

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2016.09.007

钙镁硫元素与甘蓝根肿病抗性关系的分析^①

张赛莉, 宋洪元, 任雪松, 李成琼, 司 军

西南大学 园艺园林学院/重庆市蔬菜学重点实验室/南方山地园艺学教育部重点实验室, 重庆 400716

摘要: 采用菌土法对抗性不同的 5 个甘蓝品种(先甘 336、西园四号、西园六号、GZ32 和京丰一号)进行根肿病室内人工抗性鉴定, 并对其根中的钙、镁、硫元素质量比进行了测定和比较, 同时比较了不同钙、镁、硫肥料组合对甘蓝根肿病的防治效果, 以进一步明确钙、镁、硫 3 种元素与甘蓝根肿病抗性之间的关系, 结果表明 5 个甘蓝品种中的镁元素质量比之间差异均具有统计学意义, 且抗病品种先甘 336 中的镁元素质量比均明显高于耐病品种和感病品种, 先甘 336 中的钙元素质量比与感病品种 GZ32 和京丰一号之间差异具有统计学意义, 而抗病品种、耐病品种和感病品种根中硫的质量比差异不具有统计学意义. 肥效试验结果表明, 单独施用过磷酸钙和镁肥能够有效防治甘蓝根肿病的发生, 过磷酸钙与镁肥按一定比例配合施用也能达到同样的效果, 单独施用硫酸铵对甘蓝根肿病没有明显的防治效果, 过磷酸钙与硫酸铵配合施用反而加重了根肿病的发生, 这将对甘蓝根肿病的防治提供新的思路.

关键词: 甘蓝; 根肿病; 钙元素; 镁元素; 硫元素

中图分类号: S635.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)09-0041-05

结球甘蓝(*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.)简称甘蓝, 为十字花科芸薹属的一年生或两年生草本植物. 由于其营养价值高、适应性强, 在欧美国家为主要蔬菜. 在我国蔬菜种植业中, 结球甘蓝也是较为常见和种植面积较广的一类^[1].

十字花科植物根肿病是由甘蓝根肿菌(*Plasmodiophora brassicae*)侵染所致, 早在 1878 年由 Woronin 鉴定, 迄今已经有 100 多年的历史^[2]. 该病最早于 1731 年在英国地中海西岸和欧洲南部发现, 现广泛分布于欧洲、日本、北美等国以及中国的吉林、辽宁、湖南、湖北、四川、重庆、云南等 20 余个省市自治区等^[3], 任何十字花科植物都能被侵染. 近年来, 甘蓝根肿病在生产上的发生面积急剧增加, 使其产量和品质大幅度下降, 给农业生产造成了严重的经济损失, 所以对甘蓝根肿病的防治迫在眉睫. 然而, 在目前已有的根肿病防治方法中, 除了抗病品种的选育外, 其他方法的防治效果并不理想^[4].

矿质营养调节是控制植物病害发生的有效措施之一, 生产上已经证明有 30 多种不同作物病害与钙元素关系密切, 例如增施钙元素能够减轻大豆“双茎病”的发生^[5]; 施钙还可以减轻立枯病菌对豇豆幼苗的侵染, 防治苜蓿的绿化病等. Don M Huber 和 Jeff B Jones 指出^[6-7], 由于酸性土壤中植物对镁、钙、铜、磷吸收能力弱造成植物体内这些元素的缺乏, 因此在低土壤 pH 值条件下常发生的一些病害如镰刀霉、甘蓝根肿病和软腐病对这些元素更加敏感, 土壤中撒石灰提高 pH 值也可以提高镁的利用率, 从而减少这些

① 收稿日期: 2015-07-12

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAD02B01); 重庆市农作物良种创新工程项目[CSTC2012GG(80005)]; 中央高校基本科研业务费资金资助项目(XDJK2014C179, XDJK2014C181, XDJK2014A015).

作者简介: 张赛莉(1988-), 女, 河南林州人, 硕士研究生, 主要从事蔬菜学遗传育种与生物技术研究.

通信作者: 司 军, 研究员.

