

土壤 pH 值对烤烟叶片光合特性 及体内保护酶活性的影响

王思远, 崔喜艳, 陈展宇, 于 鸣

(吉林农业大学, 吉林 长春 130118)

摘要: 采用盆栽土培法, 研究了 pH 值对烤烟叶片光合特性及体内保护酶活性。结果表明, 生长初期, pH 6.5~7.5 处理的烟叶内叶绿素、光合速率都较高, 旺长期达到高峰; 土壤 pH 值与 POD 活性呈负相关, 而 SOD、CAT 活性和 MDA 含量则是随着 pH 值的升高而增加。成熟期, 随土壤 pH 值的升高, CAT、POD、SOD 活性增加; MDA 含量则表现为, pH 4.5~6.5 处理的呈增加趋势, pH 7.5~8.5 处理的呈下降趋势, pH 8.5 处理的 MDA 含量最低。在成熟期各处理中, 光合速率则以 pH 8.5 最高。

关键词: 烤烟; 叶片; 土壤 pH; 膜脂过氧化; 保护酶

中图分类号: S572.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2005)06-0011-04

Effect of Soil pH on Photosynthesis Characteristics and Activity of Protective Enzymes in Flue-cured Tobacco Leaves

WANG Si-yuan, CUI Xi-yan, CHEN Zhan-yu, YU Ming

(Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: In early growth period, the content of chlorophyll and the photosynthesis rate were higher in leaves treated at the pH value between 6.5 and 7.5, then reached maximum at the vigorous growth stage. In early growth period, soil pH had negative correlation with the activity of POD declined when the pH value was up from 4.5 to 8.5; but the activity of SOD and CAD as well as the content of MDA increased with the rising of pH value. At mature stage, with the rising of soil pH, the activity of CAT and POD declined while the activity of SOD increased; the content of MDA had an increasing tendency while the pH value was up from 4.5 to 6.5 and declining tendency while the pH value was up from 7.5 to 8.5 and it reached its minimum value on soil pH 8.5. At mature stage the photosynthesis rate were higher in leaves at various pH value.

Key words: Flue-cured tobacco; Tobacco leaves; Soil pH value; Protective enzyme; Tobacco leave qualities

许多研究表明^[1~4], 植物在成熟衰老过程中, 光合强度下降的同时, 伴随着 SOD、CAT 等活性的下降及叶片内活性氧和膜脂过氧化产物 MDA 含量的增加。此规律在沙打旺、甘薯、小麦、葡萄^[7~10]等作物的研究中已被证实。烟叶既是栽培的目的产品, 又是烟株生长过程中物质同化、转化和积累的主要器官, 烟叶内的这些生理生化变化需要一些酶的参与, 烟叶的颜色、光泽、身份、油分、香气等品质指标, 亦

受烟叶生长过程, 特别是成熟期生理生化反应进行状况的影响, 其中烟叶内的一些保护酶(SOD、POD、CAT 等), 参与了这一复杂的生理生化反应过程。各种环境条件对这一过程都有影响^[2~5], 但土壤 pH 值对光合特性与这些酶之间关系的影响却未见报道。本研究采用盆栽土培方法进行试验, 以期为生产品质烟叶选择适宜 pH 值的土壤及采取相应的栽培技术措施来提供理论依据。

收稿日期: 2005-03-20

基金项目: 吉林省烟草公司资助项目(9605)

作者简介: 王思远(1958-), 男, 副教授, 主要从事烟草栽培生理研究。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于 2002–2004 年在吉林农大农学院和吉林农业大学试验站进行。采用盆栽土培, 每盆装土 15 kg, 土壤为黑土, 前茬为玉米, 碱解氮含量为 131 mg/kg, 速效磷为 23.1 mg/kg, 速效钾含量为 107 mg/kg。施用肥料硝酸铵、磷酸二铵、硫酸钾, 施肥量为 N: P₂O₅: K₂O 为 1: 3: 3; 定植前一次施足。供试品种为烤烟 NC89。设置 5 个处理, pH 值分别为 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5, 每个处理 10 盆。定时 (7: 30~8: 30) 定量浇相应 pH 的水, 定期用酸度计测定土壤中的 pH, 除此之外进行常规管理。于团棵期、旺长期、现蕾期、成熟期取样, 时间为 9: 30~10: 30。

