

水热耦合效应对烟叶中烟碱含量的影响^{*}

尉 芹, 张一平, 龚明贵

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 通过室内模拟试验, 研究了水分和温度以及水热耦合对烟叶中烟碱含量的影响。结果表明, 烟叶中烟碱含量受土壤含水率的影响, 在各供试温度下, 当土壤含水率为 14%~18% 时, 不同生长期烟叶烟碱含量均随土壤含水率的增加而增加; 土壤含水率为 20%~25% 时, 则随之增加而减少; 土壤淹水不利于烟碱的合成积累。土壤温度对烟叶中烟碱含量的影响程度大于水分, 增温有利于烟碱的合成积累, 当温度在 15~30℃ 时, 烟碱含量随温度升高而增加。水热耦合对烟叶烟碱含量的影响呈正交互效应, 在适宜烟碱合成积累的水热条件下, 水热耦合有利于提高烟碱含量; 在不利于烟碱合成积累的条件下, 水热仍可通过互补耦合提高烟叶烟碱含量。

[关键词] 水热耦合; 烟叶; 烟碱

[中图分类号] S572.071

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)05-0077-04

烟草中含有多种生物碱, 已得到鉴定的有 40 余种, 其中以烟碱(又名尼古丁 Nicotine)含量最高, 约占烟草生物碱总量的 95%。烟草体内的烟碱有 α -烟碱, β -烟碱, γ -烟碱等异构体, 其中以 β 型为主。在鲜烟叶中, 烟碱主要是游离态的, 但调制后, 烟叶中有不同比例的烟碱以盐的状态存在^[1,2]。烟碱是使烟草具有商品价值的主要因素, 烟叶中烟碱的含量及其与烟叶中还原糖等物质的比例, 在决定烟叶品质方面具有举足轻重的作用。吸烟时适量烟碱被吸入, 能刺激神经兴奋及缓和烟叶中其他因素的辣味, 增加香味。但烟碱有毒, 含量过高会损害人体健康。近年来, 烟叶的品质和安全性已成为目前烟草行业最关心的问题, 国内外市场都力求生产出含适量烟碱、高香气的安全烟, 这就对种植产业提出了新的要求。通常情况下, 烤烟中烟碱含量应为 15~30 g/kg, 以 25 g/kg 最适宜, 而我国大部分烟区烟叶烟碱含量平均高达 30~40 g/kg^[3,4], 有些地区烟叶烟碱含量又偏低, 还原糖含量较高, 导致糖/碱比例不协调^[5]。因此, 研究影响烟叶中烟碱含量的因素, 对改善我国目前烟叶烟碱含量偏高或偏低的状况及提高烟叶品质具有重要意义。

土壤是烟草赖以生长发育的必备条件, 土壤水分和温度直接影响烟草根的生长和烟碱在根部的合成以及向地上部分的运输。为此, 本试验研究了水热条件以及水热耦合效应对烟叶中烟碱含量的影响,

以为大田烤烟生产提供合理的水热调控依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试土壤 关中塬土, 采自西北农林科技大学果园内, 其中有机质含量 15.67 g/kg, 全氮含量 0.97 g/kg, 全磷含量 0.27 g/kg, 速效钾含量 175.68 mg/kg, 缓效钾含量 1 035.88 mg/kg, pH 8.10。

1.1.2 供试烟苗 品种为 NC89, 由陕西省烟草研究所提供。移栽时烟叶中烟碱含量为 3.7 g/kg。

1.2 方法

取表层土风干, 过 3 mm 筛, 装入 20 cm × 15 cm 塑料花盆中, 每盆装土 2 kg, 并栽入长势基本一致的烟苗 3 株, 加入水, 使盆内土壤含水率分别为 14%, 18%, 20%, 22% 和 25%, 其中 14% 和 18% 为手工拌匀后装盆, 每处理重复 3 次。烟苗在室内光线较好处放置 3 d, 然后移入植物光照培养箱中。光照箱光强为 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$, 光照时间 12 h/d。试验共设置 5 种温度处理, 分别为 15, 20, 25, 30 和 35℃, 每种温度下均包含上述 5 种土壤含水率。试验期间每天用注射器往盆钵不同深度处补充蒸馏水, 保持土壤含水率恒定。温度、光强及光照时间由植物培养箱自动控制, 土壤水分由称重法控制。在试验开始后, 每 18~20 d 采集各种处理烟样 1 次。将烟样烘

