

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2016.09.001

两种甘蓝根肿病田间分级标准的比较分析^①

杨晓琴, 肖崇刚, 朱红丽, 马冠华, 陈国康

西南大学 植物保护学院, 重庆 400715

摘要: 以甘蓝根肿病为调查对象, 比较分析了 0~9 级标准和 0~4 级标准的可行性和准确性. 本调查研究选取 3 块发病地块, 各随机抽取 40 株不同发病程度的甘蓝植株, 应用 2 种分级标准统计分析了各自的病情指数及与甘蓝产量的相关性, 探讨了以肿大主根和茎基部直径倍比、肿大侧根比例作为病害分级依据的可靠性, 以及肿根其他症状(龟裂、变黑和腐烂)是否可作为分级的参考特征. 研究表明, 0~9 级标准和 0~4 级标准与甘蓝产量损失之间均显示出很高的相关性, 其中 0~4 级标准相关性更强; 而肿根龟裂、变黑及腐烂等症状不能很好地区分不同病级, 因此不适宜作为甘蓝根肿病田间分级的参考因素.

关键词: 甘蓝; 根肿病; 0~9 级标准; 0~4 级标准; 相关性

中图分类号: S635

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)09-0001-05

十字花科蔬菜作物根肿病是世界范围内的严重病害之一^[1], 由芸薹根肿菌 *Plasmodiophora brassicae* Woron. 引起. 该菌侵染十字花科蔬菜根部, 引起根部肿大, 导致根系对水分和矿质营养的吸收受阻, 影响植株的健康生长, 后期部分肿根甚至出现龟裂或腐烂, 造成严重的经济损失.

甘蓝是我国主要蔬菜作物之一^[2], 准确调查和了解甘蓝根肿病的田间发生情况对其防治方法有重要的指导意义, 但目前国内仍没有统一认可的甘蓝根肿病田间分级标准, 造成调查标准不一致, 调查结果缺乏可比性, 文献参考价值较低. 鉴于其重要的生产实践意义, 因此田间分级标准需要厘清各种症状依据, 并进行合理分级, 特别要考虑典型分级特征下的产量数据, 通过分析病害严重度、病情指数与产量损失间的相关性, 以确立科学实用的根肿病田间分级标准.

目前应用的甘蓝根肿病田间分级标准中, 国内主要参考主根的肿大程度及肿大侧根的比例^[3-4]; 国外也主要通过肿大的侧根比例及侧根肿大程度进行分级^[5-6]. 本研究通过实地调查取样和指标测定, 对国内吴道军等^[3]和司军等^[4]提出的分级标准的合理性和实用性作了进一步验证; 探讨了国内不同寄主根肿病田间分级标准中^[7-9]涉及到的肿大侧根比例、龟裂、变黑和腐烂等症状作为分级依据的合理性, 以期为国内建立统一、科学、合理的甘蓝根肿病田间分级标准提供参考.

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选在重庆市武隆县高山蔬菜基地发病较严重的甘蓝田块(根肿菌生理小种: Willims 4 号)^[10]进行.

① 收稿日期: 2015-06-14

基金项目: 国家自然科学基金(31171585); 公益性行业(农业)科研专项(201003029); 中央高校基本业务费专项(XDJK2014A015); 西南大学学科团队研究项目(2362014XK08).

作者简介: 杨晓琴(1989-), 女, 四川巴中人, 硕士研究生, 主要从事植物病原及病害控制研究.

通信作者: 陈国康, 副教授, 硕士研究生导师.

随机选取 3 个发病田块, 面积各约 250 m², 采用五点法在每个田块中采集 40 株不同发病程度的甘蓝植株(感病品种: 西园系列), 对每株甘蓝发病情况作调查记录. 调查时间为 2013 年 8 月上旬, 为结球甘蓝集中收获期.

1.2 试验方法

1.2.1 2 种分级标准及测量指标

试验调查以吴道军等^[3]0~9 级分级标准和司军等^[4]0~4 级分级标准进行田间甘蓝根肿病的病级调查, 如表 1 所示, 主要观察记录各病株肿大主根与茎基部的直径倍比, 及肿大侧根占根系的百分比例, 根据测量指标判断各病株分别处于 2 种分级标准的病级值. 另外, 观察肿根是否有龟裂、变黑和腐烂症状. 最后, 切取甘蓝收获器官, 利用普通电子秤称量结球的质量(kg). 依据公式: $B(\text{病情指数}) = \frac{\sum(\text{发病级代表值} \times \text{各级病株数}) \times 100}{(\text{最高病情值} \times \text{调查总株数})}$, 计算各田块甘蓝的病情指数.

