

氮营养与菜薹炭疽病及其相关生理指标的关系

杨 暹 陈晓燕*

(华南农业大学园艺学院, 广州 510642)

摘要: 研究了6种氮营养水平处理对菜薹炭疽病及气孔密度、叶绿素和糖含量的影响。结果表明, 适宜的氮营养水平的植株气孔密度最小, 病情指数最低, 而过高、过低或不施氮营养, 特别是高氮水平下更有利于炭疽病的发生, 病情指数增高。炭疽病菌可破坏叶绿素的合成, 诱导可溶性糖的大量积累, 而适宜的氮营养水平可抑制炭疽病菌对叶绿素的破坏作用和可溶性糖的诱导效应。

关键词: 菜薹; 氮营养; 炭疽病

中图分类号: S 634. 5 文献标识码: A 文章编号: 0513 353X (2002) 04 0329-04

菜薹 (*Brassica parachinensis* Bailey) 又称菜心, 是我国特产蔬菜, 周年生产, 为华南地区栽培规模最大的蔬菜之一。炭疽病是菜薹生育过程中的主要病害之一。近年来, 由于复种指数及栽培面积的增加, 炭疽病的发生越来越严重, 并且华南地区高温高湿的气候条件特别适宜该病的发生, 每年4~ 10月发生较为普遍, 病情指数可达50~ 80, 既影响菜薹的外观及品质, 又造成减产, 严重者损失可达30%~ 40%^[1]。目前, 防治菜薹炭疽病主要是通过化学控制方法, 这样不但增加了生产成本, 且易产生抗药性, 同时也会造成环境污染。因此, 探讨如何提高菜薹自身的抗病能力是相当重要的。

近年来, 关于矿质营养与植物病害的关系及其机理受到国内外的重视^[2]。已证明, 氮营养与菜薹生长发育的关系最为密切^[3], 氮素的施用一般会减弱植物的抗病性, 发病率增加, 病害程度加重^[4~ 7]。关于氮营养与植物病害关系的研究多停留在田间病情指数的观察阶段^[5]。有关十字花科蔬菜(包括菜薹)的炭疽病研究也仅停留在调查报道和抗病性的鉴定方面^[1, 8], 而抗病机理的研究尚属空白。本研究通过不同的氮营养水平处理, 探讨氮营养—菜薹—炭疽病的相互关系, 通过合理施用氮肥调控菜薹的生长, 提高自身的防卫作用与抗病能力, 为其科学施肥与炭疽病的防治创建新的生物学途径。

1 材料与方法

试验于1999年和2000年7~ 9月在华南农大蔬菜试验基地进行。以‘四九—油青’品种为材料。

取晒干敲碎的塘泥与细沙以5:3(体积比)混合, 用福尔马林灭菌后作为培养基质。于7月8日温室下盆栽直播, 盆的规格为口径27 cm, 高16 cm。试验设置N₀、N₁、N₃、N₅、N₇、N₉(N下标数字表示每株菜薹整个生育期尿素施用的克数)6个处理。每处理12盆, 每盆栽植6株, 每处理3次重复。播种前, 以各处理总肥量的15%为基肥, 其余于接种前每隔4 d分7次追施完毕, 肥量依次为5%、10%、10%、15%、15%、15%、15%。培养基质的养分状况是: 有机质2.38%, 全氮0.27%, 有效磷36.6 mg/kg, 有效钾151.7 mg/kg, pH 5.2。

8月7日菜薹形成初期, 用小型手持喷雾器将孢子浓度为 8×10^3 个/mL的菜薹炭疽病病菌(*Colletotrichum higginsianum* Sacc.)的孢子悬浮液喷洒在植株叶片表面上, 以叶面布满小水珠但不下滴为度, 接种后用塑料薄膜闷盖保湿24 h。所有处理在同样条件下以喷无菌水为对照。

收稿日期: 2001-06-26; 修回日期: 2001-11-29

基金项目: 国家科技部“十五”重点攻关课题资助项目(2001BA508B21)