1.2 测定项目及方法

细胞膜透性采用 DDS-II 型电导仪测定^[13]; MDA 含量的测定采用 751 分光光度计硫代巴比妥酸法^[13]; 超氧化物歧化酶(SOD) 活性测定采用 751 分光光度计 NBT 法^[14]; 过氧化氢酶(CAT) 活性测定采用微量滴定管 H₂O₂ 法; 过氧化物酶(POD) 活性测定采用 751 分光光度计愈创木酚法。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH 值对烤烟叶片光合特性的影响

表 1 土壤 pH 对烟叶叶绿素含量的影响

Tab 1 Effect of soil pH on chlorophyll content mg/g				
土壤 pH 值 Soil pH	团棵期 Rosette stage	旺长期 Vigorous stage	现蕾期 Budling stage	成熟期 Mature stage
4.5	0.53	1.036	0.862	0.178
5.5	0.767	1.044	0.865	0.349
6.5	0.946	1.518	0.912	0.524
7.5	1.017	1.334	0.900	0.542
8.5	0.634	0.93	1.136	1.073

2.1.1 土壤 pH 值对烤烟叶片内色素含量的影响

土壤 pH 值对烤烟叶片内色素含量有明显影响(表 1)。在团棵期, pH 值从 4.5 到 7.5, 叶绿素含量(以鲜重计)随之升高, 最高达 1.017 mg/g, pH 8.5 时, 叶绿素含量又降低到 0.398 mg/g; 旺长期各个处理叶绿素含量都显著提高, 并达到整个生育期的高峰; 现蕾期后, 各处理 pH 值的叶绿素含量都下降, 甚至低于团棵期水平, 规律表现为 pH 4.5 < pH 5.5 < pH 6.5 < pH 7.5 < pH 8.5; 到成熟期, 当 pH 值小于 7.5 时, 各处理叶绿素含量明显下降, 而 pH 值为 8.5 时, 叶绿素含量下降幅度较小, 仍为 1.073 mg/g, 较其他

处理高 97.9%~502.8%。这可能是在弱碱条件下, 烤烟生长发育迟缓, 导致叶绿素含量相对稳定之故, 所以成熟期, 烤烟在弱碱性(pH 8.5) 环境条件下仍保持较强的生长势。

2.1.2 对光合速率的影响 土壤 pH 值对烟叶光合速率(Pn) 的影响因烤烟生育期不同而异(图 1)。在各生育期内, 各 pH 值烟叶的 Pn 变化都呈单峰曲线。在团棵期和旺长期, 生长在 pH 6.5 条件下烤烟叶片内 Pn 最大。随着 pH 值从 6.5 升至 8.5, 叶片 Pn 明显降低; 进入现蕾期, 以 pH 7.5 处理时叶片 Pn 最大。成熟期, 各处理 pH 烟叶的 Pn 明显下降, 但 pH 8.5 的烟叶仍保持较高的 Pn。以上结果与 pH 值对叶绿素含量的结果类似。可以表明, 烟株在 pH 小于 7.5 的土壤中生长能较早促进叶片生长发育和叶绿素合成, 使叶片光合作用高峰较早出现; pH 值大于 7.5 的土壤中, 烟株生长发育滞后, 到成熟期叶绿素含量、光合速率仍明显高于其他处理。因此, 偏酸性土壤应注意后期管理, 防止烟株早衰; 偏碱性土壤种植烤烟应促进后期成熟。

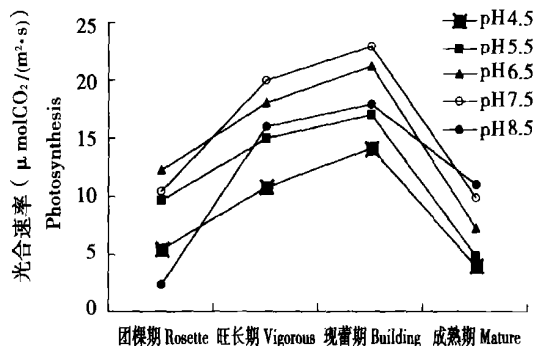


图 1 土壤 pH 值对光合速率的影响

Fig 1 Effect of soil pH on photosynthesis rate

2.2 土壤 pH 值对烤烟叶片内丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA) 是膜质氧化的最终产物, 其含量高低可反映膜质过氧化水平。不同土壤 pH 值和不同生育期, MDA 含量不同(图 2)。从团棵期到成熟期, MDA 含量呈直线上升趋势, 成熟期含量最高, 这与过氧化氢酶活性变化有关(图 3)。土壤 pH 值对烟株生长初期的 MDA 含量影响较小, 即烟叶 MDA 含量(以鲜重计) 最高(21.9 μmol/g) 的 pH 8.5 处理和含量最低(20.1 μmol/g) 的 pH 4.5 处理只相差 1.8 μmol/g。进入旺长期和现蕾期, 虽然过氧化氢酶活性下降, 但超氧化物歧化酶活性增加(图 4), 所以各处理 pH 值烟叶内 MDA 含量都增加, 但增加幅度不同。pH 6.5 处理的烟叶增幅最小, 由旺长期的 29.9 μmol/g 到现蕾期为 34.3 μmol/g, 增幅为