表 1 2 种甘蓝根肿病田间分级标准及分级症状特征

分级标准	0	1	2	3	4	5	7	9
0~9 级	根部无肿瘤	侧根有小肿瘤	—	主根肿大, 其直径小于 2 倍茎基部	—	主根肿大, 其直径是茎基部的 2~3 倍	主根肿大, 其直径是茎基部的 3~4 倍	主根肿大, 其直径是茎基部的 4 倍以上或肿瘤龟裂
0~4 级	根系生长正常, 无肿瘤	主根不发病, 部分侧根、须根上有较小的肿瘤	主根发病较轻, 部分侧根、须根上有明显的肿瘤	主根发病较重, 异常膨大、龟裂, 大部分侧根有明显的肿瘤	根系上几乎无须根, 主根异常膨大、龟裂	—	—	—

1.2.2 数据分析

采用 Excel 2007 对调查的原始数据进行汇总整理, 利用 SPSS 数据分析软件 Spearman 等级相关性分析方法^[11], 分析肿大主根与茎基部的直径倍比和产量的相关性及肿大侧根比例与其产量的相关性, 以此判断这 2 个指标作为分级标准调查对象的可靠性. 同时, 通过统计各个病级中出现龟裂、变黑和腐烂的症状频次, 利用单因素方差分析方法比较 3 个田块中调查结果在 2 种甘蓝分级标准病级中的差异显著性, 判断上述症状是否可作为甘蓝根肿病田间分级的参考依据.

2 结果与分析

2.1 2 种分级标准甘蓝根肿病的病情比较

对 3 个田块采集的甘蓝发病情况调查显示(表 2), 其甘蓝根肿病的发病率分别为 92.50%, 95.00% 和 95.00%, 各田块甘蓝根肿病发病率均很高, 发病较重; 按照 0~9 级和 0~4 级 2 种分级标准统计的甘蓝根肿病平均病情指数分别为 62.13 和 69.79, 其中 0~4 级分级标准的病情指数明显高于 0~9 级分级标准.

表 2 3 个田块甘蓝根肿病分级统计及病情指数

分级标准	田块	病 害 级 数								发病率/ %	病情指数
		0	1	2	3	4	5	7	9		
0~9 级	1	3	2	—	6	—	8	8	11	92.50	59.72
	2	2	3	—	9	—	5	11	10	95.00	61.67
	3	2	4	—	5	—	6	11	12	95.00	65.00
0~4 级	1	3	2	8	16	11	—	—	—	92.50	68.75
	2	2	3	6	19	10	—	—	—	95.00	70.00
	3	2	4	5	17	12	—	—	—	95.00	70.63

2.2 2种分级标准病害病级与甘蓝产量的相关性

分析2种分级标准各病害级数与对应产量的相关性,结果显示(表3),甘蓝结球产量与病害级数之间均表现为显著性负相关($p < 0.05$),即随病害级数增大,甘蓝产量逐步下降.0~4级分级标准病害级数与甘蓝产量的相关性比0~9级分级标准相关性更强,相关系数 r 平均值明显大于0~9级分级标准.

表3 茎部产量与2种分级标准级数间的相关性

参考标准	田块	甘蓝产量/kg								相关系数
		0	1	2	3	4	5	7	9	
0~9级	1	3.60	2.04	—	1.62	—	1.08	0.78	0.34	-0.82**
	2	3.80	1.74	—	1.06	—	1.20	0.79	0.23	-0.74**
	3	3.75	1.63	—	1.48	—	1.27	0.68	0.20	-0.89**
0~4级	1	3.60	2.04	1.62	0.93	0.34	—	—	—	-0.97**
	2	3.80	1.73	1.26	0.87	0.23	—	—	—	-0.93*
	3	3.75	1.63	1.48	0.89	0.20	—	—	—	-0.93*

注: * 在0.05水平上显著相关; ** 在0.01水平上极显著相关.

2.3 甘蓝肿大主根与茎基部的直径倍比及肿大侧根比例与甘蓝结球产量的相关性

调查称取3个田块甘蓝的结球产量,分析产量和甘蓝肿大主根与茎基部的直径倍比及肿大侧根比例的相关性.结果显示(图1、图2、表4):甘蓝产量同肿大主根与茎基部的直径倍比呈显著性负相关,其相关系数分别为-0.74,-0.67和-0.87,即肿大主根与茎基部的直径倍比越大,甘蓝产量越低;甘蓝产量与肿大侧根比例之间也呈现出显著负相关性,其相关系数分别为-0.82,-0.67和-0.86,即肿大侧根的比例越大,甘蓝产量越低.这表明肿大主根和茎基部的直径倍比及肿大侧根的比例均与甘蓝结球产量密切相关,均可较明显的反映甘蓝根肿病的严重程度.