* 现在珠海市海关工作。

于接种当天,取新鲜叶片的上表皮制片测定气孔密度。于接种后 6 d, 参照张华等^[1]的病情分级标准, 统计病情指数。0 级: 叶片无症状 (级值为 0); 1 级: 叶片上只有少数几个病斑 (级值为 1); 2 级: 病斑面积占叶面积的 10% 以下 (级值为 3); 3 级: 病斑面积占 10%~25% (级值为 5); 4 级: 病斑面积占 25%~50% (级值为 7); 5 级: 病斑面积占 50% 以上 (级值为 9)。病情指数 (DI) = $[\sum (\text{病级叶片数} \times \text{级值数}) / (\text{调查总叶片数} \times \text{最高级值数})] \times 100$ 。于接种后当天、6 d 取各处理叶片测定可溶性糖含量^[9]。于接种后当天、2、4、6、8 d 测定叶绿素含量^[10]。

2 结果与分析

2.1 氮营养对叶片炭疽病病情指数的影响

由表 1 可见, 氮营养对植株叶片炭疽病的发生具有明显的影响。处理中, 以 N₉ 处理的病情指数 (DI) 最高, N₃ 处理最低, 其它处理居两者之间。各氮营养处理间, DI 的顺序为: N₉>N₇>N₅>N₀>N₁>N₃, 且各处理间差异达显著水平。这表明氮营养与菜薹炭疽病的发生有密切的关系, 适宜的氮营养有利于提高植株对炭疽病的抗性, 植株耐病能力提高, 病情指数降低; 而过高、过低或不施氮营养, 特别是高氮水平下更有利于炭疽病的发生。

2.2 氮营养对叶片气孔密度的影响

由表 1 还可看出, 氮营养对叶片气孔密度也有显著的影响。处理中, 以 N₉ 处理的叶片气孔密度最大, N₃ 处理的叶片气孔密度最小, 其它处理居两者之间, 除 N₀ 与 N₁ 处理之间的气孔密度差异不显著以外, 其它处理之间差异显著。相关分析表明, 植株叶片的气孔密度与病情指数之间存在着显著的正相关 ($r=0.8486^*$)。这说明了氮营养、叶片气孔密度和炭疽病间存在着密切的关系, 适宜氮营养可显著地降低植株叶片气孔密度, 病情最轻; 氮营养水平过低或不施氮肥的叶片气孔密度和病情指数均有所提高; 适宜氮水平下, 随氮水平的增高叶片气孔密度和病情指数也逐渐提高。

2.3 氮营养和炭疽病与叶片叶绿素含量的关系

由图 1 可知, 接种前, 植株叶片叶绿素含量随着氮营养水平的增高而增高。未接种的植株叶片在生长过程中的叶绿素含量在不同氮营养处理的变化规律是不同的, N₀ 处理叶绿素含量逐渐下降, N₁ 处理变化不大, N₃ 处理先降后升再降, 而 N₅ 处理先降后升, N₇ 和 N₉ 处理的叶绿素含量有较大幅度的波动, 呈“W”字形变化。在接种植株叶片的感病过程中, N₀ 与 N₃ 处理的变化规律基本一致, 表现为先降后升; N₁ 和 N₉ 处理的变化表现为先降后升再降, 但彼此消长的时间不一致, N₉ 处理的上升时间早 2 d; N₅ 处理表现为先升后降再升; 而 N₇ 处理呈现小型的“W”字形变化。

同一氮营养处理接种叶片与各自未接种的对照相比较, 除 N₅ 处理接种后 2 d 外, 接种株叶绿素含量均低于对照, 但各处理下降量有较大差异。从整个发病过程来看, N₃ 处理的下降量最小, 与其对照的叶绿素含量相接近, 且发病后期高于发病前; 其次是 N₅ 处理; 而 N₉ 处理的下降量最大, 明显低于其对照; N₀、N₁、N₇ 处理的下降量居于 N₃ 与 N₉ 处理之间。表明氮营养与菜薹叶片叶绿素的合成有密切的关系, 炭疽病菌对叶绿素有明显的破坏作用, 但不同的氮营养处理, 破坏程度不同, 以适宜氮水平下破坏较轻, 高氮、低氮水平或不施氮, 特别是高氮水平下的破坏作用明显加强。

