(X=i), i = 0, 1, \dots, n$$

برای مقاصد بهداشت نباتی، احتمال مشاهده نشدن یک گونه یا اثر آفت در نمونه تعیین می گردد. احتمال مشاهده نشدن یک گونه یا اثر آفت در n نمونه با فرمول زیر محاسبه می شود:

(فرمول 4)

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

پس احتمال مشاهده حداقل یک واحد آلوده بصورت زیر خواهد بود:

(فرمول 5)

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

این معادله برای محاسبه n قابل تغییر است

(فرمول 6)

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

هنگامی که ضریب آلودگی (p)، ضریب کارآیی (Φ) اطمینان $(1 - P(X > 0))$ بوسیله NPPO تعیین می شود، با استفاده از این معادله، اندازه نمونه n قابل تعیین می باشد.

توزیع دوجمله ای می تواند به توزیع پواسون نزدیک شود. با افزایش n و کاهش p ، معادله توزیع دوجمله ای فوق به معادله توزیع پواسون که در زیر آمده است متمایل می شود،

(فرمول 7)

$$P(X=i) = \frac{(n\phi p)^i e^{-n\phi p}}{i!} \quad \text{Formula 7}$$

که e مقدار پایه لگاریتم طبیعی است.

احتمال نیافتن واحد آلوده بصورت زیر ساده می شود:

(فرمول 8)

$$P(X=0) = e^{-n\phi p} \quad \text{Formula 8}$$

احتمال یافتن حداقل یک واحد آلوده (ضریب اطمینان) بصورت زیر محاسبه می شود:

(فرمول 9)

$$P(X>0) = 1 - e^{-n\phi p} \quad \text{Formula 9}$$

راه حل n بصورت زیر است که برای تعیین اندازه نمونه قابل استفاده می باشد:

(فرمول 10)

$$n = -\ln[1 - P(X>0)]/\phi p \quad \text{Formula 10}$$

جداول 3 و 4 اندازه نمونه ها را زمانی که عدد پذیرش صفر باشد نشان می دهند که برای ضرایب تشخیص، کارایی، و اطمینان مختلف، بترتیب با استفاده از روش های دوجمله ای و پواسون محاسبه شده اند. یک مقایسه موردی با 100٪ کارایی با اندازه های نمونه ها (ضمیمه 2 را ببینید) نشاندهنده آنست که وقتی n بزرگ است و p کوچک، روش های دوجمله ای و پواسون نتایج بسیار مشابهی را در ارتباط با توزیع فوق هندسی نشان می دهند.

Table 3: Table of sample sizes for 95% and 99% confidence levels at varying levels of detection, according to efficacy values where lot size is large and sufficiently mixed, binomial distribution

% efficacy	P = 95% (confidence level)					P = 99% (confidence level)				
	% level of detection					% 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: Table of sample sizes for 95% and 99% confidence levels at varying levels of detection, according to efficacy values where lot size is large and sufficiently mixed, Poisson distribution

% efficacy	P = 95% (confidence level)					P = 99% (confidence level)				
	% level of detection					% 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

نمونه برداری بر آفات با توزیع متراکم:

نمونه برداری بر اساس روش دوجمله ای بتا

در مورد توزیع سه بعدی متراکم، می توان نمونه برداری را بگونه ای تنظیم نمود تا تراکم را جبران نماید. برای اینکه چنین تنظیمی قابل انجام باشد باید فرض نمود که کالا بصورت خوشه ای نمونه برداری می شود (برای مثال، بصورت جعبه ها) و هر واحد در یک خوشه انتخابی مورد بازرسی قرار می گیرد (نمونه برداری خوشه ای). در چنین مواردی، نسبت واحدهای آلوده، f ، دیگر برای همه خوشه ها ثابت نیست بلکه منتج از یک تابع چگالی بتا خواهد بود.

(فرمول 11)

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

F متوسط نسبت واحدهای آلوده (ضریب آلودگی) در بسته است.

$P(X = i)$ احتمال مشاهده i واحد آلوده در یک بسته است.

n = تعداد واحدهای یک بسته.

Π تابع محصول است.

θ سنجش تراکم را برای j آمین بسته د اختیار می گذارد که در آن θ مساوی است با $0 < \theta < 1$.

نمونه برداری بهداشت نباتات اغلب بیشتر با احتمال رویت نشدن یک واحد آلوده بعد از بازرسی چندین مجموعه سروکار دارد. برای یک مجموعه تنها، احتمال آنکه X بزرگتر از 0 باشد بصورت زیر است:

(فرمول 12)

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

و احتمال آنکه هریک از چندین بسته فاقد واحد آلوده باشد مساوی است با $P(X = 0)^m$ ، که در آن m تعداد بسته هاست. درجایی که f کم باشد، معادله 1 را می توان بصورت زیر تخمین زد:

(فرمول 13)

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

احتمال رویت یک یا بیش از یک واحد آلوده بدین صورت بدست می آید: $1 - \Pr(X=0)$

این معادله را می توان برای بدست آوردن m به صورت زیر نوشت:

(فرمول 14)

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

نمونه برداری لایه ای طریقه ای برای کاهش تأثیر تراکم ارائه می کند. لایه ها باید بگونه ای انتخاب شوند که درجه تراکم میان لایه یه حداقل برسد.

وقتی درجه تراکم و ضریب اطمینان ثابت شدند، اندازه نمونه قابل تعیین خواهد بود. بدون ضریب تراکم، اندازه نمونه قابل تشخیص نیست.

مقادیر ضریب کارایی کمتر از 100٪ را می توان با جایگزین کردن Φf بجای f در معادلات گنجانند.

APPENDIX 5: Comparison of hypergeometric and fixed proportion sampling results

Table 5: Confidence in the results of different sampling schemes for a 10% level of detection

Lot size	Hypergeometric-based sampling (random sampling)		Fixed proportion sampling (2%)	
	sample size	confidence level	sample size	confidence level
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

Table 6: Minimum levels that can be detected with 95% confidence using different sampling schemes

Lot size	Hypergeometric-based sampling (random sampling)		Fixed proportion sampling (2%)	
	sample size	minimum level of detection	sample size	minimum level of detection
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
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