病害的发生. 有研究表明, 钙, 镁, 硫这 3 种元素对烧心病、干腐病等生理性病害均也有较好的抑制作用^[8]. 本实验主要研究不同抗性甘蓝品种被甘蓝根肿病侵染后, 其钙、镁、硫元素质量比的差异, 以及不同钙、镁、硫肥的施用对甘蓝根肿病的防治效果, 以期对甘蓝根肿病提供新的防治途径.

1 材料和方法

1.1 材料

抗病甘蓝品种先甘 336(先正达公司), 耐病甘蓝品种西园六号、西园四号, 以及感病甘蓝品种 GZ32 和京丰一号均由西南大学十字花科蔬菜研究所提供; 所用根肿菌为采自涪陵大木的 4 号生理小种.

1.2 方法

1.2.1 根肿菌接种方法

参照文献^[9]的菌土法: 将肿根打碎与无菌土混合均匀, 用钮鲍尔血球计数板计数, 使菌土的孢子含量达到 2×10^8 个/g. 在装有珍珠岩的营养钵中间挖 1 小穴, 放入 25~30 g 配好的菌土, 将萌发的种子播入菌土中.

1.2.2 根肿病分级

甘蓝室内苗期抗性鉴定分级标准(图 1)为:

0 级 根系生长正常、无肿瘤;

1 级 根系主根不发病或膨大不明显, 其直径 ≤ 2 倍茎基部或须根有小肿瘤;

2 级 主根明显肿大, 直径 $\leq 2 \sim 3$ 倍茎基部;

3 级 主根明显肿大, 直径 $\leq 3 \sim 4$ 倍茎基部;

4 级 主根明显肿大, 直径 ≤ 4 倍以上茎基部或根部发黑腐烂, 无须根.

$$\text{病情指数} = \frac{\sum (\text{各级病株数} \times \text{该病级值})}{(\text{调查总株数} \times \text{最高级值})} \times 100$$

发病率: 感染根肿病的单株数除以该品种参与统计的总株数的百分比.

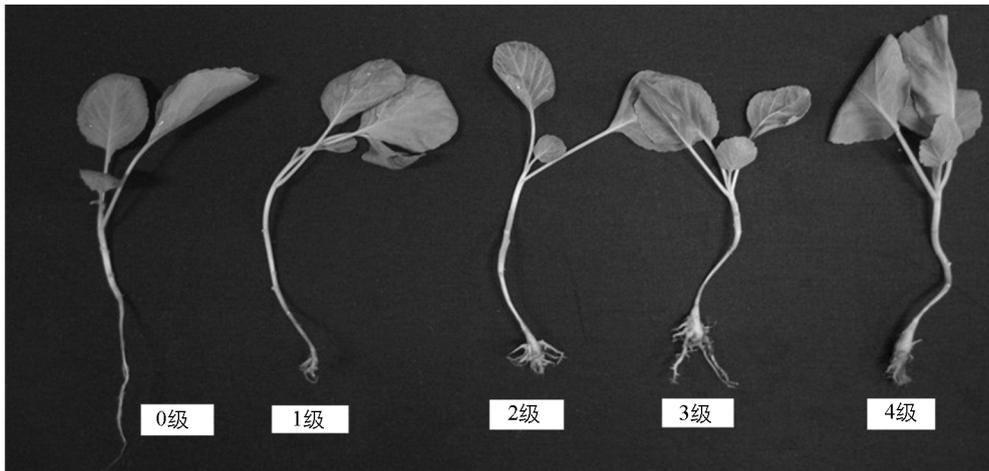


图 1 甘蓝根肿病室内单株分级标准

1.2.3 钙、镁、硫元素质量比的测定

钙、镁元素的测定采用火焰原子吸收光谱法, 硫元素的测定采用比色法.

1.2.4 数据处理

采用 Excel 和 SPSS 软件, Duncan's 多重比较结果中均值差的显著性水平为 0.05.