2.4 氮营养和炭疽病与叶片可溶性糖含量的关系

由表 2 可知, 在未接种的植株叶片中, 不同氮营养对可溶性糖含量的影响无明显规律, 与氮营养的关系不甚密切。在接种的植株叶片中, 除了 N₁ 处理的可溶性糖含量与 N₀ 处理差异不大外, 其它氮

表 1 氮营养对菜薹叶片炭疽病病情指数和气孔密度的影响

Table 1 The effects of N nutrition on disease index (DI) and stomatal density of leaves

处 理 Treatment	病情指数 DI	气 孔 密 度 Stomatal density (number/mm ²)
N ₀	57.78±0.93 d	125.80±0.81 d
N ₁	42.86±1.76 e	124.20±0.67 d
N ₃	37.78±1.01 f	117.83±0.54 e
N ₅	63.64±1.06 c	138.53±0.69 c
N ₇	69.84±1.00 b	154.46±1.21 b
N ₉	76.30±1.37 a	197.45±0.62 a

注: Duncan's 检验 (P=0.05), 同列数据相同字母表示差异不显著。Note: Duncan's test, the same letter indicated no significance at P=0.05 level.

营养处理均比不施肥高。不同氮营养处理间，随着氮水平的增加，叶片可溶性糖含量有增加的趋势。植株受炭疽病菌感染后，各氮营养处理的可溶性糖含量均比各自对照明显增加，但增加幅度不同， N_9 、 $N_7 > N_5 > N_0$ 、 $N_1 > N_3$ ，尤其是 N_9 和 N_7 处理的增加量几乎为接种前的 2 倍。相关分析表明，接种后叶片含糖量的增加率与 DI 显著正相关 ($r = 0.9180^{**}$)。可见，氮营养可影响叶片可溶性糖含量，炭疽病菌可诱导可溶性糖的大量积累，高氮比低氮水平下炭疽病菌对可溶性糖的诱导作用明显。

表 2 氮营养和炭疽病与叶片可溶性糖含量的关系

Table 2 The relationship between N nutrition and soluble sugar content as well as anthracnose in leaves (%)

处 理 Treatment	可溶性糖含量 Soluble sugar content		接种后增加率 The rate of increase
	接 种 前 Before inoculation	接 种 后 After inoculation	
N_0	2.15 ± 0.03	3.52 ± 0.04	$0.64 \pm 0.007\ c$
N_1	1.94 ± 0.02	3.16 ± 0.02	$0.63 \pm 0.008\ c$
N_3	3.48 ± 0.03	5.12 ± 0.02	$0.47 \pm 0.006\ d$
N_5	2.17 ± 0.02	5.24 ± 0.05	$1.41 \pm 0.005\ b$
N_7	1.46 ± 0.04	4.10 ± 0.04	$1.81 \pm 0.018\ a$
N_9	2.24 ± 0.09	6.33 ± 0.04	$1.83 \pm 0.014\ a$

注: Duncan's 检验 ($P = 0.05$)，同列数据相同字母表示差异不显著。Note: Duncan's test, the same letter indicated no significance at $P = 0.05$ level.