14.7%; 而 pH 4.5 处理的烟叶增加幅度最大, 可达 30.6%。在现蕾期, pH 4.5 处理的 MDA 含量最低 (30.7 $\mu\text{mol/g}$), pH 8.5 处理的最高为 (40 $\mu\text{mol/g}$), 二者相差 30.3%。进入成熟期, 各保护酶活性都下降, 活性氧代谢旺盛, 细胞膜损伤最大, MDA 含量急剧上升, pH 4.5 处理的上升幅度最大, 从现蕾期的 30.7 $\mu\text{mol/g}$ 上升到 43.7 $\mu\text{mol/g}$, 增加 42.3%, 但 pH 8.5 处理的烟叶内 MDA 含量上升幅度不大, 只增加 3%。说明酸性土壤的烟叶成熟较快, 碱性土壤的烟叶成熟较慢。

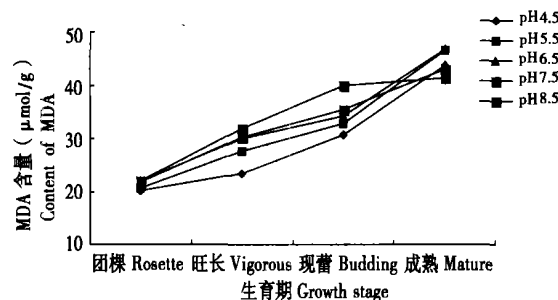


图 2 土壤 pH 值对 MDA 含量的影响

Fig 2 Effect of soil pH on content of MDA

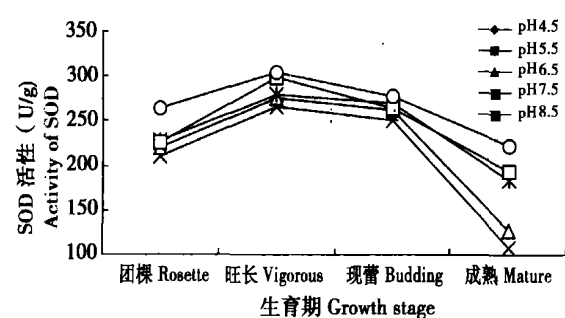


图 3 土壤 pH 值对 SOD 活性影响

Fig 3 Effect of soil pH on activity of SOD

2.3 土壤 pH 值对烤烟叶片内超氧化物歧化酶活性的影响

从图 3 中可以看出, 土壤 pH 值对烟叶内 SOD 活性(以鲜重计)影响呈明显的直线关系, 从 pH 值 4.5 到 8.5, 烟叶内 SOD 活性也依次增加到最高。在团棵期, pH 4.5 处理的 SOD 活性最低(210 U/g), pH 8.5 处理的最高(264 U/g), 二者相差 25%; 旺长期, 各 pH 值处理的叶片内 SOD 活性都明显增加, 但 pH 8.5 的增加幅度不大, 只增加 16%, 其余增加 20% 以上; 现蕾期和成熟期, 各 pH 处理的 SOD 活性呈下降趋势。在成熟期, 各处理的 SOD 活性差异最为明显, pH 8.5 处理的活性最大(222 U/g), pH 4.5 处理的活性最小(107 U/g)。这与前边的两项指标相符合, 即 pH 8.5 时 MDA 含量较小, 膜透性较低。纵观整个生育期, 旺长期 SOD 活性最大, 成熟期活性最