1.3 实验设计

1.3.1 5 个不同抗性甘蓝品种中的钙、镁、硫元素质量比分析

采用室内人工接种鉴定, 3 次重复, 每个小区 30 株. 接种后 60 d 对 5 个甘蓝品种幼苗进行钙、

镁、硫元素质量比的分析, 每个品种每个重复随机选择 5 个单株进行根中钙、镁、硫元素质量比的混合测定.

1.3.2 不同钙、镁、硫肥料组合对两个甘蓝品种根肿病防治效果的分析

选用西园六号和京丰一号两个甘蓝品种. 每个品种设 8 个处理: ① A 对照(纯水处理); ② B $m(\text{钙}) : m(\text{镁}) : m(\text{硫}) = 1 : 0 : 0$; ③ C $m(\text{钙}) : m(\text{镁}) : m(\text{硫}) = 0 : 1 : 0$; ④ D $m(\text{钙}) : m(\text{镁}) : m(\text{硫}) = 0 : 0 : 1$; ⑤ E $m(\text{钙}) : m(\text{镁}) : m(\text{硫}) = 1 : 1 : 0$; ⑥ F $m(\text{钙}) : m(\text{镁}) : m(\text{硫}) = 1 : 0 : 1$; ⑦ G $m(\text{钙}) : m(\text{镁}) : m(\text{硫}) = 0 : 1 : 1$; ⑧ H $m(\text{钙}) : m(\text{镁}) : m(\text{硫}) = 1 : 1 : 1$. 每个处理 30 株, 3 次重复. 接种后 60 d 调查其病情指数和发病率.

2 结果分析

2.1 不同抗性甘蓝品种间钙、镁、硫元素质量比的分析比较

抗病品种先甘 336 的平均钙元素质量比(40.35 mg/g)均高于其他 4 个品种, 同时它与感病品种 GZ32 和京丰一号之间的钙元素质量比差异显著, 耐病品种西园四号和西园六号的钙元素质量比均高于两个感病品种, 但差异不明显. 5 个甘蓝品种中的镁元素质量比之间差异均显著, 且抗病品种先甘 336 中的平均镁元素质量比(11.57 mg/g)明显高于其他品种, 两个耐病品种中的镁元素质量比均高于两个感病品种且差异显著. 5 个不同抗性甘蓝品种间的平均硫元素质量比差异不明显, 且不呈现任何规律性(表 1).

表 1 5 个甘蓝品种根中的钙镁硫元素质量比比较

品种	钙质量比平均值/(mg·g ⁻¹)	镁质量比平均值/(mg·g ⁻¹)	硫质量比平均值/(mg·g ⁻¹)	品种	钙质量比平均值/(mg·g ⁻¹)	镁质量比平均值/(mg·g ⁻¹)	硫质量比平均值/(mg·g ⁻¹)
先甘 336	40.35±8.34a	11.57±0.14a	11.64±0.57a	GZ32	32.29±1.9b	3.29±1.23d	11.71±1.79a
西园四号	36.23±0.83ab	7.40±0.56b	11.94±0.46a	京丰一号	31.99±2.79b	2.14±0.1e	11.03±0.59a
西园六号	34.03±1.74ab	6.1±0.26c	10.94±0.08a				

注: 表中元素质量比为平均值±标准误差, 小写字母为差异显著性.

2.2 不同钙镁硫肥料组合对两个甘蓝品种根肿病防治效果的分析

实验以平均病情指数和平均发病率为指标调查了 8 个肥料组合对甘蓝根肿病的防治效果, 由表 2 看出, 除组合 F 之外, 接种后的甘蓝品种西园六号经各肥料组合处理后, 病情指数均有不同程度的下降. 肥料组合 B, C, E 和 G 的病情指数大幅度下降且与对照 A 差异显著, 而组合 D 和 H 的病情指数降幅较小, 与对照差异不显著; 组合 F 的病情指数却高于对照, 从发病率上来看, 肥料组合 B, C, E, G 都低于对照, 但与对照差异不显著, 组合 D, F 和 H 的发病率高于对照.