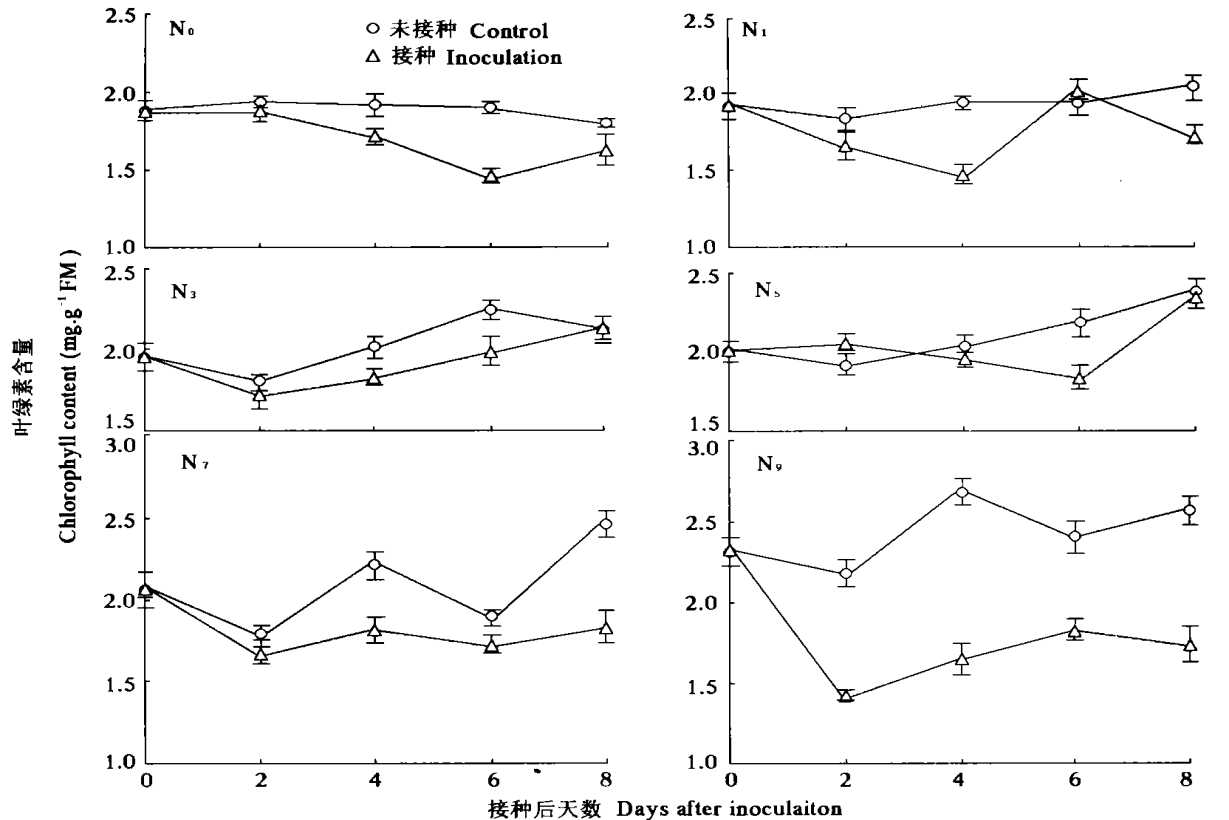


图 1 氮营养和炭疽病与菜薹叶片叶绿素含量的关系

Fig. 1 The relationship between N nutrition and chlorophyll content as well as anthracnose in leaves

3 讨论

在黑麦草、甘蓝、小麦、柠檬、甘蔗等作物上^[4~7, 11]的研究表明，氮素的过量施用会减弱植物的抗性，发病率增加，病害程度加重。本试验结果表明，氮营养与菜薹炭疽病的发生有密切关系，适宜的氮营养 (N_3 处理) 有利于提高植株对炭疽病的抗性，植株耐病能力提高，病情指数降低；而过高、过低的氮营养或不施氮，特别是高氮水平下更有利于诱导炭疽病的发生，植株病情指数增高。因此，生产上为防止菜薹炭疽病的发生，应避免偏施氮肥。

气孔是许多病原物侵入寄主的主要通道之一，因此气孔数目、结构和运动会影响病原菌对寄主的

侵染程度。McKee 早在 1921 年就发现溃疡病菌对不同品种的柑橘的侵入抵抗与气孔结构有关, 表现抗病的中国柑气孔几乎是关闭的或形成很狭窄的孔道, 因此带菌水滴很难通过气孔缝隙侵入寄主, 而感病的美国柚则控制气孔的细胞极不发达, 带菌的水滴很容易侵染而形成溃疡病。本试验结果表明, 适宜氮营养处理叶片的气孔密度较小, 病情指数较低, 菜薹植株叶片的病情指数与气孔密度存在着显著的正相关 ($r=0.8486^*$), 这与黄瓜上的研究结果一致^[12], 可见, 气孔特性与密度在植物抗病性中的重要作用。因此, 可以将气孔密度作为植物形态结构抗病性的鉴定指标, 为作物的抗病育种提供参考依据。