^{*} [收稿日期] 2003-10-29

[基金项目] 西北农林科技大学 2002 年重点专项基金

[作者简介] 尉芹(1958-), 女, 山西临猗人, 教授, 主要从事林产化学及工程研究。

干后,称取干重,再用加碱蒸馏-紫外分光光度法^[6]测定烟碱含量。

2 结果与分析

2.1 土壤水分对烟叶烟碱含量的影响

烟草根部是合成烟碱的场所,土壤水分的多寡对烟草根系的发育及烟碱的合成有直接影响。由表 1 可以看出,不同土壤含水率对烟叶烟碱含量的影响不同。当土壤含水率在 14%~18% 时,各供试温度下,烟叶移栽后不同生长期的烟碱含量均随土壤含水率增加而增加。试验末期(13 周),在各供试温度下,土壤含水率为 18% 时的烟碱含量较 14% 时增加了 7.2%~12.5%。而土壤含水率在 20%~25%

时,除个别数据外,各供试温度下,烟叶移栽后不同生长期的烟碱含量均随土壤含水率增加而减少。如试验末期(13 周),土壤含水率为 25% 时的烟碱含量较 18% 时减少了 11.8%~19.3%。上述分析表明,供试土壤含水率为 18% (相对含水率为 85.7%) 时最适宜烟叶烟碱的合成与积累。

此外,在试验末期(13 周),土壤含水率为 14% 时的烟叶烟碱含量,基本上均高于 22% 和 25% 的处理。土壤含水率 14% 已处于该地区植物生长受到限制的土壤含水率^[7],这表明供试土壤水分过多、超过土壤田间持水量(供试土壤田间持水量为 21%) 时,对烟叶烟碱的合成和积累的影响大于较干旱土壤,这也证实了烟草对渍水比干旱更敏感^[8]。

表 1 不同水热条件下烟叶烟碱含量

Table 1 The content of nicotine in tobacco at different water and temperature in soil							g/kg
栽后周数 Weeks after transplant	土壤水分/% Soil water	温度/ Temperature					
		15	20	25	30	35	
0	14	3.70					
3		4.14	4.33	5.01	5.12	3.87	
6		4.87	5.44	6.18	7.86	5.13	
9		6.58	7.37	8.25	9.76	7.14	
11		7.98	9.80	11.01	11.50	8.79	
13		8.93	10.62	11.17	11.54	9.12	
3	18	4.27	4.54	5.15	5.41	4.33	
6		5.98	7.45	8.27	8.90	6.35	
9		7.98	9.17	9.81	10.54	8.19	
11		8.81	10.67	11.51	12.31	9.57	
13		9.57	11.44	12.15	12.98	10.21	
3	20	4.21	4.45	5.04	5.27	4.12	
6		5.67	6.94	7.95	8.57	6.13	
9		7.76	8.63	9.55	10.63	8.14	
11		8.79	9.91	10.71	11.67	9.33	
13		9.11	10.68	11.24	11.99	9.66	
3	22	4.01	4.25	4.64	5.22	4.13	
6		4.98	5.81	6.62	7.56	5.53	
9		6.33	7.42	8.46	9.19	7.75	
11		7.82	9.25	9.57	10.74	8.97	
13		8.69	9.97	10.39	11.05	9.19	
3	25	3.92	4.12	4.47	4.97	4.00	
6		4.71	5.55	5.82	7.13	5.37	
9		5.85	6.83	7.95	8.73	7.48	
11		7.61	8.53	9.17	10.19	8.44	
13		8.36	9.49	9.80	10.57	9.01	

2.2 温度对烟叶烟碱含量的影响

如表 1 所示,在各供试土壤含水率下,除 35℃ 高温处理外,烟叶烟碱含量在 15~30℃ 随温度升高而增加,其中 15℃ 时烟碱含量平均为 6.7 g/kg, 20℃ 平均为 7.7 g/kg, 25℃ 平均为 8.4 g/kg, 30℃ 平均为 9.2 g/kg。试验末期(13 周)不同含水率下, 30℃ 时烟叶烟碱含量比 15℃ 时增加 26.44%~

35.63%,且以含水率 18% 时的增加幅度最大(35.63%)。表明在温度 30℃,土壤含水率 18% 时,最适于烟碱的合成积累。虽然 35℃ 时烟叶烟碱含量开始降低,但其平均含量(7.2 g/kg) 仍高于 15℃ 时(6.7 g/kg),显示高温比低温更有利于烟碱的合成积累。各供试土壤水分下,不同温度处理间烟叶烟碱含量差异较大,例如温度在 15~30℃ 时,15℃ 与 30℃