小, 甚至低于团棵期水平。这也进一步说明活性氧代谢失调、保护酶活性下降是导致烟叶成熟的诱因。

2.4 土壤 pH 值对烤烟叶片内过氧化氢酶活性的影响

根际 pH 值对烤烟叶片内过氧化氢酶(CAT)活性的影响(图 4)。对不同生育期烟叶内 CAT 活性测定结果表明, 团棵期, CAT 活性最强, 成熟期 CAT 活性最弱, 与各生育期内 MDA 含量正好相反。在同一生育期内对不同处理 pH 值烟叶内 CAT 活性研究结果表明, pH 值从 4.5 上升到 8.5, CAT 活性随之降低。该规律不因生育期的不同而发生变化, 都表现为 pH 4.5 处理的烟叶内 CAT 活性最高, pH 8.5 处理的最低。CAT 的主要作用在于催化 H_2O_2 的分解, 是烟叶生长初期维持活性氧代谢的主要酶。生长后期, 主要靠 SOD 来维持活性氧代谢。所以在成熟期各 pH 值处理的 CAT 活性都降至最低。

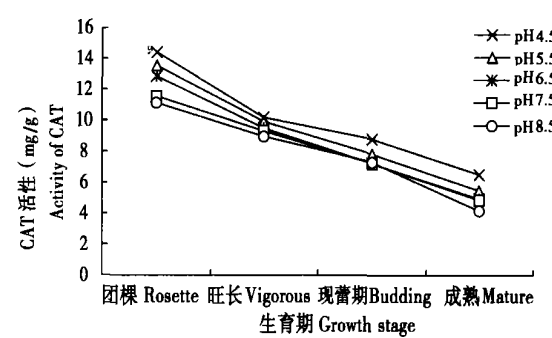


图 4 土壤 pH 值对 CAT 活性的影响

Fig 4 Effect of soil pH on activity of CAT

2.5 土壤 pH 值对烤烟叶片内过氧化物酶活性的影响

过氧化物酶(POD)是线粒体及胞浆中清除 H_2O_2 的主要酶, 随着生育期的变化, 烟叶内 POD 活性(以鲜重计)总体呈上升趋势(表 2)。从团棵期到现蕾期, 根际 pH 值对 POD 活性的影响呈线形关系, pH 值越高, 烟叶内 POD 活性越小; 在现蕾期, pH 4.5 处理的 POD 活性为 68 $\text{OD}_{470}/(\text{g} \cdot \text{min})$, 而 pH 8.5 处理的 POD 活性只有 56 $\text{OD}_{470}/(\text{g} \cdot \text{min})$ 。但成熟期, 各 pH 值处理的烟叶内 POD 活性较以前各时期都增强, 达到最高水平。从不同 pH 处理看, 在成熟期, pH 6.5 和 pH 7.5 处理的烟叶 POD 活性最小, pH 4.5 和 pH 5.5 处理的 POD 活性最大, 而 pH 8.5 的 POD 活性次之。这与 CAT 活性和 SOD 活性略有不同。烟株生长过程中, 不同的酶发挥各自的生理功能。生长后期, 保护酶活性下降, 才导致膜透性增加。POD 虽然能清除 O_2^- 自由基, 但其功能主要与植物抗病性有关。所以土壤 pH 6.5 和 pH 7.5 的烟株后

期抗病性减弱, 应当注意防病。

表 2 土壤 pH 对 POD 活性的影响

Tab 1 Effect of soil pH on activity of POD

土壤 pH 值 Soil pH	团棵期 Rosette stage	旺长期 Vigorous stage	现蕾期 Budding stage	成熟期 Mature stage
4.5	41	65	68	140
5.5	34	56	62	133
6.5	29	55	58	109
7.5	27	47	58	106
8.5	25	45	56	128

3 结论与讨论

SOD、CAT 和 POD 是植物体内活性氧酶促防御系统的 3 种重要保护酶。SOD 可以清除 O_2^- 而形成 H_2O_2 , H_2O_2 又在 CAT、POD 等的作用下形成 H_2O , 从而有效的阻止氧自由基的积累^[3,8]。在烟叶的成熟过程中 SOD 及 CAT 活性下降, 表明叶片清除自由基、防御膜脂过氧化的能力降低, 因而导致膜脂过氧化作用加强, 细胞膜受损伤程度增大。SOD、CAT、POD 这 3 者虽然都是清除自由基的酶, 但起作用的时期不尽相同。如 CAT 主要在生长初期起作用, SOD 主要在生长后期起作用, 而 POD 活性主要和抗病性有关^[9,10]。生长初期, 由于土壤 pH 值的影响, 使得保护酶 SOD、CAT 活性被激活, 表现为 pH 从 4.5 增加到 8.5, SOD、CAT 活性增加, 因此膜透性表现出随 pH 增加而下降; 生长后期, 尤其是成熟期, 虽然 CAT、SOD 等活性下降, 但 SOD 此时期起主要作用, 其活性随土壤 pH 增加而增加, 所以, 随土壤 pH 值的升高, 膜透性下降, 表现为 pH 8.5 处理的烟株内 SOD 活性最强, 膜透性最小。从整个生育期看, 烟叶从团棵期经旺长期、现蕾期到成熟期, 保护性酶的活性也发生较大变化。表现为 SOD、CAT 活性下降, POD 活性增加, 细胞膜透性加大。因此, 偏酸性土壤中种植的烤烟可以较早成熟, 偏碱性土壤中种植的烤烟成熟较晚。

