

设施芹菜根腐病株空间分布型及其抽样技术研究

李平, 曹莹, 唐宗云, 魏建荣, 徐生海, 杨芳兰, 段峰

(武威市农业技术推广中心, 甘肃 武威 733000)

摘要: 采用空间分布型检验、聚集强度指标检验和线形回归方法研究了设施芹菜根腐病病株空间分布型及其抽样技术。结果表明, 芹菜根腐病病株空间分布型呈聚集分布, 其理论抽样模型为 $n=3.8416/D^2(0.6755/\bar{x}+0.2953)$ 。

关键词: 芹菜; 根腐病; 空间分布型; 理论抽样模型

中图分类号: S436.36 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)09-0017-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.09.005

Patial Distribution Pattern and Sampling Technology of Celery Root Rot in Greenhouses

LI Ping, CAO Ying, TANG Zongyun, WEI Jiangrong, XU Shenghai, YANG Fanglan, DUAN Feng
(Wuwei Agricultural and Technology Extension Center, Wuwei Gansu 733000, China)

Abstract: The spatial distribution pattern and sampling technology of celery root rot in greenhouses were studied by using spatial distribution pattern test, aggregation intensity index test and linear regression methods. The results showed that the spatial distribution pattern of celery root rot was aggregation distribution, and the theoretical sampling model was $n=3.8416/D^2(0.6755/\bar{x}+0.2953)$.

Key words: Celery; Root rot disease; Spatial distribution type; Theoretical sampling model

芹菜是甘肃高原日光温室栽培的主要蔬菜类型之一, 也是甘肃武威设施农业优势特色产业之一。芹菜为伞形科二年生草本植物。营养价值丰富, 含有人体所需的胡萝卜素、蛋白质、氨基酸、维生素以及钙、铁等多种人体必需的矿物质元素; 其中蛋白质含量比一般的瓜菜高出 1 倍, 钙和铁含量比番茄高出 15 倍左右, 维生素 E 含量在家常蔬菜中名列前茅。在医学上芹菜还具有清热、止咳、健胃、利尿、降血压和调经等多种保健功能, 属于保健蔬菜, 在日本被誉为“清正人参”^[1-4]。芹菜的主要病害包括芹菜立枯病、芹菜斑枯病、芹菜菌核病、芹菜病毒

病以及芹菜根腐病等^[5-6]。近年来, 我们在甘肃定西市安定区、武威市凉州区和古浪县部分设施芹菜生产地调查发现, 芹菜根腐病 (*Fusarium solani*) 是当地设施芹菜生产中发生最常见、危害最严重的病害类型之一。该病苗期、成株期均可发病, 主要为害根部和茎基部。被害部位初期产生水浸状红褐色病斑, 后变为暗褐色或黑褐色, 稍凹陷, 叶片变黄萎蔫, 但不脱落, 主根腐烂或坏死, 侧根少, 植株生长停滞, 严重影响产量和农户收益。甘肃设施芹菜根腐病病株空间分布型及其预测预报基础研究鲜有报道, 部分地区仍存在化学防治不合理、

收稿日期: 2021-05-19

基金项目: 武威市科技局项目“武威市设施农业病虫害防控减药技术”(WW2002013)。

作者简介: 李平(1983—), 男, 陕西西安人, 农艺师, 主要从事植物保护研究和推广工作。联系电话: (0)13884093137。Email: 274620558@qq.com。

专业化统防统治水平亟待提高等问题。因此，我们在甘肃武威市凉州区设施芹菜生产地进行了芹菜根腐病病株空间分布型及其抽样技术基础研究，旨在为科学防治和预测预报提供参考。

1 材料与方 法

1.1 调查地点和方法

调查地点位于甘肃省武威市凉州区金羊镇五一村，平均海拔 1 506 m，年均降水量 160 mm，土壤类型薄层灌漠土，土壤有机质含量 17.1 g/kg。指示芹菜品种法兰克福，密度 18.0 万 ~ 19.5 万株 /hm²，生产设施为钢索横梁框架式土墙结构标准日光温室，单栋栽培面积 300 m²，生育期 70 d。2021 年 5 月 16 日以每座日光温室为 1 个样本田，每个样本田按棋盘式横向均匀选择 5 个点、纵向均匀选择 10 个点，每 1 个点为 1 个样方，每样方面积 0.25 m²。每个样本田调查样方 50 个，共调查样本田 5 个样方 250 个，分别统计各样方内芹菜根腐病病株数量，制作 χ^2 频次表(表 1)。