之间烟碱平均含量的差值为 2.5 g/kg, 大于 15~30 各供试温度下不同水分处理的烟碱平均含量的最大差值 1.7 g/kg。将栽后第 13 周时 18% 土壤含水率(最适宜水分)下各温度处理的烟叶烟碱含量间的差值(1.87, 0.71, 0.83 和 2.77 g/kg), 与同期 30 (最适宜温度)时不同土壤水分处理的烟叶烟

碱含量间的差值(1.44, 0.99, 0.94和0.48 g/kg) 进行比较, 前者较后者平均高出 0.58 g/kg, 说明温度对烟碱含量的影响程度大于水分。将试验末期(13 周)各供试土壤水分下烟叶烟碱含量 C (g/kg) 与温度 T ()间的关系用一元线性方程 $C = a + bT$ 进行回归, 各参数见表 2。

表 2 烟叶烟碱含量(C)与温度(T)的回归参数

Table 2 The relationship between the content of nicotine in tobacco leaves and temperature							
土壤 含水量/% Soil moisture content	a	b	r	土壤 含水量/% Soil moisture content	a	b	r
14	0.679 4	0.016 8	0.937 8	22	0.665 0	0.015 0	0.973 3
18	0.661 2	0.022 0	0.971 8	25	0.643 2	0.014 0	0.977 1
20	0.661 5	0.018 4	0.972 8				

b 值为烟叶烟碱含量随温度的变化率。由表 2 可以看出, b 值均为正值, 说明烟叶烟碱含量在 15~30 随温度升高而增加, 与试验结果一致。且在土壤含水率为 18% 时增幅最大, 即温度每升高 1 , 烟叶烟碱含量提高 0.22 g/kg; 其他水分条件下, 温度的变化对烟碱含量的影响均小于含水率 18%。这也证实了土壤含水率 18% 为烟碱合成积累的较适宜水分条件。

2.3 水热耦合效应对烟叶烟碱含量的影响

由表 1 可以看出, 不同温度处理在适宜土壤含水率范围(14%~ 18%)内, 随水分增加, 烟碱含量的增加幅度不同。例如试验末期(13 周), 15 时增加 0.64 g/kg, 20 增加 0.82 g/kg, 25 增加 0.98 g/kg, 30 增加 1.44 g/kg, 说明烟碱合成积累随土壤含水率增加的幅度在 30 时最高, 显示了在有利于烟叶烟碱合成积累的水分、温度范围内, 水热耦合效应对提高烟碱含量的积极作用。

表 1 中数据还显示, 虽然 35 的高温不利于烟碱合成积累, 但在该温度下, 18% 含水率时的烟碱含量较 14% 时增加幅度达 12.0%, 与最适宜温度 30 时 14%~ 18% 含水率的烟碱增幅 12.5% 相近, 明显大于 15~ 25 时相同含水率的烟碱增幅(7.2%~ 8.8%), 显示在较高温度下, 土壤水分适量增加有利于抑制高温对烟碱合成积累的不利影响, 可提高烟叶中的烟碱含量。将较高土壤含水率(20%~ 25%)与适宜含水率(18%)相比, 高温(35)和低温(15)下烟叶烟碱含量的降低幅度均低于 20~ 30 。例如含水率 25% 时, 20~ 30 烟碱含量降低 17.1%~ 19.3%, 而 35 时仅降低 11.8%, 15 时仅降低 12.6%, 显示高温(35)和低温(15)有助于抑制土壤高含水率对烟碱合成

积累的不利影响, 可提高烟叶烟碱含量。说明在不利于烟叶烟碱合成积累的温度或水分条件下, 水热仍可通过互补耦合效应提高烟叶烟碱含量。这对通过水热调控措施, 提高处于水热逆境条件下的烟草烟叶烟碱含量提供了新的依据。

将试验第 13 周所测定的烟叶烟碱含量 C 与土壤含水率 W 及温度 T 的关系进行二元回归, 得回归模型如下:

$$C = - 1.048 56 + 0.098 44W + 0.104 85T - 0.002 88W^2 - 0.002 06T^2 + 0.000 140 06WT$$

经检验, 该方程达极显著水平($P < 0.000 1$)。此回归方程说明温度对烟叶烟碱含量的影响大于土壤含水率, 水热耦合对烟碱含量的影响呈正交互作用。此结果与上述分析一致。