氮直接参与叶绿素的合成。叶绿素是植物中最重要的收集、转换光能的光受体色素, 叶绿体结构的破坏和叶绿素含量的减少将影响植物的光合作用, 正常生长受阻, 病害易发生。炭疽病菌对叶绿体结构有破坏作用, 适宜氮营养可改善植株体内生理生化代谢, 增加植株对炭疽病的抗性, 从而避免叶绿体的严重破坏。

糖除作为病原菌营养外, 糖类如蔗糖等还能显著地促进蛋白质聚合, 蛋白质共聚导致感病性。在多数植物病害中, 糖含量与抗病性呈负相关^[8, 12], 但也有相反意见, 认为抗病性与叶片可溶性糖含量呈正相关^[13]。本试验表明, 炭疽病菌的感染可导致叶片大量积累可溶性糖, 且高氮比低氮水平下炭疽病菌对可溶性糖的诱导作用明显, 适宜氮营养可维持叶片可溶性糖含量的稳定性, 减少病原菌的营养来源, 抑制病情的扩展, 表现出较好的抗病性。

参考文献:

- 1 张 华, 周而勋, 刘自珠, 等. 菜心炭疽病苗期抗病性鉴定技术. 华南农业大学学报, 1998, 19 (3): 47~ 50
- 2 Shama S R, Kolte S J. Effect of soil applied NPK fertilizers on severity of black spot disease (*Alternaria brassicae*) and yield of oilseed rape. Plant and Soil, 1994, 167: 313~ 320
- 3 关佩聪. 菜心栽培生理研究进展. 长江蔬菜. 1987, 16 (4): 1~ 5
- 4 何绍国, 秦煊南, 李成秀. 氮磷钾肥水平对柠檬产量和流胶病的影响. 西南农业大学学报, 1996, 18 (1): 13~ 16
- 5 冯荣扬, 郭良珍. 甘蔗品种、施氮水平对甘蔗赤斑病严重程度及产量损失的影响. 热带作物学报, 2000, 21 (2): 80~ 85
- 6 Leitch M H, Jenkins P D. Influence of nitrogen on the development of *Sclerotinia sclerotiorum* in winter wheat. J. Agri. Sci., 1995, 124: 361~ 368
- 7 Fidanza M A, Demoeen P H. Interaction of nitrogen source application timing and fungicide on *Rhizoctonia blight* in ryegrass. Hort Sci., 1996, 31 (3): 389~ 392
- 8 刘爱媛. 白菜炭疽病苗期抗病性鉴定方法的研究. 中国蔬菜, 1997, (1): 4~ 7
- 9 向曙光, 刘思俭, 朱万洲, 等. 应用苯酚法测定植物组织中的碳水化合物. 植物生理学通讯, 1984, 19 (2): 42~ 44
- 10 张宪政. 植物叶绿素含量测定—丙酮乙醇混合法. 辽宁农业科学, 1986, (3): 26~ 28
- 11 Everaarts A P. Nitrogen fertilization and head rot in broccoli. Netherlands J. Agri. Sci., 1994, 42 (3): 195~ 201
- 12 潘汝谦, 古希昕. 黄瓜不同品种对霜霉病的抗性研究. 华南农业大学学报, 1993, 14 (2): 61~ 67
- 13 刘庆元. 黄瓜不同品种抗霜霉病机理的初步研究. 河南农学院学报, 1984, (1): 56~ 60

The Relationship between Nitrogen Nutrition and Anthracnose as Well as Several Physiological Traits in Flowering Chinese Cabbage (*Brassica parachinensis* Bailey)

Yang Xian and Chen Xiaoyan

(College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The effects of six nitrogen (N) nutrition treatments on the incidence of anthracnose, stomatal density, chlorophyll content and carbohydrate content of leaves were studied in flowering Chinese cabbage. The results showed that the leaf stomatal density and disease index (DI) were the lowest in the suitable N nutrition treatment, while in the higher or lower N nutrition or non-fertilization treatments, especially in higher N treatment, the incidence of anthracnose was easier along with the DI enhanced. Anthracnose fungi could destroy the synthesis of chlorophyll and induce the accumulation of the soluble carbohydrate, while suitable N treatment could inhibit the destruction to chlorophyll and the induction of the soluble carbohydrate caused by the anthracnose.

Key words: Flowering Chinese cabbage; Nitrogen nutrition; Anthracnose