1.2 空间分布型检验

1.2.1 聚集度指标检验 采用扩散系数 C 、Cassie 指标 C_A 、Lloyd 聚集指数 M^*/m 、David & Moore 丛生指数 I 以及聚集均数 λ 检验空间分布型。

1.2.2 线性回归检验 对平均拥挤度 M^* 与平均密度 \bar{x} 进行 Iwao 回归检验，方程式 $M^* = \alpha + \beta \bar{x}$ 。 α 为基本扩散指数， β 为密度扩散系数。当 $\alpha > 0$ ，个体间相互吸引，分布的基本成分是个体群；当 $\alpha = 0$ ，分布的基本成分是个个体；当 $\alpha < 0$ ，个体间相互排斥。当 $\beta = 1$ 时，随机分布；当 $\beta < 1$ 时，均匀分布；当 $\beta > 1$ 时，聚集分布。对方差 S^2 与平均密度 \bar{x} 进行 Taylor 回归检验，方程式 $\lg(S^2) = \lg a + b \lg(\bar{x})$ 。当 $b = 1$ 时，空间分布为随机分布；当 $b > 1$ 时，空间分布为聚集分布；当 b 趋近于 0 时，空间分布为均匀分布。

1.3 理论抽样模型和序贯抽样模型

Iwao 理论抽样模型 $n = t^2/D^2 [(\alpha+1)/\bar{x} + \beta - 1]$ ， n 为最适抽样数或理论抽样数， \bar{x} 为平均密度，即 1.2.1 中 m 、 D 为相对允许误差限， t 为置信度分布值， α 、 β 同 Iwao 回归方程参数。

Iwao 序贯抽样模型 $T_{(1, 2)} = nm_0 \pm t \sqrt{n[(\alpha+1)m_0 + (\beta-1)m_0^2]}$ ，加号计算可得到病株密度的上限值 T_1 ，减号计算可得到病株密度的下限值 T_2 。 n 即抽样数， m_0 为防治指标， t 为置信区间分布值，一般取 95% 置信区间，即 $t = 1.96$ ； α 、 β 同 Iwao 理论抽样模型参数。田间调查时，若调查的病株数量大于上限值 T_1 ，说明发病程度高于防治指标，需要进行防治；若调查的病株数量小于下限值 T_2 ，说明发病程度低于防治指标，不需要防治；若调查的病株数量处于上下限值之间，需继续抽样调查。

最大抽样数模型 $N_{\max} = t^2/d^2 [(\alpha+1)m_0 + (\beta-1)m_0^2]$ ， d 为绝对误差限， m_0 、 t 、 α 、 β 同 Iwao 序贯抽样模型参数。当田间调查到最大抽样数时，若累计查得病株数量仍在上下限之间，则根据该点最靠近的界限值判断是否需要防治。

采用 Excel 2003 和 DPS17.10 软件处理数据。

2 结果与分析

2.1 空间分布型检验

从表 1 可知，1 ~ 5 号田的 χ^2 值均小于该自由度下负二项分布 $P_{0.05}$ 时的 χ^2 值，表示上述田间病株的实际分布与负二项分布模型显著相符。负二项分布属于聚集分布，因此可得出 1 ~ 5 号样本田病株空间分布型为聚集分布。

从表 2 可知，1 ~ 5 号田的扩散系数 $C > 1$ ，Lloyd 聚集指数 $M^*/m > 1$ ，Cassie 指数 $C_A > 0$ ，丛生指数 $I > 0$ ，表示上述田间病株空间分布型呈聚集分布；所有样本田的聚