用同样的肥料组合对感病甘蓝品种京丰一号处理后发现(表 3), 各个处理的病情指数均不同程度地低于对照, 这种防治效果与品种西园六号相似. 其中, 肥料组合 C 的病情指数降幅最大, 与对照差异具有统计学意义, 其他组合的病情指数较对照降幅较小且相互之间没有差异. 就京丰一号的发病率而言, 每个肥料组合都低于对照, 但差异不具有统计学意义.

表 2 各肥料组合对西园六号根肿病防效的差异显著性检验

处理	平均病情指数	差异性	平均发病率/%	差异性	处理	平均病情指数	差异性	平均发病率/%	差异性
A	45.42±9.21	a	88.33±12.58	abc	E	31.71±9.61	b	78.92±25.22	bc
B	31.18±4.45	b	74.44±14.17	bc	F	47.77±4.44	a	100±0.00	a
C	31.32±4.59	b	83.62±1.96	abc	G	32.12±6.59	b	81.25±2.08	abc
D	38.65±9.94	ab	88.39±6.18	abc	H	44.82±6.92	a	97.78±3.85	ab

注: 表中平均病情指数为平均值±标准误差, 小写字母为差异显著性.

表 3 各肥料组合对京丰一号根肿病防效的差异显著性检验

处理	平均病情指数	差异性	平均发病率/%	差异性	处理	平均病情指数	差异性	平均发病率/%	差异性
A	62.92±13.37	a	90.00±8.66	a	E	55.69±21.42	ab	83.61±14.91	a
B	54.17±7.32	ab	83.33±5.77	a	F	58.33±10.10	ab	88.33±12.58	a
C	38.53±1.85	b	78.25±10.29	a	G	46.03±14.5	ab	82.92±8.28	a
D	50.32±7.93	ab	83.57±3.11	a	H	48.75±6.96	ab	88.33±7.64	a

注:表中平均病情指数为平均值±标准误差,小写字母为差异显著性。

3 结论与讨论

通过测定 5 个不同抗性甘蓝品种根系中的钙、镁、硫元素质量比得出,5 个甘蓝品种根中的钙、镁元素质量比均呈现出抗病品种高于耐病品种,而耐病品种又高于感病品种的趋势,且它们的平均镁元素质量比之间差异均具有统计学意义,抗病品种先甘 336 中的钙、镁元素质量比与两个耐病品种之间差异不具有统计学意义,但与感病品种之间差异具有统计学意义,5 个品种中的硫元素质量比没有任何规律性且彼此之间差异不具有统计学意义.在甘蓝最易受根肿菌侵染的两个生育期(二叶一心、三叶一心期)使用 8 个肥料组合进行处理的实验结果表明,对于耐病品种西园六号而言,单独施用过磷酸钙、镁肥或者过磷酸钙与镁肥配合施用都能达到较好的防病效果;而单独施用硫酸铵或者过磷酸钙、镁肥和硫酸铵 3 种肥料配合施用对根肿病没有防病效果,过磷酸钙与硫酸铵配合施用反而会加重根肿病的发生.对于感病品种京丰一号而言,在二叶一心、三叶一心期单独施用镁肥对甘蓝根肿病有较好的防治效果,而其他处理对根肿病的防治效果不太明显.综合以上实验结果得出,钙镁元素质量比与甘蓝根肿病的抗性之间关系较明显,而硫元素与甘蓝根肿病的抗性之间没有明显的联系。

刘亚培、王芳展等人^[10]试验结果表明硝酸钙可以影响根肿菌休眠孢子的活力,减轻根肿病的发生,该试验结果发现,在一定土壤条件下,单独施用过磷酸钙也能够有效防治甘蓝根肿病的发生.同时,单独施用镁肥也可防治甘蓝根肿病,过磷酸钙与镁肥按一定比例配合施用也能达到同样的效果.有研究认为硫元素一般会加重植物病害^[11],该试验中单独施用硫酸铵对甘蓝根肿病没有明显的防治效果,过磷酸钙与硫酸铵配合施用反而加重了根肿病的发生,其原因可能是过磷酸钙与硫酸铵均是生理酸性肥料,它们的配合施用使土壤 pH 严重下降,从而促进了甘蓝根肿病菌休眠孢子的萌发。