土壤 pH 值影响烤烟叶片的光合特性。不同 pH 值在不同生育期对光合作用的影响是不同的, 主要表现在叶绿素含量和光合速率影响上。生长初期, pH 值 6.5~7.5 时, 烟叶内叶绿素含量、光合速率却较高, 且在旺长期达到高峰。生长后期, 尤其在成熟期, 各处理叶绿素含量、光合速率下降, 呼吸速率达

到高峰。但 pH 值 8.5 处理的烟叶却在成熟期仍保持较高的生长势, 表现为叶绿素含量高, 光合速率大, 呼吸速率小。这与韩锦峰等人研究结果一致^[1]。因此, 栽培管理中, 偏酸性土壤种植烟草时应注意后期管理。

土壤 pH 值对烤烟叶片光合特性及体内保护酶活性有显著影响。在偏酸性土壤中种植烟草, 在管理中应注重施用氮、钾肥, 加强后期管理, 防止早衰; 在偏碱性土壤中种植烟草, 应适当控制氮肥施用, 防止贪青晚熟, 重点是促其早成熟。在 pH 值过高或过低的土壤种植烟草可能会产生烟叶香气不足, 烟碱含量偏低的问题。因此, 在烟草区域化种植时必须重视土壤 pH 值这一环境因子。本试验为适时采收优质烟叶和采取一定措施使烟叶延熟或促熟, 增加优质烟叶的数量, 提供了一定的理论依据。

参考文献:

- [1] 韩锦峰. pH 值对烤烟物质生产和营养的影响[J]. 中国烟草学报, 1992, 1(2): 37-44.
- [2] 唐莉娜. 酸性土壤施石对烤烟质量的影响[J]. 福建农业科技, 1999, (2): 9-10.
- [3] 冉邦定. 烤烟 K326 成熟期五种酶动态的研究[J]. 中国烟草学报, 1993, 1(4): 13-20.
- [4] 韩锦峰. 烤烟叶片成熟度与细胞膜脂过氧化及体内保护酶活性关系的研究[J]. 中国烟草学报, 1994, 2(1): 20-24.
- [5] 穆虹. 烟叶 SOD 的研究[J]. 华南农业大学学报, 1996, 17(1): 85-90.
- [6] 汪耀富. 干旱胁迫对叶膜脂过氧化特性的影响[J]. 河南农业科学, 1995, (8): 12-15.
- [7] 罗建平. 抗坏血酸对沙打旺原生质体分离和培养中膜损伤及相关酶活性的影响[J]. 植物生理学报, 1999, 25(4): 343-349.
- [8] 柯玉琴. NaCl 胁迫对甘薯叶片叶绿体超微结构及一些酶活性的影响[J]. 植物生理学报, 1999, 25(3): 229-233.
- [9] 伍泽堂. 离体小麦叶片衰老过程中酶活性与质膜破坏关系的研究[J]. 西南农业大学学报, 1990, 12(4): 371-373.
- [10] 廖祥会儒. 6-BA 诱导的带正电荷的葡萄叶过氧化物酶[J]. 植物生理学报, 1999, 25(1): 82-92.
- [11] Schwamber E C, Sims J L. Effects of Soil pH nitrogen Source, phosphorus and molybdenum on early growth and mineral nutrition of burly tobacco[J]. Communications in soil science and Plant Analysis, 1991, 22(7-8): 641-657.
- [12] Stephenson M G, Parke M B, Gaines T P, et al. Manganese and soil pH effects on yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Tobacco international, 1987, 189(26): 69-73.
- [13] 张福锁. 环境胁迫与植物营养[M]. 第一版. 北京: 北京农业出版社, 1993. 1.
- [14] 蔚荣海. 基础生化实验与技术[M]. 第一版. 吉林: 吉林大学出版社 2000. 9.