表 1 芹菜根腐病病株理论分布型检验^①

样本 田	调查 样方 /个	\bar{x}	S^2	χ^2 值							
				泊松分布	适合度	奈曼分布	适合度	P-E 分布	适合度	负二项分布	适合度
1	50	2.000 0	2.750 0	$9.6 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$23.8 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$12.8 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$7.0 < \chi_{0.05}^2$	适合
2	50	1.840 0	2.473 3	$5.2 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$19.0 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$13.8 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$3.2 < \chi_{0.05}^2$	适合
3	50	1.280 0	1.376 7	$8.3 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$24.4 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$15.3 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$7.7 < \chi_{0.05}^2$	适合
4	50	1.960 0	2.040 0	$5.3 < \chi_{0.05}^2$	适合	$94.5 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$17.9 > \chi_{0.05}^2$	不适合	$5.3 < \chi_{0.05}^2$	适合
5	50	1.360 0	1.406 7	$3.1 < \chi_{0.05}^2$	适合	$37.7 > \chi_{0.05}^2$	不适合	(-)	(-)	$3.0 < \chi_{0.05}^2$	适合

① 表中(-)表示数据不支持,不能用此方法分析。

表 2 芹菜根腐病病株聚集强度指标检验

样本 田	\bar{x}	S^2	M^*	C	C_A	M^*/m	I	λ	空间分布
1	2.000 0	2.750 0	2.375 0	1.375 0	0.187 5	1.187 5	0.375 0	1.751 3	聚集分布
2	1.840 0	2.473 3	2.184 2	1.344 2	0.187 1	1.187 1	0.344 2	1.779 5	聚集分布
3	1.280 0	1.376 7	1.355 5	1.075 5	0.059 0	1.059 0	0.075 5	1.283 9	聚集分布
4	1.960 0	2.040 0	2.000 8	1.040 8	0.020 8	1.020 8	0.040 8	1.959 2	聚集分布
5	1.360 0	1.406 7	1.394 3	1.034 3	0.025 2	1.025 2	0.034 3	1.372 5	聚集分布

集均数 $\lambda < 2$, 表示病株聚集程度是受环境条件决定^[7]。聚集均数 λ 和平均密度 \bar{x} 方程式是 $\lambda = 0.802 1\bar{x} + 0.275 3$, $R^2 = 0.909 2$, $F = 30.0 > F_{0.05}$, 表示病株聚集程度与平均密度显著正相关。

2.2 理论抽样模型与序贯抽样模型

平均拥挤度 (M^*) 和平均密度 (\bar{x}) 之间 Iwao 回归显著, 方程式为 $M^* = 1.295 3\bar{x} - 0.324 5$, $R^2 = 0.912 4$, $F = 31.3 > F_{0.05}$, 其中密度扩散系数 $\beta = 1.295 3 > 1$, 表示病株实际空间分布呈聚集分布。方差 (S^2) 和平均密度 (\bar{x}) 之间 Taylor 回归显著, 方程式为 $\lg(S^2) = 1.396 \lg(\bar{x}) - 0.021$, $R^2 = 0.869 1$, $F = 13.6 > F_{0.05}$, 其中聚集特征指数 $b = 1.396 > 1$, 表示病株实际空间分布呈聚集分布。根据 Iwao 回归式和 Iwao 理论抽样模型, 一般取 95% 置信度 (即 $t = 1.96$), 可得出设施芹菜根腐病病株最适抽样模型为 $n = 3.841 6/D^2(0.675 5\bar{x} + 0.295 3)$ 。

根据 Iwao 序贯抽样模型, 若假定本例设施芹菜根腐病防治指标每样方 4 株, 即 $m_0 = 4.0$; 取 95% 置信区间即 $t = 1.96$, 可得出

相应序贯抽样方程为 $T_{(1,2)} = 4n \pm 5.341\sqrt{n}$ 。根据最大抽样模型, 一般取 95% 置信值即 $t = 1.96$, 可得出本例估计防治指标下最大抽样式为 $N_{\max} = 28.531/d^2$ 。应用中, 若取绝对误差限 $d = 0.1$, 可得出 $N_{\max} \approx 178.3$, 即当估计防治指标每样方病株数量 (4.0 ± 0.4) 株时, 田间调查的最大抽样数是 178 个; 若 $d = 0.2$, 可得出 $N_{\max} \approx 44.6$, 即当估计防治指标每样方病株数量 (4.0 ± 0.8) 株时, 田间调查的最大抽样数是 45 个; 若 $d = 0.3$, 可得出 $N_{\max} \approx 19.8$, 即当估计防治指标每样方病株数量 (4.0 ± 1.2) 株时, 田间调查的最大抽样数是 20 个。