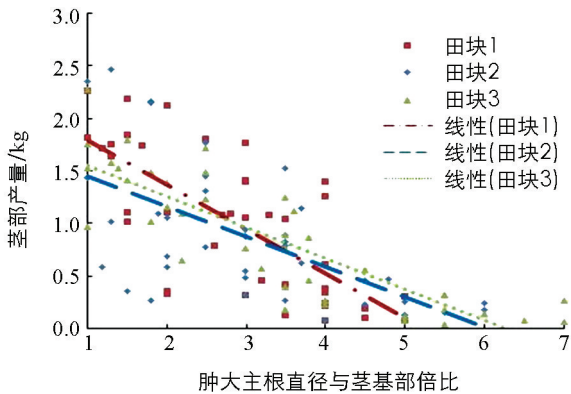


图1 甘蓝茎部产量同肿大主根直径与茎基部直径倍比的相关性

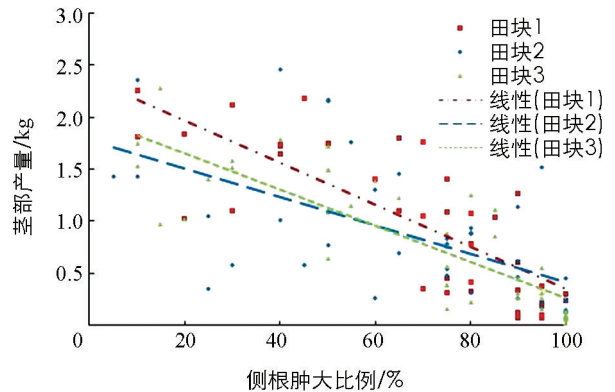


图2 甘蓝产量与侧根肿大比例的相关性

表4 肿大主根与茎基部的直径倍比和肿大侧根比例与甘蓝产量的相关性(R值)

田块	肿大主根与茎基部的直径倍比和产量的R值	肿大侧根比例与产量的R值	田块	肿大主根与茎基部的直径倍比和产量的R值	肿大侧根比例与产量的R值
1	-0.74**	-0.82**	3	-0.87**	-0.86**
2	-0.67**	-0.67**	均值	-0.76**	-0.78**

注: ** 在0.01水平上极显著相关.

2.4 其他症状能否作为分级依据分析

对所调查田块甘蓝根肿病症状(龟裂、变黑和腐烂)的出现频次进行分析,分析各症状在2种分级标准各级数所占的比率,结果显示在0~9级标准中(表5),除健康植株外各个病级甘蓝病株的肿根均有龟裂现象,1级病株龟裂比率较低,3级、5级、7级和9级接近或达到100%,差异不具有统计学意义;除1级有部分病株未表现出肿根变黑外,其他病级均有变黑现象,3级以上病株肿根均100%变黑($p > 0.05$);肿根

腐烂症状出现的比率,各个病级之间也没有呈现出显著性的梯度差异.在 0~4 级标准中(表 6),各症状的表现趋势与 0~9 级标准相似,不同症状在各病级中也未显示出明显的梯度差异.因此,龟裂、变黑和腐烂症状均不能作为分级的参考因素

表 5 病株肿根龟裂、变黑及腐烂在 0~9 级分级标准中各病级所占的百分率

病级	龟裂百分率/%	变黑百分率/%	腐烂百分率/%
0	0±0a	0±0a	0±0a
1	38.89±20.03b	47.22±23.73b	0±0a
3	85.00±7.64c	100.00±0.00c	0±0a
5	82.50±11.81c	100.00±0.00c	4.17±4.17a
7	95.83±4.17c	100.00±0.00c	46.97±1.52b
9	100.00±0.00c	100.00±0.00c	42.93±9.70b

注:不同字母表示 $p=0.05$ 差异具有统计学意义.

表 6 病株肿根龟裂、变黑及腐烂在 0~4 级分级标准中各病级所占的百分率

病级	龟裂百分率/%	变黑百分率/%	腐烂百分率/%
0	0±0a	0±0a	0±0a
1	55.56±5.56b	63.89±7.35b	0±0a
2	85.00±7.64c	100.00±0.00c	0±0a
3	90.57±4.81c	100.00±0.00c	28.99±1.44b
4	100.00±0.00c	100.00±0.00c	44.59±8.19c

注:不同字母表示 $p=0.05$ 差异具有统计学意义.