迄今为止,国内外对矿质营养与植物病害关系的研究很多,但对十字花科根肿病与钙、镁、硫质量比关系的研究还很少,本试验主要对钙、镁、硫 3 种元素与甘蓝根肿病抗性之间的关系做了初步探讨,其不足之处在于施肥实验中西园六号和京丰一号的病情指数整体提高,可能是根肿菌接种浓度太大的缘故.钙镁元素的最佳施用时期和施用量的确定将是后续工作的重点。

参考文献:

- [1] 何 焯,胡 斌.浅谈甘蓝栽培技术 [J],农民致富之友,2013(12):129-130.
- [2] 罗远莉,殷幼平,裴晓兔,等.十字花科根肿病致病机理的研究现状与进展 [C]//中国植物病理学会 2011 年学术年会论文集 [C].北京:中国农业科学技术出版社,2011:201-206.
- [3] 黄 云.植物病害生物防治学 [M].北京:科学出版社,2010:291-292.
- [4] 李金萍,柴阿丽,孙日飞,等.十字花科蔬菜根肿病研究新进展 [J].中国蔬菜,2012(8):1-4.
- [5] 宋美珍,朱荷琴,毛树春,等.钾肥对棉花枯萎病的防效研究 [J].河南农业科学,1995(1):15-17.
- [6] DON M HUBER, JEFF B JONES. The Role of Magnesium in Plant Disease [J]. Plant and Soil, 2013, 368(1): 73-85.
- [7] JONES J P, ENGELHARD A W, WOLTZ S S. Management of Fusarium Wilt of Vegetables and Ornamentals by Macro-and Microelements. In: Engelhard AW (ed) Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro-and Microelements [M]. APS Press, St. Paul, 1989: 18-32.

- [8] 尹立红,马志卿,陈安良,等. 矿质元素与植物抗病虫草害关系研究进展 [J]. 西北农林科技大学学报, 2003, 31(增刊): 158—160.
- [9] 司 军,李成琼,肖崇刚,等. 甘蓝根肿病接种方法的研究 [J]. 西南农业大学学报, 2003, 25(3): 217—219.
- [10] 刘亚培,王芳展,胡 帅,等. 十字花科蔬菜根肿病及其综合防治技术 [J]. 浙江农业科学, 2012 (5): 694—697.
- [11] DIETER P. Calmodulin and Calmedulinmediated Processes in Plants [J]. *Plant Cell Environ*, 1984, 7(6): 371—380.

The Analysis on the Relationship Between Calcium, Magnesium and Sulfur and Cabbage Clubroot Resistance

ZHANG Sai-li, SONG Hong-yuan, REN Xue-song,
LI Cheng-qiong, SI Jun

*School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University/Key Lab in Olericultural of Chongqing/
Laboratory of Ministry of Education of the South Mountain Horticulture, Chongqing 400716, China*

Abstract: 5 cabbage cultivars (Xiangan336, Xiyuansihao, Xiyuanliuhao, GZ32 and Jingfengyihao) were identified to clubroot resistance by indoor inoculation identification, and the concentration of calcium, magnesium and sulfur of 5 cabbage cultivars was detected, and the controlling effect of 8 fertilizer combinations on cabbage clubroot was compared to further find out the relationship between the concentration of the three elements and cabbage clubroot resistance. The result showed the difference was significant about the concentration of magnesium among 5 varieties, and the concentration of magnesium in resistant variety XianGan336 was higher significantly than that of tolerant varieties and susceptible varieties. The difference between XianGan336 and susceptible varieties GZ32, JingFengYiHao was significant about the concentration of calcium; the difference was not significant about the concentration of sulfur among 5 varieties. The result of fertilizer experiment showed single superphosphate or magnesium fertilizer can control clubroot effectively. The cooperation application of magnesium fertilizer and superphosphate can get the same effect; there was no obvious effect to apply separately ammonium sulfate, the cooperation application of superphosphate and ammonium sulfate aggravated the clubroot. This will provide new ideas for the prevention of cabbage clubroot.

Key words: cabbage; clubroot; calcium; magnesium; sulfur

责任编辑 潘春燕