3 结论与讨论

根据调查取样、空间分布型检验和聚集强度指标检验, 设施芹菜根腐病病株空间分布型呈聚集分布, 该结论与他人对保护地蔬菜其他病害例如辣椒白粉病、辣椒疫病病株空间分布型的研究一致^[8-10]。设施芹菜根腐病病株聚集程度主要受栽培环境影响, 这为设施芹菜病害治理和生产环境科学管理提供

了新思路。设施芹菜根腐病病株最适抽样模型为 $n=3.8416/D^2(0.6755/\bar{x}+0.2953)$ ，估计防治指标序贯抽样模型为 $T_{(1,2)}=4n \pm 5.341\sqrt{n}$ ，最大抽样模型为 $N_{max}=28.531/d^2$ 。

实际应用中，应根据预备调查时的病株平均密度、允许误差范围通过理论抽样方程算出最适抽样数，再根据序贯方程求出 T_1 和 T_2 值。当抽样调查的病株数量大于上限值 T_1 ，即发病程度高于防治指标时，需要开展防治；当抽样调查的病株数量小于下限值 T_2 ，即发病程度低于防治指标时，不需要防治；当抽样调查的病株数量在 $T_1 \sim T_2$ 时，仍需进行抽样调查。在序贯分析过程中，有时会遇到调查数据始终在 $T_1 \sim T_2$ 的情况，导致抽样一直进行，得不出是否防治的结论。此时可将防治指标 (m_0) 代入最大抽样式求出最大抽样数 (N_{max})，然后根据序贯抽样方程求出最大抽样数的上下限 T_1 和 T_2 值。当调查到最大抽样数时，若抽样调查的病株数量仍在 $T_1 \sim T_2$ ，则根据该数值最靠近的界限值决定是否开展防治。

参考文献

[1] 王舜奇, 丁明元, 梁顺有. 临泽县钢架大棚芹菜一年两茬栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2015(5): 92-94.

- [2] 陈晓军, 何新春, 薛龙, 等. 一年一熟制灌区马铃薯套玉米套芹菜高效栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2015(6): 81-83.
- [3] 刘志毅, 李艳梅, 马慧. 西吉县芹菜覆膜穴播压砂种植技术[J]. 甘肃农业科技, 2014(6): 71-72.
- [4] 王燕. 古浪县芹菜产业现状与发展措施[J]. 甘肃农业科技, 2004(6): 34-36.
- [5] 常风萍. 温室芹菜无公害栽培及典型病虫害防治方法[J]. 农机使用与维修, 2020(12): 153-154.
- [6] 吉根林, 刘守超, 张荣华. 芹菜根腐病综合防治[J]. 西北园艺(蔬菜), 2014(4): 41.
- [7] 王厚振, 华尧楠, 牟吉元. 棉铃虫预测预报与综合治理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 83-109.
- [8] 杨华, 崔元珩, 杨岫. 辣椒疫霉病空间分布型的初步研究[J]. 新疆农业大学学报, 1997, 20(3): 46-49.
- [9] 王萌, 范咏梅, 李璐, 等. 辣椒白粉病病株田间分布型研究[J]. 广东农业科学, 2014(2): 83-86.
- [10] 郭玉琳, 郭秀珍, 魏世红. 辣椒疫病株空间分布型及抽样技术的初步研究[J]. 甘肃农业大学学报, 1991, 26(4): 415-419.

(本文责编: 陈珩)

《甘肃农业科技》著作权声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。同时许可北京万方数据股份有限公司、万方数据电子出版社在万方数据知识服务平台, 重庆维普资讯有限公司在中文科技期刊数据库, 北京世纪超星信息技术发展责任有限公司在超星期刊域出版平台, 中教汇据(北京)科技有限公司在中国终身教育学术研究数据库, 武汉鼎森世纪科技有限公司(博看网), 龙源创新数字传媒(北京)股份有限公司(龙源期刊网)以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬含数字著作权使用费。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意本刊上述说明。