3 讨论

本文比较了 2 种甘蓝根肿病田间分级标准(0~9 级分级标准和 0~4 级分级标准)的准确性和实用性.结果显示,依据 2 种分级标准调查的病情指数中,0~4 级标准调查的病情指数较高;0~4 级标准病级与甘蓝产量的相关性比 0~9 级标准强;可能因为 0~4 级标准中病级较低,不同级数相对集中所致,国外使用的根肿病分级标准^[5-6]也多采用从 0 级开始连续编号,最高病级为 3 级或 4 级,本文建议在制定统一的甘蓝根肿病田间分级标准时仍采用 0~4 级连续编号.分析肿大主根与茎基部的直径比和肿大侧根比例与甘蓝产量的相关性发现,二者与甘蓝产量均表现出显著性负相关,以此作为甘蓝根肿病分级标准的参考因素有重要的价值.而从甘蓝根肿病的其他症状(龟裂、变黑和腐烂)在 2 种分级标准中所占比例的差异显著性中发现,在不同病级中未表现出明显的梯度差异;究其原因可能因为这些症状不一定是由根肿菌侵染直接引起的,在自然条件下环境因素复杂,如地下害虫等其他因素可能导致地下肿根龟裂,根部受根肿菌侵染后可能更有利于其他杂菌侵染,导致肿根出现变黑和腐烂症状.所以将以上症状作为分级的依据,参考价值较低.

4 结论

建立统一的甘蓝根肿病田间分级标准可将肿大主根与茎基部的直径比和肿大侧根比例作为主要分级依据,采用 0~4 级连续编号更为优越合理.

参考文献:

- [1] GEOFFREY R, DIXON G. The Occurrence and Economic Impact of *Plasmodiophora brassicae* and Clubroot Disease [J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2009, 28(3): 194-202.
- [2] 袁天成, 司 军, 宋洪元, 等. 结球甘蓝西园六号种子纯度的 SSR 和 SRAP 鉴定 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(6): 1-6.
- [3] 吴道军, 陈国康, 杨晓琴, 等. 4 种甘蓝根肿病分级标准的应用评价 [J]. 西南农业学报, 2013, 26(2): 591-594.

- [4] 司 军,李成琼,宋洪元,等. 结球甘蓝对根肿病的抗性鉴定与评价 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2009, 31(6): 26—30.
- [5] FRIBERG H, LAGERLOF J, RAMERT B. Usefulness of Nonhost Plants in Managing *Plasmodiophora brassicae* [J]. Plant Pathology, 2006, 55(5): 690—695.
- [6] KOWATA D L, MAY D M. Clubroot Management of Highly Infested Soils [J]. Crop Protection, 2012, 35(10): 47—52.
- [7] 李向东,孙道旺,曹继芬,等. 十字花科蔬菜根肿病抗性水平筛选研究 [J]. 西南农业学报, 2013, 26(1): 171—173.
- [8] 刘 勇,黄小琴,柯绍英,等. 四川主栽油菜品种根肿病抗性研究 [J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(1): 90—93.
- [9] 陶伟林,樊国昌,周 娜,等. 高山甘蓝根肿病田间防效试验初报 [J]. 西南园艺, 2011, 5(4): 12—14.
- [10] 李 茜,沈向群,耿新翠,等. 芸薹根肿菌(*Plasmodiophora brassicae*)单孢分离接种及生理小种的鉴定 [J]. 植物保护, 2012, 38(3): 95—101.
- [11] 薛 薇. SPSS 统计方法及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.

Comparative Analysis of Two Grading Standards on Cabbage Clubroot Disease

YANG Xiao-qin, XIAO Chong-gang, ZHU Hong-li,
MA Guan-hua, CHEN Guo-kang

School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Cabbage clubroot disease was investigated in this paper; the feasibility and accuracy of Wu Daojun's 0—9 grading standard and Si Jun's 0—4 grading standard were comparative analyzed. Total 120 cabbage plants from three diseased fields were selected for statistical analysis. Based on these two grading standards, the correlation between disease index and production yield was statistical analyzed, the reliability of the diameter ratio of clubroot and basal part of stem and the percentage of infected lateral roots as grading basis was researched, and other symptoms such as cracking, changing black and rotting on roots were also discussed. The results of the study showed that, 0—9 grading standard and 0—4 grading standard were both showed high correlation with cabbage's production, 0—4 grading standard was higher; however, these symptoms of cracking of roots, blacking phenomenon and rotting were not well distinguished between different disease grades, and therefore not suitable as grading factors on field grading of clubroot disease.

Key words: cabbage; clubroot; 0—9 grading standard; 0—4 grading standard; correlation

责任编辑 夏 娟