3 讨 论

烤烟虽然是比较耐旱的作物, 但仍需要有足够的水分来保证其生长发育。国内外研究表明^[3, 9, 10], 水分过多或过少都对烟草品质有很大影响。较适宜的土壤含水率为 70%~ 80% (相对含水率)^[11], 此结论与本试验结果基本一致。但也有报道^[8, 12]认为, 土壤含水率以 60%~ 80% (相对含水率)为宜。从烟草生理特性来看^[12], 烟草对渍水比对干旱更敏感, 土壤长期处于渍水状态会使根系发育受阻, 呼吸困难, 从而削弱根系对烟碱的合成能力^[3]。本试验结果表明, 土壤含水率超过 20% (绝对含水率)时, 试验土壤即处于渍水状态, 烟碱含量逐渐下降。

温度是植物生物合成的一项重要条件, 温度变化对烟叶烟碱含量的影响很大。研究表明^[3, 4, 13], 温度超过 20~ 24 , 有利于烟碱的合成, 最适宜的温度应是 25~ 28 。本试验结果也证实, 烟叶中烟碱

含量在 15~ 30 ℃ 时随温度升高而增加, 30 ℃ 为最适宜温度。高温(35 ℃)比低温(15 ℃)时的烟碱含量高, 说明增温对烟碱的合成积累有促进作用。

对于土壤环境因子与烟碱含量这类多因子问题的研究, 宜采用多元分析方法才会有较合理的结果,

但文献报道都是采用单因子分析方法^[3]。本试验研究了水热耦合作用对烟碱含量的影响, 并建立了包含温度和水分因子的多元回归方程, 证实了水热耦合对烟叶中烟碱含量的影响呈现正的交互作用, 且温度效应大于水分效应。

[参考文献]

- [1] 刘树杰. 烟草栽培[M]. 北京: 气象出版社, 1992. 312
- [2] Chaplin J F. Recent advances in the chemical composition of tobacco and tobacco smoke[A]. Breeding for varying levels of nicotine in tobacco[C]. New Orleans, LA: Proc Chem Soc Symp, 1978. 23- 30
- [3] 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥[M]. 南京: 江苏科技出版社, 1991.
- [4] 王广山, 陈卫华, 薛超群, 等. 烟碱形成的相关因素分析及降低烟碱技术措施[J]. 烟草科技, 2001, (2): 38
- [5] 刘绚霞, 刘朝侠. 影响烟叶烟碱含量的因素分析[J]. 甘肃农业科技, 1996, (7): 39
- [6] 李仲林, 凌云霄, 周秀如, 等. 烟碱快速蒸馏和紫外分光光度法测定[A]. 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥[C]. 南京: 江苏科技出版社, 1991. 271.
- [7] 山 仑, 陈国良. 黄土高原旱地农业的理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 87.
- [8] 陈瑞泰. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科技出版社, 1987. 25
- [9] Van Bavel C H M. Chemical composition of tobacco leaves as affected by soil moisture conditions[J]. Agron J, 1953, 45: 611- 614
- [10] Clough B F, Milthorpe F L. Effects of water deficit on leaf development in tobacco[J]. Aust J Plant Physiol, 1975, 2: 291- 300
- [11] 孙梅霞, 李凯军, 王 艳. 烤烟成熟期土壤含水量对叶片品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(2): 280- 282
- [12] 刘贞琦, 伍贤进. 土壤水分对烟草光合生理特性影响研究[J]. 中国烟草学报, 1995, 2(3): 44- 49
- [13] Nestor Rosa. Nicotine and tobacco physiology[J]. The Canadian Tobacco Grower, 1983, (1): 45- 46

The effect of hydro-thermal coupling on the content of nicotine in tobacco leaves

WEI Qin, ZHANG Y i-ping, GONG M ing-gui

(College of Forestry, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The influence of soil hydro-thermal levels on the content of nicotine in tobacco leaves was studied under the simulated indoor experiment. The results are as follows: Different soil moisture contents have different influences on the nicotine content in tobacco leaves. Under the temperatures tested, the content of nicotine in tobacco leaves increases with the increase of soil water in the range of 14% - 18% during different growth stages after seedling transplant; The content of nicotine, however, decreases with the increase of soil water in the range of 20% - 25%; Soil submersion has negative effect on the synthesis and accumulation of nicotine content in tobacco leaves. Soil temperature has greater impact than soil water. In the range of 15- 30 ℃, the increase of soil temperature is favorable to the synthesis and accumulation of tobacco content. Hydro-thermal coupling has positive interactive effect on the synthesis and accumulation of nicotine content in tobacco leaves. The coupling is advantageous to the accumulation of nicotine content when the hydro-thermal conditions are favorable, whereas under unfavorable hydro-thermal conditions, the coupling can also increase the nicotine content through complementary interaction.

Key words: hydro-thermal coupling; tobacco leaf; nicotine